ISSN 2519–2698 print
ISSN 2707-5834 online

НАУКОВИЙ ВІСНИК

ЛЬВІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ВЕТЕРИНАРНОЇ МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ імені С. З. ҐЖИЦЬКОГО

СЕРІЯ: СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ НАУКИ

SCIENTIFIC MESSENGER

OF LVIV NATIONAL UNIVERSITY OF VETERINARY MEDICINE AND BIOTECHNOLOGIES

SERIES: AGRICULTURAL SCIENCES

Том 27 № 103

2025

Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Ґжицького. Серія: Сільськогосподарські науки

Засновник:
Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Ґжицького

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації серія КВ № 14133–3104 ПР від 11.06.2008 року.

Рік заснування: 1998

Мова видання: українська, англійська

Рекомендовано до друку та поширення через мережу Інтернет Вченою радою Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Ґжицького
(протокол № 15 від 27 листопада 2025 року)

Рішення Національної ради України з питань телебачення і радіомовлення № 2058
протокол № 18 від 13.06.2024 р.
Ідентифікатор медіа – R30-05008

Журнал входить до переліку наукових фахових видань України
Категорія "Б". Галузь науки – сільськогосподарські, спеціальність – 204 – "Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва"
(Наказ Міністерства освіти і науки України від 15 жовтня 2019 р. № 1301)

Журнал представлено у міжнародних наукометричних базах даних, репозитаріях та пошукових системах:
Index Copernicus International, Bielefeld Academic Search Engine (BASE), Directory of open access scholarly resources (ROAD), Directory of Open Access Journals (DOAJ), Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського, Scientific & Scholarly Research Database (Scilit), Dimensions, Open Ukrainian Citation Index (OUCI), Google Scholar, Crossref, Електронний репозитарій Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Ґжицького

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Голова редакційної колегії:
Б. В. ГУТИЙ, д.вет.н. (Україна)

Заступники голови редакційної колегії
О. М. ФЕДЕЦЬ, к.с.-г.н. (Україна)

Відповідальний секретар
Т. В. МАРТИШУК, к.с.-г.н. (Україна)

Члени редакційної колегії
В. І. БУЦЯК, д.с.-г.н. (Україна)
А. В. ГУНЧАК, д.с.-г.н. (Україна)
Ю. В. КОВАЛЬСЬКИЙ, д.с.-г.н. (Україна)
О. В. КОЗЕНКО, д.с.-г.н. (Україна)
Ю. В. ЛОБОЙКО, д.с.-г.н. (Україна)
Н. П. МАЗУР, д.с.-г.н. (Україна)
Р. П. ПАРАНЯК, д.с.-г.н. (Україна)
Я. І. ПІВТОРАК, д.с.-г.н. (Україна)
Т. Л. СИВИК, д.с.-г.н. (Україна)
О. І. СОБОЛЄВ, д.с.-г.н. (Україна)
В. В. ФЕДОРОВИЧ, д.с.-г.н. (Україна)
В. І. ХАЛАК, к.с.-г.н. (Україна)
О. Й. ЦІСАРИК, д.с.-г.н. (Україна)

Адреса редакції:
Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Ґжицького,
вул. Пекарська, 50, м. Львів, Україна, 79010
тел. +38 (032) 2392622, +380681362054
E–mail: admin@lvet.edu.ua, bvh@ukr.net
https://lvet.edu.ua

Scientific messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences

Founder:
Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv

Certificate of registration of print media Series KV number 14133–3104 PR from 11.06.2008 year

Year of foundation: 1998

Language edition: Ukrainian, English

Recommended for printing and distribution via the Internet by the Academic Council of Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv
(Minutes No. 15 of November 27, 2025)

Decision of the National Council of Television and Radio Broadcasting of Ukraine No. 2058
Minutes No. 18, dated 13.06.2024
Media identifier – R30-05008

The journal is included in the list of professional publications of Ukraine
Category "B". Agricultural, specialty – 204 – "Technology of production and processing of livestock products"
(Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine of October 15, 2019, No. 1301)

The journal is presented international scientometric databases, repositories and scientific systems:
Index Copernicus International, Bielefeld Academic Search Engine (BASE), Directory of open access scholarly resources (ROAD), Directory of Open Access Journals (DOAJ), Vernadsky National Library of Ukraine, Scientific & Scholarly Research Database (Scilit), Dimensions, Open Ukrainian Citation Index (OUCI), Google Scholar, Crossref, Electronic repository of Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv

EDITORIAL BOARD

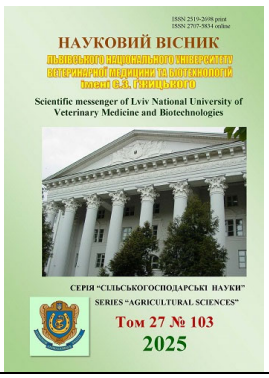
Editor–in–Chief:
B. GUTYJ, Dr. Vet. Sci. (Ukraine)

Deputy Editors:
O. FEDETS, Cand. Agr. Sci. (Ukraine)

Executive Secretary:
T. MARTYSHUK, Cand. Agr. Sci. (Ukraine)

Editorial board
V. BUTSYAK, Dr. Agr. Sci. (Ukraine)
A. HUNCHAK, Dr. Agr. Sci. (Ukraine)
Y. KOVALSKYJ, Dr. Agr. Sci. (Ukraine)
O. KOZENKO, Dr. Agr. Sci. (Ukraine)
Y. LOBOIKO, Dr. Agr. Sci. (Ukraine)
N. MAZUR, Dr. Agr. Sci. (Ukraine)
R. PARANYAK, Dr. Agr. Sci. (Ukraine)
Y. PIVTORAK, Dr. Agr. Sci. (Ukraine)
T. SYVYK, Dr. Agr. Sci. (Ukraine)
O. SOBOLEV, Dr. Agr. Sci. (Ukraine)
V. FEDOROVYCH, Dr. Agr. Sci. (Ukraine)
V. KHALAK, Cand. Agr. Sci. (Ukraine)
O. TSISARYK, Dr. Agr. Sci. (Ukraine)

Editors office address:
Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv,
79010, Ukraine, Lviv, Pekarska str., 50
tel. +38 (032) 2392622, +380681362054
E–mail: admin@lvet.edu.ua, bvh@ukr.net
https://lvet.edu.ua



Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького. Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences

ISSN 2519–2698 print
ISSN 2707-5834 online
doi: 10.32718/nvlvet-a10301
https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture

UDC 636.082:636.5

Peculiarities of the effective cultivation of broiler chickens

L. M. Fijalovych✉, G. A. Paskevych

Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, Lviv, Ukraine

Article info

Received 26.05.2025
Received in revised form 26.06.2025
Accepted 27.06.2025

Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, Pekarska Str., 50, Lviv, 79010, Ukraine.
Tel.:+38-096-355-38-58
E-mail: lesya_fiyalovych@ukr.net

Fijalovych, L. M., & Paskevych, G. A. (2025). Peculiarities of the effective cultivation of broiler chickens. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 27(103), 3–9. doi: 10.32718/nvlvet-a10301

This publication submits and generalizes present-day literature data and the results of my own investigation on the effective cultivation of broiler chickens in the Western Poultry Factories. Also provided samples of the broiler chickens cross "ROSS-308" and "COBB-500", which are the most spread in modern conditions of different broiler farms of Ukraine, have also been given. Significant production indicators of the technological map of cultivation broilers have been examined. These refer to: preservation of the resulting young broiler chickens, live weight, amount of feed consumed, feed conversion and homogeneity of the product herd of poultry of the meat direction of productivity, etc. Among the most important factors that determine and significantly affect the homogeneity of the industrial herd of broilers are: the quality of the bred daily young broiler chickens; composition of nutrition; technology of the brooding period; feeding and watering front; microclimate inside the production premises throughout the growing period (relative humidity of the outside air, lighting mode during cultivation, corresponding air temperature, air exchange, supply and exhaust ventilation system); the health of the broiler herd. A method of growing livestock and other factors. The materials are represented providing a high productivity of broilers during the growing process and maximum economic efficiency of broiler production, which depends on a lot of factors, including rational and nutritionally balanced feeding, which is associated with the widespread use of various natural feeds and feed additives with different mechanisms of action, cost and efficiency in poultry diets. Therefore, such important aspects are outlined regarding the use of such important components in feeding broiler chickens as high-quality, safe, balanced compound feeds and various vitamin and mineral feed additives – premixes that meet all modern requirements and are presented on the Ukrainian market for balancing rations, in particular, improving the nutritional value of the main feed. The results of my own investigation on the assessment of the profit of broiler poultry farms in the conditions of the Western region were analyzed. The efficiency of broiler meat production is significantly influenced by many factors, the main of which are: diet, housing conditions, microclimate, disease prevention and monitoring of live weight of poultry. This was admitted that the efficiency index of broiler production (EEF, European Efficiency Factor) at 42 days of age was 363, 362 and 360 units. These high efficiency index indicators signify compliance with broiler farming technologies, optimal housing conditions, sufficient and balanced feeding, etc.

Keywords: *broiler chickens, feeding, growing, productivity, efficiency index.*

Особливості ефективного вирощування курчат-бройлерів

Л. М. Фіялович✉, Г. А. Паскевич

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Ґжицького, м. Львів, Україна

У цій публікації представлено та узагальнено сучасні дані літератури та результати власних досліджень з питань ефективного вирощування курчат-бройлерів в умовах птахофабрик Західного регіону. Наведено також характеристику продуктивності курчат-бройлерів кросу "Ross-308" та "Cobb-500", що найбільш поширені в сучасних умовах різних бройлерних птахофабрик України. Проведено аналіз важливих виробничих показників технологічної карти вирощування бройлерів. До них належать: збереженість отриманого молодняку, жива маса, кількість спожитого корму, конверсія корму та однорідність товарного стада

птиці м'ясного напряму продуктивності тощо. Серед найважливіших чинників, що визначають та суттєво впливають на однорідність промислового стада бройлерів є: якість виведеного добового молодняку курчат; склад раціону; технологія брудерного періоду; фронт годівлі і напування; мікроклімат всередині виробничих приміщень протягом всього періоду вирощування (відносна вологість зовнішнього повітря, режим освітлення під час вирощування, відповідна температура повітря, повітрообмін, система припливно-витяжної вентиляції); стан здоров'я бройлерного стада; спосіб вирощування поголів'я та інші фактори. Викладено матеріали щодо забезпечення високої продуктивності бройлерів в процесі вирощування та максимальної економічної ефективності бройлерного виробництва, що залежить від багатьох чинників, в переліку яких є раціональна і збалансована за поживними речовинами годівля, що пов'язана із широким використанням різноманітних природних кормів та кормових добавок різного механізму дії, вартості та ефективності у раціонах птиці. Тому викладено деякі важливі аспекти, що стосуються застосування у годівлі курчат-бройлерів таких важливих компонентів як якісні, безпечні, збалансовані комбікорми та різноманітні вітамінно-мінеральні кормові добавки – премікси, що відповідають всім сучасним вимогам та представлені на українському ринку для балансування раціонів, зокрема поліпшення поживної цінності основного корму. Проведено аналіз результатів власних досліджень з питань оцінювання прибутку бройлерних птахофабрик в умовах Західного регіону. На ефективність виробництва м'яса бройлерів значно впливає багато чинників, основними з яких є: раціон, умови утримання, мікроклімат, профілактика хвороб та моніторинг живої маси птиці. Встановлено, що індекс ефективності бройлерного виробництва (EEF, European Efficiency Factor) у 42- денному віці був 363, 362 та 360 одиниць. Ці високі показники індексу ефективності свідчать про дотримання технологій вирощування бройлерів, оптимальні умови утримання, достатню та збалансовану годівля тощо.

Ключові слова: *курчата-бройлери, годівля, вирощування, продуктивність, індекс ефективності.*

Вступ

Основою прибуткового вирощування курчат є створення сприятливих та економічно ефективних умов вирощування поголів'я. Нездатність забезпечити необхідні умови в період вирощування птиці призведе до зниження показників зростання і розвитку, погіршення конверсії корму і збільшення захворюваності, смертності, а значить, і до зменшення прибутковості птахоферми (Sobolev et al., 2018; 2021; Feirchaild, 2022).

За вирощування бройлерів важливим є правильний і своєчасний набір ваги, який вимагає постійного контролю. Особливо важливим є перший місяць життя птиці. До 20 доби птиця повинна мати живу масу близько 800 г. Якщо вага менше, то слід збільшувати загальну калорійність раціону, інакше вирощування бройлерів стане нерентабельним. Щоб птиця в забійному віці відповідала стандартам вирощування, треба здійснювати ретельний контроль складу раціону. Він має бути поживним і збалансованим, містити вітамінні й мінеральні добавки. Можливі незначні відхилення від цих показників, але загалом до кінця виробничого циклу птиця має набрати достатню вагу (Kraievska, 2022; Sobolev et al., 2024).

Приріст ваги є дуже важливою частиною виробництва бройлерів. Основними чинниками збільшення ваги бройлерів є генетичний потенціал, споживання корму та води, а також утримання тощо (Slavianska, 2022; Poberezhets et al., 2023).

Продуктивність птиці значною мірою залежить від того, наскільки комфортні умови, у яких її утримують. Ефективність вирощування птиці безпосередньо залежить, зокрема, від температурного режиму в приміщенні (Ahroklimat, 2022). Оптимальні умови вирощування – один із найголовніших чинників успішного виробництва птахівничої продукції (Ahroklimat Ukraina, 2022).

Мета дослідження

Метою досліджень даної публікації було провести аналіз основних літературних джерел, що стосуються загальних особливостей годівлі птиці та результатів власних досліджень із важливих питань ефективного вирощування курчат-бройлерів в умовах птахофабрики Західного регіону України.

Матеріал і методи досліджень

Поголів'я м'ясної птиці утримували відповідно до програми вирощування курчат-бройлерів, рекомендованої розробником кросу "Ross-308".

У промислових умовах птицю вирощували в типових пташниках за однакових умов утримання, зокрема температури, вологості, освітлення та стандартного раціону, основу якого складали зернові корми та інші, що за рівнем обмінної енергії, основних поживних та БАР відповідали рекомендаціям норм, встановленим для бройлерів сучасного кросу "Ross-308" у різні періоди їх вирощування (табл. 1).

Таблиця 1
Структура комбікорму для бройлерів різного віку, %

Корм	Період використання, днів		
	5–13	14–35	36–42
	Стартер	Гроуер	Фінішер
Пшениця	22,0	17,0	16,0
Кукурудза	32,4	37,3	44,1
Соєва макуха	36,6	30,9	21,5
М'ясо-кісткове борошно	–	3,0	6,0
Соняшниковий шрот	2,4	4,0	4,4
Олія рослинна	1,6	2,8	3,0
Премікс	5,0	5,0	5,0
Разом:	100	100	100

У період досліджень за дотримання рекомендованих умов вирощування бройлерів контролювали такі основні показники м'ясного кросу "Ross-308" у трьох пташниках:

- жива маса за результатами зважування;
- збереженість молодняку;
- споживання корму (СК);
- конверсія корму (КК);
- індексу ефективності (EEF, European Efficiency Factor).

Для розрахунку індексу ефективності виробництва (EPEF) було використано показники збереженості

поголів'я молодняку курчат-бройлерів у 42-денному віці. А також було враховано живу масу, вік курчат-бройлерів та конверсію корму у фінішний період досліду.

Динаміку росту курчат-бройлерів визначали індивідуальним зважуванням контрольного молодняку вранці до годівлі. Споживання комбікорму визначали шляхом щоденного обліку та статистичної обробки даних результатів.

Результати та їх обговорення

У сучасних умовах вирощування основою годівлі птиці є комбікормова суміш, що складається на 55,6–63,2 % із традиційних зернових культур і до 39,6 % протеїнових компонентів комбікорму, що є основними джерелами білка для птиці та містять у своєму складі різну кількість протеїну (Fiialovych et al., 2022).

Вітчизняні виробники якісної, екологічно безпечної птахопродукції, яка відповідає вимогам ринку раціонально використовують безпосередньо у господарствах основні складові раціону (пшениця, кукурудза) у виробництві повнораціонних комбікормів по максимуму, що пов'язано із доступністю на українському ринку та доступними ринковими цінами на вказану кормову сировину рослинного походження у Західному регіоні.

До різноманітних факторів, що впливають на склад, якість, поживну цінність та корисну дію основних видів зернових кормів, що мають найбільше розповсюдження і отримані із різних полів належать: технологія вирощування кормових культур, склад ґрунту, внесені добрива, сорт культури, умови збирання та зберігання рослинної продукції (термін зберігання, переробки та термічної обробки сировини) тощо (Fiialovych et al., 2023).

При виборі корму дія різних якісних ферментних препаратів у достатній кількості дає можливість включати дешевші доступні кормові компоненти у комбікорми та значно поліпшити ефективність застосування різної сировини за рахунок більш ефективного гідролізу та додаткового вивільнення важкозасвоюваних резервних поживних речовин рослинної частини корму.

Використання ферментів у годівлі птиці дозволяє птахофабрикам в різних виробничих умовах у різні пори року істотно скоротити з економічних мотивів витрати більш дорогих рослинних компонентів комбікормів та при правильно спланованій та професійній роботі сучасного технолога значно підвищити стабільність птаховиробництва.

Для вирощування курчат-бройлерів у господарствах використовуються програми годівлі та рекомендації, розроблені й запропоновані фірмами, що пропонують різні варіанти годівлі, пристосовані до сировини наявної в Україні, її якості та ціни. А також є можливість виготовлення однорідного комбікорму на власних середніх та великих фермах із застосуванням власного обладнання, щоб повністю забезпечити себе кормами і мати змогу контролювати їх якість (Fiialovych et al., 2019).

Компанії – виробники комбікормів, що займаються виробництвом та постачанням корму високого класу у бройлерні господарства надають максимальну інформацію і наводять безліч сучасних програм годівлі, що застосовуються сьогодні для вирощування бройлерів, зокрема вибір яких залежить від:

- наявності сировини як тваринного, так і рослинного походження;
- вартості і складу комбікормів.

Фермерські господарства перевіривши якість та продуктивну дію корму на птицю якомога довше купують спеціальний комбікорм для бройлерів у одного виробника, що дотримується певної рецептури виготовлюваної продукції.

На діючих комбікормових заводах створені сучасні державні лабораторії з відповідним технологічним обладнанням для періодичного проведення аналізу і обов'язкового контролю якості кормової сировини, яка використовується для виготовлення повнораціонних комбікормів (визначають уміст протеїну, мікроелементів, вітамінів), зокрема перевірки партій готового корму, який реалізує будь-який постачальник.

Ефективне вирощування курчат-бройлерів неможливе без правильного використання кормової сировини, застосування та дозування преміксу, якісного змішування з кормом та технології годівлі птиці. Премікси сучасного виробництва для бройлерів стартер 5 %, гроуер 5 % та фінішер 5 % є здебільшого сумішшю біологічно активних речовин мінералів і вітамінів, що використовується на ринку в Україні (Fiialovych et al., 2020).

В умовах спеціалізованих підприємств, що мають власну виробничу лабораторію спеціалісти з годівлі – працівники компанії виготовляють за світовими стандартами різноманітні спеціалізовані премікси для курчат-бройлерів із якісних і безпечних сировинних компонентів (біологічні добавки, вітаміни, мікро - та макроелементи) за науково обґрунтованою рецептурою заводу та за спеціальними індивідуальними рецептами замовника.

Також в умовах преміксних заводів створені виробничо-випробувальні лабораторії для відбору проб та аналізу у кожній партії преміксу активності речовин під час виробництва та в процесі зберігання в приміщеннях з регульованими температурою та відносною вологістю, щоб максимально зберегти активність тих сумішей.

Комбікорми різних вітчизняних виробників, котрі вибираються та використовуються для годівлі бройлерів у птахофабриках, за вмістом поживних речовин (протеїну, жиру, вуглеводів) та вітамінно-мінеральних комплексів мають відповідати рекомендаціям постачальників кросів ("Ross-308" та "Cobb-500").

Робота компаній з організації годівлі бройлерів будь-яких кросів починається з точністю оцінки поживності кормів у наявній обмінній енергії, сирому протеїні, незамінних амінокислотах, вітамінах, мінеральних речовинах та визначення різних рекомендованих норм потреби птиці в певних умовах у необхідних поживних речовинах у легкодоступному вигляді

залежно від дії безлічі генетичних і зовнішніх чинників.

На сучасному етапі вирощування є потреби курчат-бройлерів кросу “Ross-308” у підвищеному вмісті сирого протеїну у комбікормах, що змінюються протягом всього періоду утримання птиці та позитивно впливають на їхню продуктивність та формування переважно м’язової тканини тушки в період інтенсивного росту відгодівельного молодняку.

Тому потрібно враховувати, що крос “Ross-308” росте на високих протеїнових раціонах та потребує протеїну 23 % у стартерному та 21 % у фінішному раціоні для бройлерів, що підтверджується багаторічною світовою практикою бройлерних птахофабрик.

Однак для того, щоб забезпечити норми годівлі бройлерів будь-яких кросів слід мати необхідний набір та велику кількість кормових засобів, головним чином концентрованих кормів з власних полів.

Тому сьогодні в багатьох господарствах технологи приділяють особливу увагу питанню правильного підбору необхідних компонентів (кормових добавок) і вибору більш якісної кормової сировини, що завдяки власній кормовій базі зберігається у своїх мініцехах та використовується для самостійного виготовлення комбікормів з високим ступенем поживності і більш повнішого забезпечення потреб організму бройлерів при відгодівлі потрібними поживними елементами.

Сировина для виготовлення комбікормів використовується практично одна й та сама для будь-яких кросів. Але норми поживних речовин у кожного кросу різні (Dychakovska, 2011).

У сьогоднішніх реаліях технологи-замовники, особливо великих підприємств постійно приділяють також велику увагу питанню вибору більш продуктивного кросу, що залежить від низки чинників, зокрема шукають постачальника кросу птиці, отримуючи від компаній консультацію у технологічних питаннях та щодо пріоритетних питань усього періоду високопродуктивного вирощування птиці м’ясних кросів.

Останнім часом, досить часто на практиці провідні птахофабрики Західного регіону використовують та щороку купують з-за кордону значні обсяги поголів’я добового молодняку бройлера сучасних високопродуктивних м’ясних кросів “Ross-308” та “Cobb-500”, що мають в основному значні переваги порівняно з іншими кросами.

Постачають поголів’я добового молодняку на території підприємств в нашу країну компанії із багатьох європейських країн за цінами за штуку, що постійно змінюються і залежать від кросу, кількості курчат, умов закупівлі партій добового молодняку та варіантів доставки птахопоголів’я на виробничу територію птахофабрик тощо.

Працюючи з двома кросами протягом багатьох років виробники м’яса бройлерів, спеціалісти із годівлі та птахівники-технологи з доставки птиці для птахофабрик контролюють усе, вивчають специфіку вирощування та годівлі сучасних м’ясних кросів, а також одержують інформацію щодо реалізації сучасного рівня генетичного потенціалу різноманітних кросів птиці з рекламних проспектів сучасних селекційних фірм світового значення, порівнюючи з тими кросами, що були раніше.

Є багато чинників у вирощуванні птиці найбільш поширених в Україні сучасних високопродуктивних м’ясних кросів курей – “Ross-308” (британське походження) і “Cobb-500” (американське походження), зокрема норми годівлі та технології утримання птиці, які застосовуються в умовах великих підприємств та від яких напряму залежить рентабельність виробництва продукції птахівництва.

Зокрема, крос “Cobb-500” порівняно з “Ross-308” відрізняється за показниками продуктивності, вимогами до якості кормів, потребує зменшення тривалості світлового дня, що впливає на витрати корму на виробництво продукції, а також одна із головних відмінностей раціону для птиці у промислових умовах – це зменшений вміст у комбікормі сирого протеїну. Попри усі плюси, будь-які кроси потребують адаптації до місцевих умов виробництва на птахофабриках.

Важливою властивістю живих організмів є здатність пристосовуватися (адаптуватися) до впливу зовнішніх чинників, зберігаючи постійність внутрішнього середовища. Адже на організм сільськогосподарської птиці впливають: умови її утримання, годівля, ветеринарно-профілактичні та зоотехнічні заходи (Paskevych et al., 2018).

Усі пташники господарств обладнані устаткуванням європейських виробників, що дає можливість ефективно забезпечувати бройлерів кормами та водою впродовж усього циклу вирощування.

У кожному пташнику розміщена технологічна карта вирощування бройлерів. Де вказується номер площадки, номер пташника, поголів’я штук, однорідність (%), дата посадки, крос, постачальник.

Для прикладу частково наводимо орієнтовну технологічну карту вирощування курчат-бройлерів різного віку (табл. 2).

Також у технологічній карті вирощування бройлерів вказується температурний режим, вологість, світловий режим (тривалість світлового дня, час вимкнення та увімкнення світла).

Для розрахунку результатів вирощування бройлерів у технологічній карті вирощування вказується кількість днів годівлі, кількість голів на забій, збереженість (%), жива маса (кг), кількість спожитого корму (кг) та конверсія корму(кг/кг).

Відповідно до загальноприйнятих норм у технологічній карті вирощування птиці, стандартна маса щойно вилупленого молодняку становить 42 г, курча-бройлер у 10 днів важить близько 294 г та у віці двох тижнів повинно важити близько 480 г.

Одним з показників технологічної карти вирощування птиці та збалансованості раціону є рівень споживання кормів бройлерами.

Конверсія корму є важливим показником економічної ефективності виробництва у птахівництві (Slavianska, 2012).

Однорідність стада птиці за живою масою є також одним з основних та важливих показників технологічної карти вирощування бройлерів, що характеризує кінцевий результат вирощування поголів’я.

Таблиця 2
Технологічна карта вирощування бройлерів

дата	день	Загальне поголів'я	Падіж за добу, шт.		Сумарний падіж, шт.	Зважування		Споживання корму		Споживання води	
						Середня вага голови, г		На все поголів'я, кг		На все поголів'я, л	
			Вибраковка	Падіж		Норма	Фактично	Норма на голову, г	Фактично	Норма на голову, мл	Фактично
	0					42		–		–	
	1					57		13		21	
	2					73		17		27	
	3					91		20		32	
	4					111		23		37	
	5					134		27		42	
	6					160		31		46	
	7					189		35		49	
1 тиждень											
	8					220		39		54	
	9					256		43		62	
	10					294		48		70	
	11					336		53		79	
	12					381		58		88	
	13					429		63		99	
	14					480		69		108	
2 тиждень											
	15					535		74		119	
	16					593		80		128	
	17					655		86		139	
	18					719		92		148	
	19					786		98		159	
	20					856		104		166	
	21					929		110		177	
3 тиждень											
	22					1004		116		187	
	23					1082		122		195	
	24					1162		128		203	
	25					1244		134		211	
	26					1328		140		219	
	27					1414		145		226	
	28					1501		151		235	
4 тиждень											
	29					1590		157		242	
	30					1680		162		249	
	31					1771		167		257	
	32					1863		172		265	
	33					1956		177		271	
	34					2050		182		281	
	35					2144		186		285	
5 тиждень											
	36					2239		191		296	
	37					2334		195		301	
	38					2429		199		307	
	39					2524		203		313	
	40					2620		207		318	
	41					2715		210		325	
	42					2809		214		327	

Однорідність показників продуктивності птиці є основною метою будь-якого птахівника. Оскільки стандартний кукурудзяно-соєвий раціон містить 65–70 % кукурудзи, то будь-яка значна варіабельність поживної цінності кукурудзи призведе до варіювання у рості птиці та конверсії корму (Hruby & Verner, 2012).

Є чимало факторів, які впливають на однорідність стада бройлерів. Основні з них такі: якість добових курчат; технологія брудерного періоду; фронт годівлі та напування; мікроклімат у пташнику; стан здоров'я стада; спосіб вирощування (змішане чи роздільностатеве) (Melnyk, 2022).

Бройлери "Cobb-500" мають найкращу однорідність. Чим вища однорідність стада птиці, тим більше

голів відповідатиме плановій вазі, яка встановлена споживачем на переробці. А відповідно, чим більший вихід птиці, що відповідає ринковим критеріям, тим вища прибутковість підприємства (Prybuzkyi, 2012).

Птахофабрики досягають непоганих результатів однорідності поголів'я при правильному забезпеченні стабільного мікроклімату у закритих приміщеннях пташників в будь-який сезон року (вологості, освітлення, температури, повітрообміну і вентиляції), зокрема, і за рахунок вчасного та часткового проведення відбору у зимовий період поголів'я дрібнішої птиці для звільнення фронту годівлі та напування для більшої, щоб під кінець терміну вирощування основне стадо для забою було однорідніше.

Крім того, будь-яке небезпечне та найбільш поширене інфекційне захворювання – хвороби Ньюкасла, Марека тощо негативно позначається на однорідності стада. Тому у птахофабриках щороку обов'язково затверджуються та виконується програми вакцинації птахів промислових стад.

Одним з основних та найважливіших чинників, впливаючих на результати по однорідності стада бройлерів є раціональна й збалансована годівля бройлерів, що пов'язана із використанням ферментів.

Якісний збалансований корм, особливо ферменти дозволяють отримати більше курчат-бройлерів однакового розміру та живої маси, кращу за якістю тушку птиці (особливо з огляду на вихід грудних м'язів) та кістяк (збільшення міцності крил, ніг на більш пізніх термінах вирощування та менше пошкоджень шкіри птиці тощо), що у результаті при удосконаленій технології переробки тушок підвищує виробництво м'яса першої категорії.

Від однорідності стада та досягнення стандартної живої ваги племінних півників-бройлерів напряму залежить їх майбутня продуктивність (Levina, 2014).

Також ще одним найбільш об'єктивним та найважливішим економічним показником продуктивності, який характеризує та оцінює прибуток птахофабрик, ефективність годівлі, загальні умови утримання бройлерів, є індекс ефективності (EEF, European Efficiency Factor), що вказується у технологічній карті вирощування бройлерів.

Головним показником продуктивності птиці є приріст живої маси (табл. 3), яка відповідно до рекомендованої технологічної карти вирощування бройлерів (табл. 2) змінюється поступово у певних межах.

Встановлено, що табличні дані технологічної карти вирощування бройлерів (табл. 2), що показують стандартне значення живої маси у період 42 дні, не суттєво відрізняються від середніх фактичних (табл. 3).

Таблиця 3

Результати вирощування та індекс ефективності виробництва бройлерів

Показники	Пташник 1	Пташник 2	Пташник 3
Збереженість поголів'я молодняку, %	98,6	97,7	98,7
Жива маса курчат, г	2551,7 ± 53,94	2611,2 ± 44,73	2481,0 ± 45,72
Тривалість вирощування, діб	42	42	42
Конверсія корму, (кг/кг)	1,65	1,68	1,62
Індекс ефективності EPEF	363*	362*	360*

**Примітка:* розрахункові дані

Середні показники живої маси бройлера у всіх трьох пташниках були в межах стандарту для цього кросу.

Отримані дані за результатами досліду свідчать, що кількість спожитого комбікорму бройлерами в усіх трьох пташниках майже не відрізнялась.

Показники конверсії корму не суттєво відрізняються від паспортних даних кросу, що складає враження про ефективність вирощування птиці за ідеальної годівлі, утримання та мікроклімату в умовах господарства.

За збереженістю птиці відмінності між групами бройлерів у різних пташниках не було.

Ми проаналізували наслідки вирощування птиці за період 42 дні з одного господарства і встановили, що в різних пташниках за однакових умов утримання та рівнів годівлі бройлерів кросу "Ross-308" індекс ефективності виробництва був 363, 362 та 360 одиниць.

Висновки

Результати досліджень продуктивності кросу "Ross-308" переконливо свідчать про те, що користуватися стандартними табличними даними технологічної карти вирощування птиці при визначенні основних фактичних показників для бройлерів ефективно.

Перспективи подальших досліджень. Перспективним напрямом наукових досліджень буде визначення однорідності стада бройлерів за живою масою.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

Ahroklimat (2022). Opalennia ptashnykiv. Nashe ptakhivnytstvo, 6(84), 30–32 (in Ukrainian) .

Ahroklimat Ukraina (2022). Kompleksnyi pidkhid. Nashe ptakhivnytstvo, 1(79), 36–38 (in Ukrainian).

Dychakovska, V. (2011). Nyzki pryrosty – nedozvolena rozkish! Nashe ptakhivnytstvo, 4, 24–27 (in Ukrainian).

Feirchaild, B. D. (2022). Efektyvne vyroshchuvannia. Nashe ptakhivnytstvo, 1(79), 32–34 (in Ukrainian).

Fijalovych, L., Kyryliv, Y., & Paskevych, G. (2019). Features of providing broiler chickens with exchange energy and protein as important indicators of produc-

tivity and quality of the obtained products. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 21(91), 60–64. DOI: 10.32718/nvlvet-a9110.

Fijalovych, L., Kyryliv, Y., & Paskevych, G. (2020). Efficiency of application of the mixed fodders is at growing of chickens-broilers. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 22(93), 69–73. DOI: 10.32718/nvlvet-a9312.

Fijalovych, L., Kyryliv, Y., Barylo, B., Paskevych, G., Lunyk, J., Petryshak, O., & Glodyk, E. (2023). Peculiarities of keeping pheasants. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 25(98), 125–131. DOI: 10.32718/nvlvet-a9821.

Fijalovych, L., Kyryliv, Y., Barylo, B., Paskevych, G., Petryshak, O., & Deneha, U. (2022). Effectiveness of different protein sources and lysine levels in diets for broiler chickens. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 24(97), 99–105. DOI: 10.32718/nvlvet-a9717.

Hruby, M., & Verner, O. (2012). Sekret u kukurudzi. Nashe ptakhivnytstvo, 6, 44–45 (in Ukrainian).

Kraievska, I. (2022). Vidstavannia u rosti. Nashe ptakhivnytstvo, 4(82), 40–41 (in Ukrainian).

Levina, S. (2014). Dohliad za pivnykamy. Nashe ptakhivnytstvo, 5(35), 46–47 (in Ukrainian).

Melnyk, V. (2022). Yak pidvyshchyty odnoridnist stada kurchat-broileriv za zhyvoiu masoiu. Ptakhivnytstvo, 3-4(51-52), 21–22 (in Ukrainian).

Paskevych, H., Hunchak, A., & Fialovych, L. (2018). Adaptive ability of the poultry and its importance in the selection of animals. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 20(84), 175–179. DOI: 10.15421/nvlvet8432.

Poberezhets, J. M., Chudak, R. A., Razanova, O. P., Skoromna, O. I., Farionik, T. V., Ohorodnichuk, G. M., Holubenko, T. L., & Glavatchuk, V. A. (2023). Effect of dry extract from Saccharomyces cerevisiae culture with selenium-containing amino acids on the produc-tivity and chemical composition of meat of broiler chickens. Regulatory Mechanisms in Biosystems, 14(2), 161–164. DOI: 10.15421/022324.

Prybuzkyi, M. (2012). Krosy m̓iasnoi ptytsi. Nashe ptakhivnytstvo, 1, 26 – 27 (in Ukrainian).

Slavianska, V. (2012). Tonkoshchi hodivli kurei. Nashe ptakhivnytstvo, 4, 46–47(in Ukrainian).

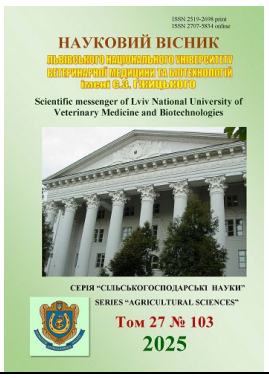
Slavianska, V. (2022). Vyroshchuiemo broilera. Nashe ptakhivnytstvo, 6(84), 88–92 (in Ukrainian).

Sobolev, O. I., Lisohurska, D. V., Pyvovar, P. V., Topolnytskyi, P. P., Gutyj, B. V., Sobolieva, S. V., Borshch, O. O., Liskovich, V. A., Verkholiuk, M. M., Petryszak, O. Y., Kuliaba, O. V., Golodiuk, I. P., Naumjuk, O. S., Petryszak, R. A., & Dutka, H. I. (2021). Modeling the effect of different dose of selenium additives in compound feed on the efficiency of broiler chicken growth. Ukrainian Journal of Ecology, 11(2), 292–299. DOI: 10.15421/2021_113.

Sobolev, O., Gutyj, B., Nedashkivsky, V., Sobolieva, S., Liskovich, V., Tkachenko, S., & Vus, U. (2024). Mathematical justification of the optimal rate of selenium introduction into mixed feed for broiler chickens. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 26(100), 27–36. DOI: 10.32718/nvlvet-a10004.

Sobolev, O., Gutyj, B., Petryszak, R., Golodjuk, I., Naumyuk, O., & Petryszak, O. (2018). The development of the digestive system in broiler chickens at different levels of selenium into the mixed fodder. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, 20(84), 83–87. DOI: 10.15421/nvlvet8415.

Sobolev, O., Gutyj, B., Zasukha, Y., Karkach, P., Fesenko, V., Bilkevych, V., Kuzmenko, P., Mashkin, Y., & Sobolieva, S. (2021). Modeling effect of selenium on broiler chickens' body. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 23(95), 128–135. DOI: 10.32718/nvlvet-a9519.



Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького. Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences

ISSN 2519–2698 print
ISSN 2707-5834 online

doi: 10.32718/nvlvet-a10302
https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture

UDC 636.4:636.033:635.084.421

Effectiveness of early feeding of suckling piglets under different feeding systems for prestarters

I. Moisei[1], M. Povod[1]✉, B. Gutyj[2], O. Kovalenko[3], L. Lenkov[3], A. Vydryk[3], R. Faustov[4], Yu. Lunyk[2], R. Petrenko[5], A. Vasylenko[1]

[1]*Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine*
[2]*Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, Lviv, Ukraine*
[3]*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine*
[4]*Institute of Pig Breeding and AIP of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Poltava, Ukraine*
[5]*Limited Liability Company Vepryk Plyus (LLC VEPRYK PLYUS), Poltava region, Hadyach, Ukraine*

Article info

Received 29.05.2025
Received in revised form 30.06.2025
Accepted 01.07.2025

Sumy National Agrarian University, Gerasim Kondratiev Str., 160, Sumy, 40000, Ukraine.
Tel.: +38-066-287-13-86
E-mail: nic.pov@ukr.net

Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, Pekarska Str., 50, Lviv, 79010, Ukraine.

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Heroiv Oborony Str., 15, Kyiv, 03041, Ukraine.

Institute of Pig Breeding and AIP of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Swedish Grave Str., 1, Poltava, 36013, Ukraine.

Limited Liability Company Vepryk Plyus (LLC VEPRYK PLYUS), Poltava region, Hadyach, 37300, Ukraine.

Moisei, I., Povod, M., Gutyj, B., Kovalenko, O., Lenkov, L., Vydryk, A., Faustov, R., Lunyk, Yu., Petrenko, R., & Vasylenko, A. (2025). Effectiveness of early feeding of suckling piglets under different feeding systems for prestarters. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 27(103), 10–23. doi: 10.32718/nvlvet-a10302

The article compares the effect of early introduction of dry superprestarter 2–14 Lonolac Piglet (Kaudice) and liquid feeding with Piggy Mill (Activepro) milk replacer from the second day of life on the productivity of sows and growth of piglets. It was found that the use of liquid milk replacer contributed to the improvement of piglet survival by 4.1 %, an increase of 12.1 % in average daily and absolute gains, an increase of 9.2 % in the average weight of one animal and a 5.2 % increase in their number in the nest at weaning and a 14.9 % increase in the weight of the nest of piglets as a whole at this time compared to analogues that were fed with dry granulated superprestarter mixed feeds. It is proven that the use of different systems of feeding suckling piglets revealed different indicators of their consumption during the suckling period. Thus, in the experimental group, a 91.5 % lower amount of superprestarter feed was recorded, and its cost was similarly lower. However, due to the use of milk replacer, the total consumption of all prestarter products was 62.2 % higher per head and 44.7 % higher per kg of gain in animals receiving liquid feed compared to their counterparts using dry superprestarter feed. It has been proven that the use of liquid feed for suckling piglets resulted in a 49.1 % reduction in the incidence of diarrhea, which, in turn, resulted in a 22.8 % reduction in the cost of treating one head and a 31.1 % reduction per kg of gain. This positive effect was possible due to an increase in the cost of prevention by 21.7 % per animal and by 8.6 % per kilogram of gain. However, total veterinary costs increased by 18.8 % per weaned piglet and by 6.0 % per kilogram of gain. In addition, the costs of feed, prevention, and treatment in the group with liquid feeding were significantly higher, namely by 189.6 % per weaned piglet and by 62.0 % per kilogram of gain. It was determined that liquid feeding of suckling piglets, compared to dry, was characterized by a decrease in the share of costs for sow maintenance in the cost of one piglet by 2.06 % and an increase in the share of costs for preventive and treatment measures by 0.87 %, pre-starter feeds by 3.43 % and depreciation of feeding equipment in the operating cost by 0.18%. It was established that due to the 1.4% lower cost of one weaned piglet and its 12.1 % higher sales value due to the greater live weight, the income in the group of animals with liquid feeding was 41.8 % higher, which provided 19.85 % better profitability of obtaining and raising one piglet.

Keywords: *piglet, feeding method, super starter, liquid milk replacer, sow, reproductive qualities, cost, income, profitability.*

Ефективність надранньої підгодівлі підсисних поросят за різної системи згодовування престартерів

І. Мойсей[1], М. Повод[1✉], Б. Гутий[2], О. Коваленко[3], Л. Леньков[3], А. Видрик[3], Р. Фаустов[4], Ю. Луник[2], Р. Петренко[5], А. Василенко[1]

[1]Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
[2]Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Ґжицького, м. Львів, Україна
[3]Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна
[4]Інститут свинарства і агропромислового виробництва Національної академії аграрних наук України, м. Полтава, Україна
[5]Товариство з обмеженою відповідальністю "ВЕПРИК ПЛЮС", Полтавська обл., Миргородський р-н, м. Гадяч, Україна

У статті порівняно вплив раннього введення сухого суперпрестартеру 2–14 Lonolac Piglet (Kaudice) та рідкої підгодівлі замінником молока Piggy Mill (Activepro) з другого дня життя на продуктивність свиноматок та ріст поросят. Встановлено що, використання рідкого замінника молока посприяло покращенню збереженості поросят на 4,1 %, підвищенню на 12,1 % середньодобових і абсолютних приростів, зростанню на 9,2 % середньої маси однієї тварини та на 5,2 % збільшенню їх кількості в гнізді при відлученні та на 14,9 % підвищенню маси гнізда поросят в цілому на цей час порівняно з аналогами які знаходились на підгодівлі супепрестартерними сухими гранульованими комбікормами. Доведено що, застосування різних систем підгодівлі поросят-сисунів виявило неоднакові показники їхніх витрат у підсисний період. Так, у дослідній групі зафіксовано на 91,5 % меншу кількість використаного суперпрестартерного корму та аналогічно нижчу його вартість. Однак, за рахунок використання замінника молока, загальне споживання всіх престартерних продуктів виявилося на 62,2 % більшим у розрахунку на одну голову та на 44,7 % увищимм у розрахунку на 1 кг приросту у тварин, що отримували рідку підгодівлю, порівняно з аналогами, які використовували сухі суперпрестартерні корми. Доведено, що використання рідкої підгодівлі для підсисних поросят зумовило зменшення захворюваності на діарею на 49,1 %, що, в свою чергу, спричинило зниження витрат на лікування однієї голови на 22,8 % та на 31,1 % у перерахунку на кілограм приросту. Цей позитивний ефект став можливим завдяки збільшенню витрат на профілактику на 21,7 % на одну тварину та на 8,6 % на кілограм приросту. Однак, загальні ветеринарні витрати зросли на 18,8 % на одне відлучене порося та на 6,0 % на кілограм приросту. Крім того, витрати на корми, профілактику та лікування в групі з рідкою підгодівлею були значно вищими, а саме на 189,6 % на одне відлучене порося та на 62,0 % на кілограм отриманого приросту. Визначено, що рідка підгодівля підсисних поросят, порівняно із сухою, характеризувалася зниженням частки витрат на утримання свиноматки в собівартості одного поросяти на 2,06 % та збільшенням частки витрат на профілактичні й лікувальні заходи на 0,87 %, престартерних кормів на 3,43 % та амортизації кормового обладнання в операційній собівартості на 0,18 %. Встановлено за рахунок нижчої на 1,4 % собівартості одного відлученого поросяти та на 12,1 % вищої його реалізаційної вартості, зумовленої більшою живою масою дохід в групі тварин з рідкою підгодівлею, виявився на 41,8 % більшим, що забезпечило на 19,85 % кращу рентабельність отримання та вирощування одного поросяти.

Ключові слова: *порося, спосіб підгодівлі, суперпрестартер, рідкий замінник молока, свиноматка, відтворювальні якості, собівартість, дохід, рентабельність.*

Вступ

Зважаючи на ключову роль годівлі у свинарстві, галузь характеризується безперервним впровадженням прогресивних технологій годування на всіх стадіях виробництва, зокрема й у підсисний період (Mykhalko, 2021). У зв'язку з прогресом у генетиці, кількість поросят на свиноматку істотно збільшилася (Bruns et al., 2018), що, однак, спричинило зростання частки новонароджених з низькою масою тіла та потенційно зниженою життєздатністю (Antonides et al., 2015; Povod et al., 2023). Відтак, ефективне управління годівлею набуває особливої важливості для покращення здоров'я та добробуту новонароджених поросят, а також для підвищення ефективності їхнього росту та продуктивності (Heo et al., 2018; Canibe et al., 2022).

У своїх роботах Helverskov O. (2017) зазначає, що збільшення кількості народжених поросят у свиноматок зумовлює зростання потреби у свиноматках-годувальницях, для чого необхідно використовувати більше станків для опоросу. За повідомленнями (Thorup, 2010; Christiansen, 2017) зі збільшенням кількості поросят у свиноматки зростає ризик підвищеної смертності поросят та зниження ваги при відлученні. При розмірах приплоду 11, 13 та 15 поросят маса поросят при відлученні знижувалася зі збільшенням розміру приплоду, також зростала частка загиблих поросят та відсоток переміщених поросят.

Згідно з даними Helverskov O. (2017), спостерігається стійка тенденція до зниження маси поросят при відлученні в Данії. Якщо у 2007 році цей показник становив 7,3 кг на порося, то останні загальнонаціональні дані за 2016 рік фіксують лише 6,6 кг на порося. При цьому тривалість лактаційного періоду свиноматок за аналогічний період зменшилася незначно – лише на одну добу. Варто зазначити, що у 2016 році кількість відлучених поросят на опорос зросла до 14,1, порівняно з 12,1 у 2007 році, так само як і загальна кількість народжених поросят на опорос збільшилася з 15,8 до 18. Для відновлення попередніх показників ваги поросят при відлученні, за розрахунками (Udesen & Christiansen, 2017), необхідно збільшити тривалість підсисного періоду на один тиждень, що в середньому забезпечує приріст ваги поросяти при відлученні на 1,5–2 кг. Однак, з огляду на економічну

доцільність, їхні розрахунки вказують на те, що оптимальним віком відлучення залишається 4 тижні. У зв'язку з цим, малоймовірно, що значна кількість господарств вдасться до збільшення віку відлучення з метою підвищення ваги поросят.

Дані Thorup F. (2017) свідчать про зменшення ваги поросят при народженні на 150 грамів у зв'язку зі збільшенням кількості загальнонароджених. Це призводить до втрати приблизно 0,2–0,3 кг ваги при відлученні на кожне порося. Таким чином, наявність двох додаткових поросят у приплоді може спричинити зниження ваги при відлученні на 0,4-0,5 кг. Загальне зменшення ваги при відлученні на 0,7 кг на порося протягом 2007–2016 років може бути пояснене цими двома основними факторами.

Також (Theil et al., 2007; Bruun & Sørensen, 2013; Højgaard et al., 2017) вказують на залежність втрати ваги свиноматок та середньодобового приросту приплоду від способу підгодівлі підсисних поросят.

Для оптимізації молочної продуктивності свиноматок (Bruun & Tybirk, 2017; Højgaard et al., 2017) виділяють два основні механізми: зовнішнє стимулювання через масаж сосків поросятами під час молоковіддачі та внутрішнє стимулювання шляхом покращення раціону свиноматки, зокрема регулювання вмісту сирого протеїну та амінокислотного профілю. Проведені дослідження з новими амінокислотними профілями та нормами перетравного сирого протеїну оцінюються як потенційне збільшення ваги при відлученні приблизно на 0,2–0,3 кг на порося.

Дослідження (Hansen et al., 2012; Brunn, 2017) показують, що час досягнення піку лактації у свиноматки залежить від кількості поросят у приплоді та їхнього росту. Автори припускають, що хоча більша кількість поросят може стимулювати виробництво молока, це може призвести до зниження середньої ваги поросят при відлученні. Зокрема, Hansen et al. (2012) виявили, що збільшення кількості поросят у гнізді з 12 до 14 супроводжується зменшенням ваги кожного поросяти при відлученні на 0,7–1 кг, тоді як Brunn (2017) зафіксував різницю у 0,5 кг при аналогічному збільшенні кількості поросят.

Водночас King et al. (1997) повідомляють про здатність поросят стимулювати збільшення молочної продуктивності свиноматки. Підсаджування 14-денних поросят до свиноматки, яка щойно опоросилася, призвело до вищої молочної віддачі порівняно з вигодовуванням власних, менших поросят. Ранішні дослідження (Larsen & Bækbo, 1997) вказують на те, що молочна продуктивність свиноматки є лімітуючим фактором для приросту ваги поросят, оскільки ті, що вигодовуються замінником молока після відлучення, ростуть значно швидше. Переведення ж на сухий корм після відлучення уповільнює їхній ріст і призводить до мобілізації енергетичних резервів. Подібне уповільнення росту в перші дні після відлучення спостерігається і в Данії.

За повідомленнями (Christiansen & Pedersen, 2017), останніми роками данські свинарі почали використовувати систему підгодівлі поросят замінником свинячого молока, що призвело до покращення материнських якостей свиноматок. За рахунок цього з'явилась можливість підсаджувати до свиноматки 16 поросят без значного збільшення відсотка загиблих поросят, що давало можливість свиноматці вигодувати більше власних поросят без залучення свиноматок-мачух, для яких потрібні додаткові станки в приміщенні для опоросу.

Однак система згодовування замінника молока виявилась дороговартісною. Як повідомляють (Pedersen & Nielsen, 2017), загальна вартість обладнання для згодовування замінника молока становила 12,50 данських крон на відлучене порося. Ці витрати мали покриватися за рахунок нижчої смертності поросят, вищої ваги при відлученні або більшої кількості опоросів на свиноматку.

Як повідомляють (Christiansen & Pedersen, 2017), у 2016 році в середньому на всіх данських свинофермах стандартною кількістю поросят при вирівнюванні гнізд поросят у станках без використання рідкого замінника молока було 14, тоді як в господарствах з молочними чашками до свиноматок підсаджують як 15, так і 16 поросят. Дослідження Petersen (2014) показало, що при підсаджуванні до свиноматки 18 поросят при наявності системи згодовування рідкого замінника молока в станку відлучалося 15,5 поросят, а з постійним зростанням кількості живонароджених до 18–19 голів для тестування майбутнього станка для опоросу повністю без використання свиноматок-годувальниць для вирівнювання приплодів необхідні розміри приплоду від 18 до 20.

Ряд досліджень, включаючи роботи (Azain et al., 1996; Wolter et al., 2002; van Oostrum et al., 2016), свідчать про те, що використання замінника свинячого молока може сприяти збільшенню маси поросят у період до їхнього відлучення від свиноматок. На думку (Heo et al., 2018) ймовірно, рідкий корм є більш привабливим для поросят порівняно із твердим, оскільки він має більшу подібність до молока свиноматки. Його думку підтверджують Toplis et al. (1999), які в своїх дослідженнях показали, що у поросят-смоктунів віком від 3 до 18 днів споживання сухого корму було меншим, ніж споживання рідкого корму. Також (Collins et al., 2017) зафіксували нижче споживання сухих кормосумішей підсисними поросятами порівняно з використанням рідких кормів у їхньому раціоні. Встановлено в дослідженнях (King et al., 1997; van Oostrum et al., 2016), що застосування рідкої годівлі для підсисних поросят сприяє збільшенню споживання корму, покращенню темпів росту та зменшенню випадків смертності, особливо серед поросят, відлучених у ранньому віці або з недостатньою масою тіла

Зокрема, van Oostrum et al. (2016) зафіксували значне зростання ваги при відлученні та підвищене споживання корму протягом перших чотирьох тижнів після нього у поросят, яким давали додатковий замінник молока впродовж п'яти днів перед відлученням. Згідно з дослідженнями (Moisei et al., 2024), застосування рідкого замінника молока Opticare Milk в українських умовах продемонструвало позитивний вплив на збереження поросят до відлучення (зростання на 3,5 %), збільшення їхньої кількості в гнізді на момент відлучення (на 7,0 %), підвищення середньодобових приростів підсисних поросят (на 20,4 %), зростання

маси гнізда поросят при відлученні (на 22,0 %) та збільшення їхньої індивідуальної маси на цей час (на 14,7 %) порівняно з групами поросят, де використовувався сухий гранульований престартерний корм Superior Neonatal. В дослідженнях (Voshchenko & Povod, 2024) встановлено, що застосування рідкої системи годівлі для поросят призвело до помітного зростання продуктивності: на 1,5 % збільшилася кількість опоросів на рік, на 6,0 % зросла кількість відлучених поросят на свиноматку в рік, на 4,4 % покращилася середньорічна кількість відлучених поросят на станок, а коефіцієнт опоросу свиноматок підвищився на 3,2 %.

Проте, існують дослідження, які свідчать про те, що консистенція та рівень зволоження корму не мають значного впливу на інтенсивність росту поросят віком від 3 днів до відлучення (Sulabo et al., 2010), а також на морфологічні характеристики їхніх шлунків (Torrallardona et al., 2012). Інші дані показують, що споживання суперпрестартерного корму призводить до зменшення споживання корму в період лактації (Kobek-Kjeldager et al., 2021), але збільшує його одразу після відлучення (Muns & Magowan, 2018), полегшуючи адаптацію поросят до відлучення, хоча й не впливає на їхній подальший ріст. Водночас, результати дослідження Wolter et al. (2002) показали відсутність значного впливу на приріст маси тіла або споживання корму на етапі дорощування у поросят, які отримували замінник молока протягом усього підсисного періоду. Цікаво, що це спостерігалося навіть попри те, що на 21-й день після опоросу ці поросята мали більшу вагу при відлученні.

Дослідження Pedersen & Nielsen (2017) виявило, що малорозмірні поросята (менше 1 кг при вирівнюванні гнізд), які мали доступ до замінника молока, не демонстрували вищих темпів росту порівняно з їхніми однолітками без такого доступу. Цей висновок залишався незмінним як у станках для опоросу, так і в секціях для дорощування. Автори припускають, що відсутність ефекту збільшення ваги при відлученні на подальший ріст може бути пов'язана з об'ємом спожитого замінника, його складом та віком поросят на момент відлучення.

Водночас Bruininx et al. (2002) наголошують на важливості привчання поросят до споживання сухих кормів до відлучення, оскільки це сприяє збільшенню їхнього споживання в період дорощування. Хоча молоко з молочної чашки не є ідентичним сухому корму, воно допомагає поросятам звикнути до споживання іншої їжі, що може позитивно вплинути на їхній апетит та ріст у період дорощування. Рідка годівля поросят у підсисний період, як показали дослідження (Moon et al., 2004; Yang et al., 2017), сприяє зменшенню стресу при переході на твердий корм під час дорощування. На думку Moon et al. (2004) та Zoric et al. (2015), це може мати важливі переваги, включаючи потенційне зниження потреби в антибіотиках у сучасних виробничих системах. Крім того, вологий корм, згідно з даними Moon et al. (2004) та Yang et al. (2017), покращує споживання води та корму, а також збільшує надходження поживних речовин до поросят-смоктунів порівняно із сухим кормом. Це, ймовірно, позитивно позначається на їхній продуктивності (Zijlstra et al., 1996; Brooks et al., 2001; Zoric et al., 2015). Chae (2000) зазначає, що прискорений ріст поросят значною мірою пов'язаний зі збільшенням добровільного споживання корму та зменшенням його втрат, що, як підтверджують (Byrgesen et al., 2021; Boston et al., 2022; Chem et al., 2023), підвищує ефективність годівлі.

Дослідження Sørensen (2017) показало, що наявність доступу до молока не завжди гарантує його високе споживання, достатнє для прискорення росту або впливу на кишківник. Відеоспостереження виявили значні індивідуальні відмінності у використанні молочних чашок серед поросят одного гнізда: близько 20 % поросят взагалі не споживали замінник молока, тоді як решта поділялася на тих, хто робив це часто, і тих, хто робив це помірно. На частоту споживання впливали розмір гнізда, молочність свиноматки та її поведінка. У своєму дослідженні Pedersen et al. (2019) підтвердили, що поросята, які отримували додатковий замінник молока через молочну чашку протягом п'яти тижнів у станку для опоросу, мали значно більшу вагу при переведенні на дорощування порівняно з тваринами які цю підгодівлю не отримували. Ця перевага у вазі зберігалася протягом першого тижня після переведення. Однак автори також зазначили, що цей ефект залежав від розміру гнізда і спостерігався лише в приплодах, що налічували більше 13 поросят на сьомий день після опоросу. В їхньому дослідженні не було виявлено значного впливу доступу до молочної чашки на середньодобовий приріст поросят протягом першого тижня після відлучення.

Мета дослідження

Тому наше дослідження мало на меті порівняти вплив раннього введення в раціон сухого суперпрестартеру 2-14 Lonolac Piglet компанії Kaudice (з другого дня життя) та рідкої підгодівлі замінником молока для поросят замінником сухого молока Piggy Mill виробництва компанії ACTIVEPRO (з другого дня життя) на продуктивність свиноматок та інтенсивність росту поросят.

Матеріал і методи досліджень

Для дослідження була залучена група свиноматок тижневого виробничого циклу на редукторі №1 у місті Глобине. Усі свиноматки були помісями від спарювання маток породи ландрас та кнурів великої білої породи, які були штучно запліднені спермою кнурів PIC 337 англійського походження. Відповідно до схеми, зображеної в таблиці 1, методом пар аналогів було сформовано дві групи свиноматок. Першу групу розмістили у двох секціях для опоросу по 40 голів у кожній (рис. 1).

Рис. 1. Умови утримання свиноматок і поросят контрольної групи

У цих секціях було відключено систему подачі рідкої підгодівлі, і поросята, починаючи з третього дня життя, отримували суперпрестартер 2-14 Lonolac Piglet компанії Kaudice (табл. 2) із знімних годівниць (рис. 1), розташованих у тильній частині станка для опоросу, з поступовим переведенням їх з 14-ї по 18-ту добу життя на престартерний комбікорм БОПСс1-9к diamant.

Таблиця 2

Склад та поживність суперпрестартерного комбікорму для підгодівлі поросят Lonolac Piglet компанії Kaudice

Склад продукту	
Сухий гранульований суперпрестартерний комбікорм Lonolac Piglet	
Лущений ячмінь, пшениця, екструдована кукурудза, соєвий шрот, соєвий концентрат, плазма крові, картопляний протеїн, вітаміно-мінеральний бленд, молочно-жировий концентрат, суха молочна сироватка, олія, крейда, монокальційфосфат, декстроза, ферментий комплекс, підкислювач, ароматизатор, підсолоджувач, пробіотик	
Поживність продукту (г/кг)	
Показник	Міститься в 1 кг продукту, г
Обмінна енергія, Мдж	14,5
Сирий протеїн	180
Сирий жир	145
Лактоза	60
Кальцій	6,0
Фосфор	7,5
Натрій	2
Лізин	14,9
Метіонін+Цистін	10,7

Тоді як у двох сусідніх аналогічних секціях підгодівля поросят розпочиналася з другого дня життя рідким замінником сухого молока Piggy Mill (табл. 3) і здійснювалась за допомогою кормокухні Cullina Mix Pro німецької фірми Big Dachman рис. 2.

Таблиця 3

Склад та енергетична цінність замінника молока Piggy Mill

Склад замінника молока Piggy Mill	
Сухе знежирене молоко, суха молочна сироватка, рослинний жир, рафінований (пальмовий, кокосовий), порошок сироваткового пермеату, глюкоза	
Енергетична цінність та складові замінника молока Piggy Mill	(г/кг)
Обмінна енергія, Мдж	14,5
Сирий протеїн	210
Сирий жир	150
Сира зола	80
Сира клітковина	2
Лактоза	500
Кальцій	6,0
Фосфор	7,0
Натрій	8,0
Лізин	19,0
Метіонін+Цистін	10,0

Для приготування рідкого замінника молока 1 кг сухого замінника змішували з 5 літрами теплої води (43–45 °С), досягаючи оптимальної концентрації 200 г сухого продукту на літр. Процес відбувався наступним чином: у чисту ємність автоматично наливали 2/3 необхідної кількості води, підігрітої до 43–45 °С, після чого при постійному автоматичному перемішуванні поступово додавали сухий замінник молока. Далі додавали 3,0×10 KYO молочнокислі бактерії *Enterococcus faecium* NCIMB 10415. Потім доливали решту води та ретельно перемішували до однорідної консистенції. Температура готового замінника молока перед випоюванням становила 38–40 °С. Випоювання

рідкого замінника молока невеликими порціями розпочинали з другого дня життя поросят і проводили в автоматичному режимі протягом доби за допомогою блоку управління кормокухні Cullina Mix Pro до відлучення від свиноматок. З 17-ї доби життя і до відлучення поросят їм додатково до випоювання замінника молока додавали у знімні годівниці престартерний комбікорм БОПСс1-9к diamant.

Після розміщення свиноматок піддослідних груп у секціях для опоросу, над кожним станком було прикріплено картку для обліку продуктивності, в якій фіксувались всі процедури, що проводилися у відповідному станку під час опоросу, включаючи загальну кількість народжених поросят та окремо кількість життєздатних. Після завершення опоросу кожної свиноматки всі живі поросята були індивідуально зважені, а їхні дані занесені до станкової картки та журналу досліду. На другий день після опоросу проводили вирівнювання гнізд, яке здійснювалося виключно в межах кожної дослідної групи.

Рис. 2. Умови утримання свиноматок і поросят дослідної групи

Протягом експерименту в обох групах здійснювали індивідуальне зважування поросят безпосередньо після народження та під час відлучення. Щоденно реєстрували об'єм спожитого поросятами підгодівельного корму, кількість гнізд з виявленими ознаками діареї, а також кількість, масу та причини вибуття поросят.

Усі ветеринарно-санітарні та зоотехнічні заходи в обох групах (дослідній та контрольній) були уніфіковані та відповідали чинним національним і європейським стандартам.

Аналізуючи отримані вагові дані, визначали абсолютний та середньодобовий приріст живої маси поросят-сисунів залежно від застосованих протоколів годівлі, загальний обсяг спожитого ними корму, показники збереження молодняку, відсоток особин з діарейними проявами та суму витрат на профілактичні й терапевтичні втручання в розрахунку на групу. По завершенні дослідження проводили оцінку економічної ефективності використання рідкої та сухої підгодівлі для поросят.

Для більш об'єктивної оцінки впливу різних систем підгодівлі на продуктивність свиноматок у досліджуваних групах використовували інтегральний індекс репродуктивних якостей свиноматок:

$$I=B\times W\times G$$

де: I – індекс відтворювальних якостей свиноматок з обмеженою кількістю ознак авторства М. Д. Березовського, балів; B – багатоплідність, голів; W – кількість поросят, відлучених від свиноматки, голів; G – середньодобовий приріст живої маси поросят на момент відлучення, кг.

Крім того, застосовували селекційний індекс відтворювальних якостей свиноматок (за Церенюк 2014), розрахунок якого здійснювали за формулою:

$$СІВЯС=6\times X_1+9{,}34\times(X_2/X_3)$$

де: СІВЯС – селекційний індекс відтворювальних якостей свиноматок; X_1 – багатоплідність, голів; X_2 – маса гнізда поросят при відлученні, кг; X_3 – тривалість лактаційного періоду, днів; 6 та 9,34 – коефіцієнти уточнення.

Також для оцінки продуктивності свиноматок використовували комплексний індекс відтворювальної продуктивності свиноматок SZFTV (за Radnóczi et al., 2017):

$$SZFTV=100+5\times(n_0+n_f+(W_f/10)-\bar{i})$$

де: n_0 – кількість живонароджених поросят, голів; n_f – кількість відлучених поросят, голів; W_f – загальна маса відлучених поросят, кг; i – середній стандартизований показник для даної породи.

Аналіз статистичних даних, отриманих у ході експерименту, здійснювали за допомогою програмного забезпечення Microsoft Excel 2016. Статистичну значущість відмінностей між групами оцінювали за t-критерієм Стьюдента, при цьому критичні рівні значущості становили P < 0,05 (перший поріг), P < 0,01 (другий поріг) та P < 0,001 (третій поріг).

Результати

По завершенню досліджень встановлені суттєві розбіжності у відтворювальних якостях свиноматок на кінець лактації. Так з табл. 2 видно, що за загальною кількістю народжених поросят, кількістю народжених живими та середньою масою одного поросяти при народженні, а також за масою гнізда в цілому, суттєвих розбіжностей між дослідними групами не спостерігалося.

Таблиця 2

Відтворювальні якості свиноматок за різних способів підгодівлі підсисних поросят

Показник	Спосіб підгодівлі поросят	
	сухий	рідкий
Кількість свиноматок	79	79
Середній вік відлучених поросят, діб	21,3 ± 0,14	21,2 ± 0,21
Загальна кількість народжених поросят за один опорос, гол	17,35 ± 0,11	17,48 ± 0,23
Багатоплідність, гол.	15,26 ± 0,11	15,31 ± 0,21
Великоплідність, кг	1,28 ± 0,014	1,27 ± 0,021
Маса гнізда поросят при народженні, кг	19,53 ± 0,21	19,44 ± 0,33
Збереженість поросят до відлучення, %	84,6 ± 067	88,7 ± 0,82***
Середня маса одного поросяти при відлученні, кг	5,76 ± 0,19	6,29 ± 0,21**
Кількість поросят при відлученні, гол.	12,91 ± 0,09	13,58 ± 0,14***
Маса гнізда поросят при відлученні, кг	74,36 ± 2,03	85,42 ± 1,54***
Середньодобовий приріст, г	210 ± 8,4	236 ± 7,1**

Незважаючи на однакову тривалість лактаційного періоду, свиноматки контрольної та дослідної груп продемонстрували різні результати до моменту відлучення поросят. Як свідчать дані табл. 2, завдяки постійному доступу до замінника молока, поросята дослідної групи мали на 4,1 % кращу збереженість (P < 0,001), що призвело до збільшення їхньої кількості в гнізді на 0,67 голови до відлучення (P < 0,001). Водночас, використання рідкої підгодівлі за допомогою молочної кормокухні сприяло вірогідному підвищенню середньодобових приростів на 25 г (P < 0,01), що в кінцевому підсумку зумовило збільшення середньої маси поросят при відлученні в другій групі на 0,53 кг (P < 0,01) порівняно з аналогами першої групи, де з третьої доби використовували сухий суперпрестартер. З огляду на більшу кількість поросят у гнізді свиноматок дослідної групи та їхню вищу середню масу наприкінці періоду вирощування, логічним є факт збільшення маси гнізда, яка формується з цих двох ознак. Цей показник був на 11,06 кг вищим (P < 0,001) у гніздах поросят, які отримували рідку підгодівлю, порівняно з аналогами за сухої підгодівлі.

Як видно з графіка зображеного на рисунку 1, рідкий спосіб підгодівлі зумовив різну інтенсивність росту поросят. Так, абсолютні прирости у тварин дослідної групи були на 0,54 кілограма, а відносні – на 5,3 % більшими порівняно з аналогами контрольної групи.

Об'єктивніше уявлення про відтворювальні якості свиноматок дає використання оціночних індексів цієї продуктивності. Як видно з графіка на рисунку 2, застосування рідкої підгодівлі для поросят сприяло підвищенню індексу відтворювальних якостей свиноматок (ІВЯ) на 2,36 бала, селекційного індексу відтворювальних якостей свиноматок (СІВЯС) на 5,32 бала та комплексного індексу репродуктивної діяльності свиноматок (SZFTV) на 0,27 бала.

Таким чином, використання рідкого замінника молока посприяло покращенню збереженості поросят на 4,1 %, підвищенню на 12,1 % середньодобових і абсолютних приростів, зростанню на 9,2 % середньої маси однієї тварини та на 5,2 % збільшенню їх кількості в гнізді при відлученні та на 14,9 % підвищенню маси гнізда поросят в цілому на цей час порівняно з аналогами які знаходились на підгодівлі супепрестартерними сухими гранульованими комбікормами.

Використання різних стратегій підгодівлі поросят призвело до неоднакових обсягів спожитих кормів. Згідно з даними табл. 3, на одну голову в дослідній групі було використано лише 14 г сухого суперпрестартеру. На противагу цьому, у контрольній групі цей показник був більш ніж удесятеро вищим, сягаючи 164 г. Така різниця в обсягах зумовила вищу вартість корму на 5,85 грн на одне порося в контрольній групі, якщо порівнювати з дослідною. У той же час, кожна тварина в дослідній групі спожила 252 г замінника молока в сухому еквіваленті, тоді як у контрольній групі цей вид корму не застосовувався. У середньому, загальне споживання кормів (у перерахунку на суху речовину) у контрольній групі становило 164 г на голову, що на 102 г нижче за аналогічний показник у дослідній групі.

Істотна різниця спостерігалася й у витратах усіх престартерних кормів на одиницю приросту. Незважаючи на вищі середньодобові прирости поросят дослідної групи, їхні витрати престартерних кормів на 1 кг приросту були більшими, сягаючи 53,0 г. У той же час, аналогічний показник у контрольній групі виявився на 17 г нижчим.

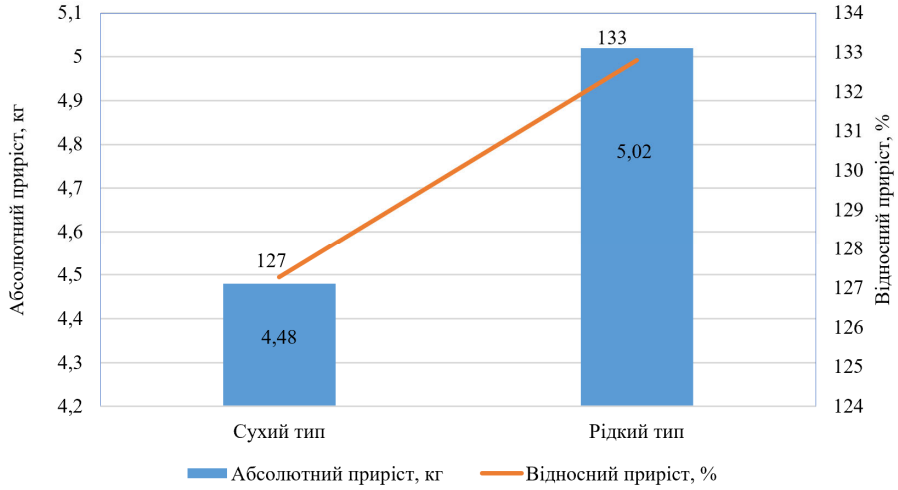


Рис. 1. Абсолютні та відносні прирости поросят в підсисний період за різного способу їх підгодівлі

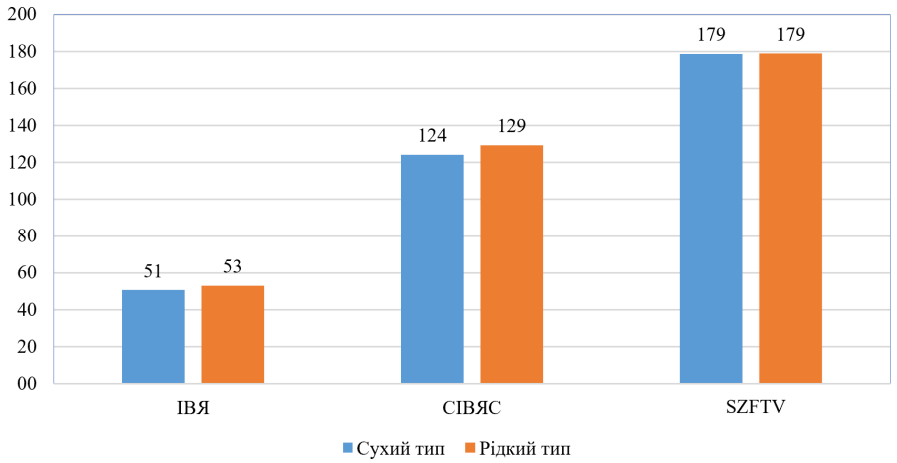


Рис. 2. Оціночні індекси відтворювальної здатності свиноматок за різного способу підгодівлі їхніх поросят, балів

Таблиця 3

Використання кормів поросятами за різних способів їх підгодівлі в підсисний період

Показник	Спосіб підгодівлі поросят	
	сухий	рідкий
Використано сухого престартеру на 1 голову за період, кг	0,164	0,014
Вартість використаного престартеру на одне порося, грн	6,40	0,55
Середнє споживання замінника молока на 1 гол на період, кг	0	0,252
Вартість використаного замінника молока на 1 гол, грн	0,00	31,00
Середнє споживання всього престартерних продуктів на 1 гол за період, кг	0,16	0,27
Ціна 1 кг замінника молока, грн	123,0	123,0
Ціна 1 кг суперпрестартеру, грн	42,4	42,4
Вартість престартерних кормів на 1 гол, грн	6,40	31,54
Витрати престартерних кормів на 1 кг приросту поросят, кг	0,037	0,053
Вартість престартерних кормів на 1 кг приросту, грн	1,43	6,28

З огляду на вищий обсяг споживання рідких кормів поросятами дослідної групи та майже втричі вищу вартість кілограма замінника молока порівняно із суперпрестартерним комбікормом, логічним є значне перевищення загальної вартості кормів у розрахунку на одну голову в дослідній групі. Цей показник становив 6,4 грн у контрольній групі, тоді як у дослідній виявився на 25,15 грн вищим. Незважаючи на суттєво вищу інтенсивність росту поросят дослідної групи та більші на 12,1 % абсолютні прирости в підсисний

період, це призвело до досить значної різниці у вартості престартерних кормів на 1 кг приросту, яка склала 1,43 грн у тварин контрольної групи і виявилась на 4,86 грн вищою у аналогів з дослідної.

Отже, застосування різних систем підгодівлі поросят-сисунів виявило неоднакові показники їхніх витрат у підсисний період. Так, у дослідній групі зафіксовано на 91,5 % меншу кількість використаного суперпрестартерного корму та аналогічно нижчу його вартість. Однак, за рахунок використання замінника молока, загальне споживання всіх престартерних продуктів виявилося на 62,2 % більшим у розрахунку на одну голову та на 44,7 % вищим у розрахунку на 1 кг приросту у тварин, що отримували рідку підгодівлю, порівняно з аналогами, які використовували сухі суперпрестартерні корми.

Різні підходи до годівлі поросят у підсисний період також вплинули на рівень їх захворюваності та, відповідно, на вартість профілактичних і лікувальних заходів. Згідно з даними табл. 4, у поросят, які в підсисний період отримували рідкий замінник свинячого молока, частка гнізд із зафіксованою діареєю була майже вдвічі нижчою і становила 5,9 %, тоді як за сухої підгодівлі цей показник був на 5,7 % вищим. Такого результату вдалося досягти завдяки більшим витратам на профілактичні заходи, які в дослідній групі склали 36,14 грн на одну голову, що на 6,44 грн більше, ніж у контрольній групі. Водночас, незважаючи на вищу інтенсивність росту та більші абсолютні прирости в підсисний період, витрати на профілактичні заходи на 1 кг приросту також виявилися вищими на 0,57 грн у тварин дослідної групи. Проте, завдяки більшим інвестиціям у профілактичні заходи, витрати на лікування однієї тварини дослідної групи становили 1,59 грн, що на 0,47 грн менше, ніж витрати на лікування тварин контрольної групи. Відповідно, меншими виявилися й затрати в розрахунку на 1 кг приросту в дослідних тварин. Так, у контрольній групі ці витрати становили 0,46 грн, тоді як у дослідній були на 0,14 грн меншими. Однак, через вищі вкладення у профілактичні заходи, сумарні витрати на профілактику й лікування тварин все ж таки були вищими в дослідній групі (36,09 грн) і перевищували показник аналогів з контрольної групи на 5,97 грн, що, своєю чергою, зумовило вищу на 0,47 грн ветеринарну собівартість 1 кг приросту у тварин дослідної групи. У зв'язку зі значно вищими витратами на корми при рідкій системі підгодівлі та дещо більшими витратами на профілактичні заходи, незважаючи на зменшення витрат на лікування тварин, було встановлено перевищення кормових і ветеринарних витрат у групі з рідкою підгодівлею порівняно з групою, що отримувала суху підгодівлю. Так, витрати на корми та профілактичні і лікувальні заходи в групі з рідкою підгодівлею були на 25,57 грн або на 189,6 % більшими в розрахунку на одне відлучене порося та на 5,28 грн (62,0 %) вищими в розрахунку на кілограм отриманого приросту.

Таблиця 4

Витрати на профілактику та лікування захворювань поросят за різних способів їх підгодівлі в підсисний період

Показник	Спосіб підгодівлі поросят	
	сухий	рідкий
Частка гнізд з зафіксованою діареєю, %	11,60	5,90
Витрати на профілактичні заходи на 1 голову за період, грн	29,70	36,14
Витрати на профілактичні заходи на кг приросту, грн.	6,63	7,20
Витрати на лікування 1 голови поросят, грн.	2,06	1,59
Витрати на лікування захворювань на кілограм приросту, грн	0,46	0,32
Витрати на профілактичні і лікувальні заходи на 1голову, грн	31,76	37,73
Ветеринарна собівартість 1 кг приросту, грн.	7,09	7,52
Кормова і ветеринарна собівартість 1 кг приросту, грн.	8,52	13,80
Витрати на престартерні корми для поросят, профілактичні і лікувальні заходи на 1 голову, грн	13,49	39,06

Отже, використання рідкої підгодівлі для підсисних поросят зумовило зменшення захворюваності на діарею на 49,1 %, що, в свою чергу, спричинило зниження витрат на лікування однієї голови на 22,8 % та на 31,1 % у перерахунку на кілограм приросту. Цей позитивний ефект став можливим завдяки збільшенню витрат на профілактику на 21,7 % на одну тварину та на 8,6 % на кілограм приросту. Однак, загальні ветеринарні витрати зросли на 18,8 % на одне відлучене порося та на 6,0 % на кілограм приросту. Крім того, витрати на корми, профілактику та лікування в групі з рідкою підгодівлею були значно вищими, а саме на 189,6 % на одне відлучене порося та на 62,0 % на кілограм отриманого приросту.

Аналізуючи складові собівартості отримання та вирощування одного поросяти за різних систем їх підгодівлі в підсисний період, представлені на рисунку 3, встановлено, що найбільшу частку в цій собівартості займають витрати на утримання свиноматки.

Так, у розрахунку на одне відлучене порося при сухій підгодівлі цей показник становив 41,78 %, тоді як при рідкій підгодівлі, завдяки кращій збереженості та більшій кількості поросят на момент відлучення, він був на 2,06 % меншим. На другому місці за величиною цього показника йдуть витрати на профілактичні та лікувальні заходи. У дослідній групі вони склали 5,13 %, а в контрольній були на 0,87 % меншими.

Таблиця 5
Собівартість отримання та вирощування поросят за різних способів їх підгодівлі в підсисний період та її складові

Показник	Спосіб підгодівлі поросят	
	сухий	рідкий
Собівартість утримання однієї свиноматки до опоросу, грн	7936,0	7936,0
Собівартість одного поросяти при народженні, грн	520,05	518,35
Собівартість утримання підсисної свиноматки, грн	1754,26	1754,26
Витрати на утримання свиноматки до відлучення порося, грн	9460,07	9460,07
Витрати на утримання свиноматки в розрахунку на одне відлучене порося, грн	732,77	696,61
Витрати на утримання свиноматки в розрахунку на 1 кг приросту поросят, грн	163,56	160,11
Амортизаційні відрахування системи рідкої годівлі в розрахунку на одне відлучене порося, грн	0,00	13,6
Собівартість одного поросяти при відлучені, грн	746,25	735,67
Собівартість 1 кг живої маси поросят при відлучені, грн	129,56	116,96
Собівартість 1 кг приросту, грн	166,57	146,55

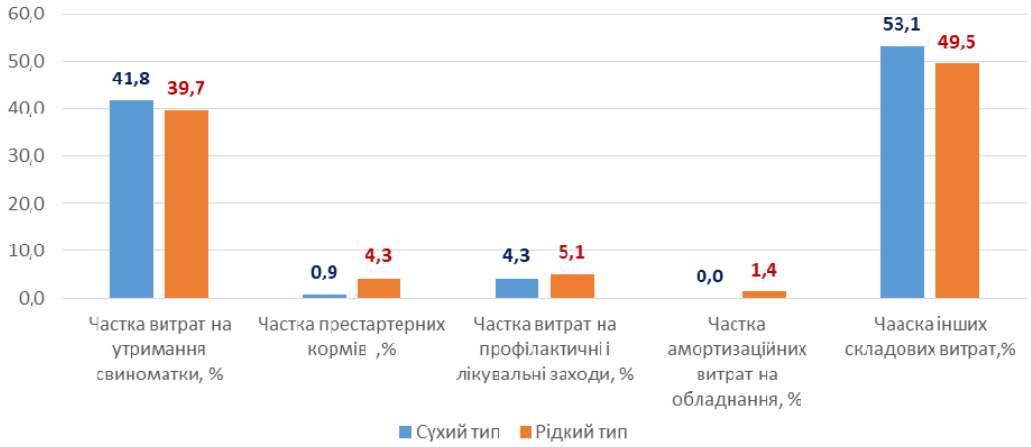


Рис. 3. Частка складових кормової та ветеринарної складової в операційній собівартості одного поросяти за різного способу підгодівлі їхніх поросят

Також при рідкій системі підгодівлі виявилася вищою частка престартерних продуктів у загальній собівартості одного поросяти, яка становила 0,86 % у контрольній групі і була суттєво, на 3,43 %, вищою у їхніх аналогів з дослідної. Водночас, значення амортизаційних витрат за рахунок використання кормокухні мало незначну частку (1,41 %) у загальній вартості отримання та вирощування одного поросяти до відлучення.

Отже рідка підгодівля підсисних поросят, порівняно із сухою, характеризувалася зниженням частки витрат на утримання свиноматки в собівартості одного поросяти на 2,06 % та збільшенням частки витрат на профілактичні й лікувальні заходи на 0,87 %, престартерних кормів на 3,43 % та амортизації кормового обладнання в операційній собівартості на 1,41 %.

Оскільки, окрім покращення продуктивності під час вирощування підсисних поросят, виробникам необхідно враховувати значно вищі витрати на корми для цього процесу, важливим є розрахунок економічної доцільності. Як видно з табл. 6, завдяки меншій на 10,53 грн собівартості одного поросяти при відлученні, за однакової ринкової ціни на одиницю живої маси поросят цієї вагової категорії та вищої на 130,68 грн ринкової їх вартості, забезпеченої більшою живою масою при відлученні, дохід від отримання та вирощування одного поросяти за рідкої системи годівлі виявився на 141,26 грн вищим порівняно з доходом від отримання та вирощування поросят за сухої системи годівлі, що зумовило на 9,85 % кращу рентабельність у тварин дослідної групи.

Таблиця 6
Економічна ефективність різних способів підгодівлі поросят в підсисний період

Показник	Спосіб підгодівлі поросят	
	сухий	рідкий
Ринкова вартість 1 кг живої маси без ПДВ, грн	242,00	242,00
Ринкова вартість 1 поросяти без ПДВ, грн	1084,16	1214,84
Дохід від вирощування одного поросяти, грн	337,91	479,17
Рентабельність вирощування 1 голови поросят,%	45,28	65,13

Отже за рахунок нижчої на 1,4 % собівартості одного відлученого поросяти та на 12,1 % вищої реалізаційної вартості, зумовленої більшою живою масою в групі тварин з рідкою підгодівлею, дохід виявився на 41,8 % більшим, що забезпечило на 19,85 % кращу рентабельність отримання та вирощування одного поросяти.

Отже за рахунок нижчої на 1,4 % собівартості одного відлученого поросяти та на 12,1 % вищої його реалізаційної вартості, зумовленої більшою живою масою дохід в групі тварин з рідкою підгодівлею, виявився на 41,8 % більшим, що забезпечило на 19,85 % кращу рентабельність отримання та вирощування одного поросяти.

Обговорення

Наші висновки стосовно того, що застосування рідкої підгодівлі для підсисних поросят демонструє значні переваги у продуктивності, зокрема покращення збереженості, інтенсивності росту та маси поросят при відлученні, співпали з повідомленнями (Christiansen & Pedersen, 2017; Moisei et al., 2024), які повідомляють про покращення збереженості поросят при використанні їх рідкої підгодівлі (Azain et al., 1996; Wolter et al., 2002; van Oostrum et al., 2016; Pedersen et al., 2019), які вказують на збільшення маси поросят при відлученні від свиноматок.

Водночас не були підтверджені дані (Sulabo et al., 2010; Martins et al., 2020), які стверджують, що використання замінника молока не мало значного впливу на інтенсивність росту поросят віком від 3 днів до відлучення порівняно з сухою підгодівлею.

Результати наших досліджень, які свідчать, що використання рідкого замінника молока призводить до збільшення загального споживання престартерних кормів та підвищення ветеринарних витрат, зокрема на профілактику, компенсується суттєвим зниженням захворюваності на діарею та витрат на лікування, тотожні повідомленнями (King et al., 1997; van Oostrum et al., 2016), проте не підтверджені в роботах (Wolter et al., 2002; Sørensen, 2017), які повідомляють, що рідка підгодівля поросят не завжди гарантує його високе споживання, достатнє для прискорення росту або впливу на кишківник.

Наші висновки стосовно вищої рентабельності вирощування поросят за рідкої системи їх підгодівлі, незважаючи на вищі загальні витрати на корми, ветеринарні заходи та обладнання, співпали з повідомленнями (Pedersen & Nielsen, 2017; Voshchenko & Povod, 2024), які констатували зростання дохідності та рентабельності вирощування поросят за їх рідкої підгодівлі порівняно з традиційною підгодівлею сухими престартерами. Водночас наші дослідження не підтвердили гіпотезу (Pedersen & Nielsen, 2017), що вирішальним у здорожчанні собівартості вирощування поросят за рідкої годівлі є обладнання. Натомість, в наших дослідженнях основними критеріями зростання собівартості поросят за їх рідкої підгодівлі були вартість замінника молока та вартість профілактичних заходів для рідкої підгодівлі.

Також наші висновки стосовно того, що впровадження рідкої підгодівлі є економічно вигідним рішенням для підвищення ефективності вирощування підсисних поросят, схожі з інформацією (Christiansen & Pedersen, 2017; Moisei et al., 2024; Voshchenko & Povod, 2024), але не співпадає з повідомленнями (Wolter et al., 2002; Sørensen, 2017; Pedersen & Nielsen, 2017), які не виявили економічних переваг рідкої підгодівлі поросят над їх підгодівлею сухими престартерними кормами.

Враховуючи різноманітність висновків як вітчизняних, так і зарубіжних дослідників стосовно економічної ефективності рідкої підгодівлі поросят, вважаємо за доцільне продовжити дослідження в цьому напрямку за використання замінників молока іншого складу та походження.

Висновки

1. Застосування рідкої підгодівлі для підсисних поросят демонструє значні переваги у продуктивності, зокрема покращення збереженості, інтенсивності росту та маси поросят при відлученні.
2. Використання рідкого замінника молока призводить до збільшення загального споживання престартерних кормів та підвищення ветеринарних витрат, зокрема на профілактику, це компенсується суттєвим зниженням захворюваності на діарею та витрат на лікування.
3. Встановлено вищу рентабельність вирощування поросят за рідкої системи годівлі, незважаючи на вищі загальні витрати на корми та ветеринарні заходи. Це зумовлено нижчою собівартістю одного поросяти при відлученні та вищою його реалізаційною вартістю завдяки більшій живій масі.
4. Таким чином, впровадження рідкої підгодівлі є економічно вигідним рішенням для підвищення ефективності вирощування підсисних поросят.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

Antonides, A., Schoonderwoerd, A. C., Nordquist, R. E., & van der Staay, F. J. (2015). Very low birth weight piglets show improved cognitive performance in the spatial cognitive holeboard task. Frontiers in behavioral neuroscience, 9, 43. DOI: 10.3389/fnbeh.2015.00043.

Azain, M. J., Tomkins, T., Sowinski, J. S., Arentson, R. A., & Jewell, D. E. (1996). Effect of supplemental pig milk replacer on litter performance: seasonal variation in response. Journal of animal science, 74(9), 2195–2202. DOI: 10.2527/1996.7492195x.

Boston, T. E., Wang, F., Lin, X., Leonard, S., Kim, S. W., McKilligan, D., Fellner, V., & Odle, J. (2022). Gruel Creep Feeding Accelerates Growth and Alters Intestinal Health of Young Pigs. Animals : an open access journal from MDPI, 12(18), 2408. DOI: 10.3390/ani12182408.

Brooks, P. H., Beal, J. D., & Niven, S. (2001). Liquid feeding of pigs: potential for reducing environmental impact and for improving productivity and food safety. Recent Adv. Anim. Nut. Aust., 13, 49–63. URL: https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20063209673.

Bruininx, E. M., Binnendijk, G. P., van der Peet-Schwering, C. M., Schrama, J. W., den Hartog, L. A., Everts, H., & Beynen, A. C. (2002). Effect of creep feed consumption on individual feed intake characteristics and performance of group-housed weanling pigs. Journal of animal science, 80(6), 1413–1418. DOI: 10.2527/2002.8061413x.

Brunn, T. S. (2017). Effekt af foderstyrke og kuldstørrelse på kuldtilvækst og søernes vægttab. Meddelelse nr. 1118, SEGES Svineproduktion.

Bruns, C., Noel, R., McNeil, B., Sonderman J., & Rathje, T. (2018). Examining factors that influence pig quality measured by weaning weight. J. Anim. Sci., 96, 62–63. DOI: 10.1093/jas/sky073.116.

Bruun, T. S., & Sørensen, G. (2013). Store variationer i søers vægttab og daglig kuldtilvækst. Erfaring nr. 1316, Videncenter for Svineproduktion, Den rullende Afprøvning. URL: http://svineproduktion.dk/publikationer/kilder/lu_erfa/2013/1316.

Bruun, T. S., & Tybirk, P. (2017). Baggrund for revision af normer for aminosyrer til diegivende søer. Notet nr. 1738, SEGES Svineproduktion.

Byrgesen, N., Madsen, J. G., Larsen, C., Kjeldsen, N. J., Cilieborg, M. S., & Amdi, C. (2021). The Effect of Feeding Liquid or Dry Creep Feed on Growth Performance, Feed Disappearance, Enzyme Activity and Number of Eaters in Suckling Piglets. Animals : an open access journal from MDPI, 11(11), 3144. DOI: 10.3390/ani11113144.

Canibe, N., Højberg, O., Kongsted, H., Vodolazska, D., Lauridsen, C., Nielsen, T. S., & Schönherz, A. A. (2022). Review on Preventive Measures to Reduce Post-Weaning Diarrhoea in Piglets. Animals, 12(19), 2585. DOI: 10.3390/ani12192585.

Chae, B. J. (2000). Impacts of Wet Feeding of Diets on Growth and Carcass Traits in Pigs. Journal of Applied Animal Research, 17(1), 81–96. DOI: 10.1080/09712119.2000.9706293.

Chem, V., Mun, H.-S., Ampode, K. M. B., Lagua, E. B., Dilawar, M. A., Kim, Y.-H., & Yang, C.-J. (2023). Milk Supplementation: Effect on piglets performance, feeding behavior and sows physiological condition during the lactation period. Journal of Animal Behaviour and Biometeorology, 11(1), e2023007. DOI: 10.31893/jabb.23007.

Christiansen, M. G. (2017). Metoder til opnåelse af øget fravænningsvægt. SEGES Svineproduktion. URL: https://svineproduktion.dk/publikationer/kilder/notater/2017/1741.

Christiansen, M. G., & Pedersen, M. L. M. (2017). Erfaringer med brug af mælkeerstatning til pattegrise fra 10 sobesætninger. Erfaring nr. 1708, SEGES Svineproduktion. URL: http://svineproduktion.dk/publikationer/kilder/lu_erfa/2017/1708.

Collins, C. L., Pluske, J. R., Morrison, R. S., McDonald, T. N., Smits, R. J., Henman, D. J., Stensland, I., & Dunshea, F. R. (2017). Post-weaning and whole-of-life performance of pigs is determined by live weight at weaning and the complexity of the diet fed after weaning. Animal nutrition (Zhongguo xu mu shou yi xue hui), 3(4), 372–379. DOI: 10.1016/j.aninu.2017.01.001.

de Greeff, A., Resink, J. W., van Hees, H. M., Ruuls, L., Klaassen, G. J., Rouwers, S. M., & Stockhofe-Zurwieden, N. (2016). Supplementation of piglets with nutrient-dense complex milk replacer improves intestinal development and microbial fermentation. Journal of animal science, 94(3), 1012–1019. DOI: 10.2527/jas.2015-9481.

Hansen, A. V., Strathe, A. B., Kebreab, E., France, J., & Theil, P. K. (2012). Predicting milk yield and composition in lactating sows: a Bayesian approach. Journal of animal science, 90(7), 2285–2298. DOI: 10.2527/jas.2011-4788.

Helverskov, O. (2017). Landsgennemsnit for produktivitet i svineproduktionen 2016. Notat nr.1716, SEGES Svineproduktion. URL: http://svineproduktion.dk/publikationer/kilder/notater/2017/1716.

Heo, P. S., Kim, D. H., Jang, J. C., Hong, J. S., & Kim, Y. Y. (2018). Effects of different creep feed types on pre-weaning and post-weaning performance and gut development. Asian-Australasian journal of animal sciences, 31(12), 1956–1962. DOI: 10.5713/ajas.17.0844.

Højgaard, C. K., Bruun, T. S., & Hansen, C. F. (2017). Ændring af aminosyreprofil sparer protein til diegivende søer. Meddelelse Nr. 1110. SEGES Svineproduktion, Den rullende Afprøvning. URL: http://svineproduktion.dk/publikationer/kilder/lu_medd/2010/87211.

Højgaard, C. K., Theil, P. K., & Bruun, T. S. (2017). Ny aminosyreprofil til diegivende søer reducerer behovet for protein. Meddelelse nr. 1122, SEGES Svineproduktion. URL: https://svineproduktion.dk/publikationer/kilder/lu_medd/2017/1122.

King, R. H., Mullan, B. P., Dunshea, F. R., & Dove, H. (1997). The influence of piglet body weight on milk production of sows. Livestock production Science, 47(2), 169–174. DOI: 10.1016/S0301-6226(96)01404-2.

Kobek-Kjeldager, C., Vodolazs'ka, D., Lauridsen, C., Canibe, N., & Pedersen, L. J. (2021). Impact of supplemental liquid feed pre-weaning and piglet weaning age on feed intake post-weaning. Livestock Science, 252, 104680. DOI: 10.1016/j.livsci.2021.104680.

Larsen, L. P., & Bækbo, P. (1997). Sundhed og sygdom hos svin. Landbrugsforlaget/ Landbrugets rådgivningscenter. URL: https://bibliotek.dk/materiale/sundhed-og-sygdom-hos-svin_poul-baekbo/work-of%3A870970-basis%3A20002050?type=bog.

Lykhach, V. Ya., Povod, M. H., Shpetnyi, M. B., Nechmilov, V. M., Lykhach, A. V., Mykhalko, O. H., Barkar, Ye. V., Lenkov, L. H., & Kucher, O. O. (2023). Optymizatsiia tekhnolohichnykh rishen utrymannia i hodivli svynei v umovakh promyslovoi tekhnolohii: monohrafiia. Mykolaiv: Ilion (in Ukrainian).

Martins, S. M. M. K., Ferrin, M. O., Poor, A. P., Campos, G. A., Torres, M. A., Weigel, R. A., Strefezzi, R. F., & Andrade, A. F. C. (2020). Gruel creep feed provided from 3 days of age did not affect the market weight

and the sow's catabolic state. Livestock Science, 231, 103883. DOI: 10.1016/j.livsci.2019.103883.

Moisei, I., Povod, M., Mykhalko, O., Gutyj, B., Verbelchuk, T., Verbelchuk, S., Koberniuk, V., & Kovalchuk, T. (2024). Effectiveness of the liquid method of feeding suckling piglets. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 26(100), 16–26. DOI: 10.32718/nvlvet-a10003.

Moon, J. S., Kwon, I. K. & Chae B. J. (2004). Effects of wet feeding of diets with or without food waste on growth performance and carcass characteristics in finishing pigs. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 17(4), 504–510. DOI: 10.5713/ajas.2004.504.

Muns, R., & Magowan, E. (2018). The effect of creep feed intake and starter diet allowance on piglets' gut structure and growth performance after weaning. Journal of animal science, 96(9), 3815–3823. DOI: 10.1093/jas/sky239.

Mykhalko, O. H. (2021). Current state and ways of pig production in the world and Ukraine. Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Livestock, 3(46), 61–77. DOI: 10.32845/bsnau.lvst.2021.3.9.

Pedersen, M. L., & Nielsen, M. B. F. (2017). Mælkekopper hos de mindste pattegrise. SEGES Svineproduktion, Den rullende afprøvning. Meddelelse nr. 1125. URL: https://svineproduktion.dk/publikationer/kilder/lu_medd/2017/1125.

Pedersen, M. L., Thorsen, C. K., & Nielsen, M. B. F. (2019). Smågrises vægt afhængig af deres adgang til og brug af mælkekop i farestalden (Meddelelse nr. 1161). SEGES Svineproduktion. URL: https://svineproduktion.dk/publikationer/kilder/lu_medd/2019/1161.

Petersen, L. B. (2014). Supplerende mælk i farestien med 18 grise pr. kuld. Erfaring nr. 1409, Videncenter for Svineproduktion, Den rullende Afprøvning. URL: https://svineproduktion.dk/Publikationer/Kilder/lu_erfa/2014/1409.aspx.

Pieper, R., Scharek-Tedin, L., Zetzsche, A., Röhe, I., Kröger, S., Vahjen, W., & Zentek, J. (2016). Bovine milk-based formula leads to early maturation-like morphological, immunological, and functional changes in the jejunum of neonatal piglets. Journal of animal science, 94(3), 989–999. DOI: 10.2527/jas.2015-9942.

Povod, M., Mykhalko, O., Verbelchuk, T., Gutyj, B., Borshchenko, V., Koberniuk, V. (2023). Productivity of sows, growth of piglets and fattening qualities of pigs at different durations of the suckling period. Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development, 23(1), 649–459. URL: https://managementjournal.usamv.ro/pdf/vol.23_1/volume_23_1_2023.pdf.

Radnóczi, L., Novozánszky, G., Baltay, M., Csóka, L., Eicher, J., & Fekete, B. (2017). Ertés teljesítményvizsgálati kódex (p. 39). Budapest. URL: http://www.mfse.eu/modul/_files/k_dex_8_2017.pdf.

Sørensen, T. (2017). Pattegrises brug af mælkekopper. SEGES Svineproduktion, Den rullende afprøvning. Meddelelse 1111. URL: https://svineproduktion.dk/publikationer/kilder/lu_medd/2017/1111.

Sulabo, R. C., Jacela, J. Y., Tokach, M. D., Dritz, S. S., Goodband, R. D., DeRouchey, J. M., & Nelssen, J. L. (2010). Effects of lactation feed intake and creep feeding on sow and piglet performance. Journal of animal science, 88(9), 3145–3153. DOI: 10.2527/jas.2009-2131.

Theil, P. K., Kristensen, N. B., Jørgensen, H., Labouriau, R., & Jakobsen, K. (2007). Milk intake and carbon dioxide production of piglets determined with the doubly labelled water technique. Animal : an international journal of animal bioscience, 1(6), 881–888. DOI: 10.1017/S1751731107000031.

Thorup, F. (2010). 11, 13 eller 15 diende grise hos soen. Meddelelse nr. 872, Videncenter for Svineproduktion, Den rullende Afprøvning. URL: https://svineproduktion.dk/publikationer/kilder/lu_medd/2010/872.

Thorup, F. (2017). Personlig meddelelse og data omkring fødselsvægt i en besætning fra 2017.

Tishchenko, O. S., Mykhalko, O. G., Myronenko, O. I., Kuzmenko, L. M., Panasova, T. G., Zhelizniak, I. M., & Plechko, O. S. (2024). Growth, preservation and efficiency of pig fattening under constant and variable in the post-weaning period on rearing and fattening feeding systems. Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Livestock, 1, 111–121. DOI: 10.32782/bsnau.lvst.2024.1.14.

Toplis, P., Blanchard, P. J., & Miller, H. M. (1999). Creep feed offered as a gruel prior to weaning enhances performance of weaned piglets. In Manipulating Pig Production VII (P.D. Cranwell); Australasian Pig Science Association: Werribee, Victoria, Australia, p. 129.

Torrallardona, D., Andrés-Elias, N., López-Soria, S., Badiola, I., & Cerdà-Cuéllar, M. (2012). Effect of feeding different cereal-based diets on the performance and gut health of weaned piglets with or without previous access to creep feed during lactation. Journal of animal science, 90 Suppl 4, 31–33. DOI: 10.2527/jas.53912.

Udesen, F., & Christiansen, M. G. (2017). Økonomisk optimal fravænningsalder. Notat nr. 1731, SEGES Svineproduktion. URL: https://svineproduktion.dk/publikationer/kilder/notater/2017/1731.

van Oostrum, M., Lammers, A., & Molist, F. (2016). Providing artificial milk before and after weaning improves postweaning piglet performance. J. Anim. Sci., 94, 429–432. DOI: 10.2527/jas.2015-9732.

Vergauwen, H., Degrotte, J., Prims, S., Wang, W., Fransen, E., De Smet, S., Casteleyn, C., Van Chruchten, S., Michiels, J., & Van Ginneken, C. (2017). Artificial rearing influences the morpholo-gy, permeability and redox state of the gastrointesti-nal tract of low and normal birth weight piglets. Journal of Animal Science and Biotechnology, 8, 30. DOI: 10.1186/s40104-017-0159-3.

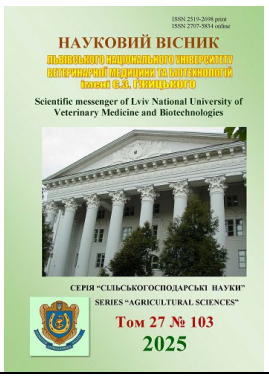
Voshchenko, I., & Povod, M. (2024). Realization of the genetic growth potential of danish–bred hybrid piglets under different feeding conditions and the influence of feeding method on sow utilization intensity. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 26(100), 289–297. DOI: 10.32718/nvlvet-a10043.

Wolter, B. F., Ellis, M., Corrigan, B. P., & DeDecker, J. M. (2002). The effect of birth weight and feeding of supplemental milk replacer to piglets during lacta-tion on preweaning and postweaning growth per-formance and carcass characteristics. Journal of An-imal Science, 80(2), 301–308. DOI: 10.2527/2002.802301x.

Yang, X., Nath, C., Doering, A., Goihl, J., & Baidoo, S. K. (2017). Effects of liquid feeding of corn condensed distiller's solubles and whole stillage on growth per-formance, carcass characteristics, and sensory traits of pigs. Journal of animal science and biotechnology, 8, 9. DOI: 10.1186/s40104-016-0140-6.

Zijlstra, R. T., Whang, K. Y., Easter, R. A., & Odle, J. (1996). Effect of feeding a milk replacer to early-weaned pigs on growth, body composition, and small intestinal morphology, compared with suckled litter-mates. Journal of animal science, 74(12), 2948–2959. DOI: 10.2527/1996.74122948x.

Zoric, M., Johansson, S. E., & Wallgren, P. (2015). Be-haviour of fattening pigs fed with liquid feed and dry feed. Porcine health management, 1, 14. DOI: 10.1186/s40813-015-0009-7.



Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького. Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences

ISSN 2519–2698 print
ISSN 2707-5834 online
doi: 10.32718/nvlvet-a10303
https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture

UDC 639.3.043.13:597.552.512

Methods for determining the daily feeding rate of trout: their essence, advantages and disadvantages

O. I. Sobolev[1]✉, B. V. Gutyj[2], S. V. Sobolieva[1], A. O. Soboliev[3]

[1]*Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine*
[2]*Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, Lviv, Ukraine*
[3]*State enterprise "Kyiv regional research and production center for standardization, metrology and certification", Bila Tserkva, Ukraine*

Article info

Received 02.06.2025
Received in revised form 03.07.2025
Accepted 04.07.2025

Bila Tserkva National Agrarian University, 8/1, Soborna Sq., Bila Tserkva, 09117, Ukraine.
Tel.: + 38-096-443-91-50
E-mail: sobolev_a_i@ukr.net

Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv, Pekarska Str., 50, Lviv, 79010, Ukraine.
Tel.: +38-068-136-20-54
E-mail: bvh@ukr.net

State enterprise "Kyiv regional research and production center for standardization, metrology and certification", Sichnevogo Proryvu Str., 84, Bila Tserkva, 09113, Ukraine.

Sobolev, O. I., Gutyj, B. V., Sobolieva, S. V., & Soboliev, A. O. (2025). Methods for determining the daily feeding rate of trout: their essence, advantages and disadvantages. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 27(103), 24–30. doi: 10.32718/nvlvet-a10303

In modern aquaculture, the use of highly nutritious compound feeds in accordance with established feeding standards is one of the key factors determining the productive qualities of trout. Rationally organized feeding of trout with complete compound feeds contributes to increased growth rates, enhanced vitality, reduced feed conversion ratio, and improved product quality. Therefore, adherence to scientifically based feeding norms directly affects the economic efficiency of fish farming enterprises as a whole. This article examines four methods for determining the daily feeding rate for trout of different age groups: the Deuel method (Charles R. Deuel), the Pile method (Earl A. Pile), the Haskell method (David C. Haskell) and the Willoughby method (H. Willoughby). Each of these methods has certain advantages and disadvantages, which determine their varying levels of effectiveness under specific trout farming conditions. Thus, for practical application, a fish farm technologist must be familiar with the specific features of each approach, understand the contexts in which they are most appropriately used, and be able to reasonably choose the most optimal method depending on production objectives. As analysis shows, all available tables and formulas for determining the daily feeding rate of trout should be regarded as indicative only. This is because they take into account only a limited number of factors, such as the live weight of the fish, water temperature, dissolved oxygen content, and the nutritional value of the feed. At the same time, in real-world fish farming operations, feeding efficiency is also influenced by other factors that are not included in the calculation models. These include water quality, stocking density, fish activity levels, health status, and the technological features of the rearing systems. Therefore, the practical use of such calculated recommendations requires adjustments based on direct observations of fish behavior, feed consumption, and adaptation to the specific conditions of the farm.

Keywords: *feeding rate, trout, compound feed, method, formula, table.*

Методи визначення добової норми годівлі форелі: їх суть, переваги та недоліки

О. І. Соболєв[1]✉, Б. В. Гутий[2], С. В. Соболєва[1], А. О. Соболєв[3]

[1]*Білоцерківський національний аграрний університет, м. Біла Церква, Україна*
[2]*Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Ґжицького, м. Львів, Україна*
[3]*Державне підприємство "Київський обласний науково-виробничий центр стандартизації, метрології та сертифікації", м. Біла Церква, Україна*

У сучасній аквакультурі використання високопоживних комбікормів відповідно до встановлених норм годівлі є одним із ключових чинників, що визначають продуктивні якості форелі. Раціонально організована годівля форелі повнораціонними комбікормами сприяє підвищенню інтенсивності росту риби, її життєздатності, зниженню витрат корму на одиницю продукції та покращенню її якості. Тому дотримання науково обґрунтованих норм годівлі риби безпосередньо впливає на економічну ефективність функціонування рибоводного підприємства в цілому. У статті розглянуто чотири методи визначення добових норм годівлі форелі різних вікових груп: метод Д'юела (Charles R. Deuel), метод Пайла (Earl A. Pile), метод Хаскелла (David C. Haskell) та метод Віллоубі (H. Willoughby). Кожен із зазначених методів має певні переваги та недоліки, що зумовлює різний рівень їх ефективності за конкретних умов вирощування форелі. Тому для практичного застосування, технолог рибоводного господарства повинен орієнтуватися в особливостях кожного підходу, розуміти сфери їх доцільного використання та вміти обґрунтовано обирати найбільш оптимальний метод залежно від виробничих завдань. Як показує аналіз методів, усі наявні таблиці та формули для визначення добової норми годівлі форелі слід розглядати лише як орієнтовні. Це зумовлено тим, що вони враховують лише обмежене коло показників, таких як жива маса риби, температура води, вміст розчинного у воді кисню, поживна цінність корму. Водночас, у реальних умовах функціонування рибного господарства на ефективність годівлі впливають й інші чинники, які залишаються поза межами розрахункових моделей. До них належать якісний склад води, щільність посадки, активність, стан здоров'я риби, а також технологічні особливості систем вирощування. Саме тому практичне використання таких розрахункових рекомендацій потребує коригування на основі безпосередніх спостережень за поведінкою риби, споживанням нею корму та адаптації до конкретних умов господарства.

Ключові слова: *норма годівлі, форель, комбікорм, метод, формула, таблиця.*

Вступ

Із зростанням світового попиту на продукти харчування з високим вмістом білка, аквакультура стала важливою галуззю сільського господарства (Bobel' et al., 2018; Vodianitskyi et al., 2020; Kofonov et al., 2020). Інтенсивний розвиток світової аквакультури позитивно позначився на росту її частки у загальному балансі виробництва харчової продукції. Загальні темпи росту аквакультури у різних країнах світу неоднакові і коливаються від 4,5 % до 11,0 % (Njue & Macharia, 2015; Motaghed et al., 2025).

У багатьох країнах світу аквакультура включає зазвичай тепловодні, холодноводні рибні господарства та креветкові ферми. В Україні в тепловодних господарствах вирощують переважно коропа та рослиноїдних риб, а в холодноводних – форель.

Форелівництво України розвинене ще недостатньо, а його частка в загальній продукції рибництва незначна. Розвиток цієї підгалузі аквакультури є стратегічно важливим напрямком для зміцнення національної продовольчої безпеки, особливо в контексті сучасних глобальних викликів, таких як зростання населення, зміна клімату, а також війни та кризи, що впливають на традиційні ланцюги постачання продовольства (Jegorov & Figurs'ka, 2011).

Основу вітчизняного форелівництва вже протягом 100 років складає райдужна форель. ЇЇ м'ясо є цінним джерелом легкозасвоюваного повноцінного тваринного білка, який необхідний для здорового харчування, а також багате на омега-3 жирні кислоти, вітаміни (A, D, B_2, B_6, B_{12}, E), макро - та мікроелементи (Ca, P, K, Na, Mg, I, Se, Fe, Zn) (Stoyanova et al., 2016).

Сьогодні форелівництво є прибутковою підгалуззю аквакультури, що сприяє створенню робочих місць у сільській місцевості та розвитку територіальних громад, надходженню податків до державного та місцевих бюджетів, диверсифікації аграрного сектору (знижує ризики, пов'язані із залежністю від традиційних видів агропродукції) та швидкій окупності інвестицій (за 2–3 роки). Форелівництво відносять до суперприбуткового бізнесу. Воно демонструє найвищу в продовольчому секторі економіки рентабельність – до 30–35 % і вище (D'Agaro et al., 2022; Chowdhury et al., 2024).

Збільшення обсягів внутрішнього виробництва якісної форелі дозволяє зменшити залежність від зовнішніх ринків, що є особливо важливим в умовах геополітичної нестабільності та коливань світових цін, задовольняти внутрішній споживчий попит населення та відкриває можливості для її експорту. Це зміцнює економіку країни, збільшує валютні надходження та підвищує статус цієї підгалузі як постачальника якісних продуктів харчування на світовий ринок. Форель вважається "королівською рибою", тому має високий попит у преміум-сегменті, що дає змогу отримувати дохід не лише від живої риби, а й від переробленої продукції (ікра, філе, копченості тощо).

В умовах сучасного конкурентного ринку та глобального контексту, індустрія аквакультури все більше визнає необхідність використання інтелектуальних технологій управління для усунення збоїв у процесі вирощування форелі. Наприклад, забезпечення виробництва продукції аквакультури у великих масштабах вимагає постійного моніторингу споживання корму та факторів, пов'язаних з якістю води, особливо розчиненого кисню, температури, pH, лужності, загальної жорсткості, рівня вільного аміаку та вуглекислоти, нітратів, фосфатів, які вважаються екологічними показниками водойми та потребують регулювання для одержання високих результатів діяльності підприємства. Постійний моніторинг є життєво важливим для запобігання таким негативним явищам як уповільнення темпів росту риби та неочікувана її загибель (Caramel et al., 2014; Sidoruk & Ireneusz, 2018; Chowdhury et al., 2025).

У сучасній аквакультурі, годівля форелі спеціалізованими високопоживними комбікормами відповідно до існуючих норм є одним із ключовим чинників, що визначає її продуктивні якості і, як наслідок, ефективність роботи рибоводного підприємства в цілому.

Годівля форелі – це не лише питання складу раціону. Відомо, що форель не може інтенсивно рости, якщо в її раціоні є дефіцит необхідних поживних речовин, але також доведено, що повноцінний раціон

не може дати потрібного ефекту, якщо він не згодовується належним чином.

Оптимізація годівлі дозволяє не тільки повністю реалізувати генетичний потенціал форелі, а й підвищити ефективність використання дорогих кормів та отримати максимальні прибутки виробникам рибної продукції, уникаючи екологічних проблем (Barani et al., 2019).

Водночас слід зазначити, що корми є суттєвою статтею витрат у технологічному процесі вирощуванні райдужної форелі, а їх вартість у структурі собівартості виробництва продукції зазвичай коливається в межах 40–70 % (Kamalam et al., 2020).

Крім того, годівля у форелівництві, якщо вона не керована належним чином, призводить до надмірного потрапляння у водойму антропогенних біогенних речовин, що надходять, головним чином, з кормами або з продуктами метаболізму, що утворюються рибою. Це спричиняє різні екологічні проблеми, включаючи евтрофікацію водойм та спалахи різних хвороб риби (Caramel et al., 2014; Jean-Marc et al., 2018; Singh & Srivastava 2021).

З огляду на це, у процесі вирощування форелі необхідно орієнтуватись на точні розрахунки необхідної добової норми корму з урахуванням маси, віку та щільності посадки риби, температури води, вмісту розчинного у воді кисню, водообміну в ставу або басейні, якості корму тощо (Pivtorak & Bobel, 2018; Bozhyk & Bozhyk, 2020). Визначення добової норми годівлі форелі – це ключовий аспект успішного ведення рибництва. Як показує практика, надмірна годівля форелі призводить до непродуктивних витрат кормів і забруднення водойм, а недостатня – до уповільнення темпів росту риби. У тому чи іншому випадках знижуються конверсія корму й ефективність годівлі.

Сьогодні для визначення добових норм годівлі різних вікових груп форелі використовують декілька методів: метод Д'юела (Charles R. Deuel), метод Пайла (Earl A. Pile), метод Хаскелла (David C. Haskell) та метод Віллоубі (H. Willoughby). Кожен із цих методів має свої переваги і недоліки. Тому технологу-рибоводу необхідно знати, чим вони відрізняються, коли використовуються та в яких випадках один метод ефективніший за інші.

Мета дослідження

Метою наших досліджень було вивчення різних методів розрахунку добової норми годівлі форелі з урахуванням специфіки умов її вирощування.

Матеріал і методи досліджень

Для визначення добової норми годівлі форелі за методом Д'юела використовуються спеціальні таблиці (Deuel, et al., 1952).

Для визначення добової норми годівлі форелі за методом Пайла використовується наступна формула:

$$Y = [(X - X_1) \times (Y_1 - Y_2) / (X_1 - X_2)] + Y_1, \quad (1)$$

де Y – добова норма годівлі риб, %; X – середня маса риби, г; X_1 – середня маса попередньої розмірно-вагової групи, г (за таблицями Д'юла); X_2 – середня маса наступної розмірно-вагової групи (за таблицями Д'юла), г; Y_1 – добова норма годівлі риби масою X_1, %; Y_2 – добова норма годівлі риби масою X_2, % (Phillips, 1970).

Для визначення добової норми годівлі форелі за методом Хаскелла використовується наступна формула:

$$Y = (a \times 3 \times \Delta l \times 100) / l, \quad (2)$$

де Y – добова норма годівлі риби, %; a – кормовий коефіцієнт корму; 3 – постійна величина (коефіцієнт для перетворення довжини у масу); Δl – середньодобовий приріст довжини риби, см; l – середня довжина риби в день годівлі, см (Haskell, 1959).

Середньодобовий приріст довжини риби визначається шляхом ділення середньомісячного приросту на кількість днів у місяці, а середньомісячний – за даними попередніх років.

Для визначення необхідної кількості корму на добу для форелі за методом Віллоубі використовується наступна оригінальна формула:

$$К = (О_п - О_к) \times 86{,}4 \times Д / 200, \quad (3)$$

де К – кількість корму, кг/добу; $О_п$ – вміст кисню у воді на вході у став або басейн, мг/л; $О_к$ – вміст кисню у воді на витоку зі ставу або басейну, мг/л; 86,4 – стандартне значення для перерахунку (об'єм води, який протікає через систему за одну добу (24 години), якщо швидкість потоку становить 1 л/с), м³/добу; Д – швидкість потоку води, л/с; 200 – кількість кисню необхідного для перетравлення рибою 1 кг корму, г (Buterbaugh & Willoughby, 1967).

Згодом цю формулу адаптували для практичної роботи форелевих господарств і вона набула наступного вигляду:

$$К = (О_п - О_к) \times 1{,}44 \times n / 83{,}3 \times С, \quad (4)$$

де Y – кількість корму на день, кг / доб; $О_п$ – вміст кисню у воді на вході у став або басейн, мг/л; $О_к$ – вміст кисню у воді на витоку зі ставу або басейну, мг/л); 1,44 – кількість води (т/добу) за інтенсивності подачі 1 л/хв на 1 кг риби; 83,3 – необхідна кількість кисню для засвоєння рибою 1 ккал сухого гранульованого корму, мг; С – калорійність корму, тис. ккал/кг; n – водообмін, л/хв.

Величину водообміну розраховують за наступною формулою:

$$n = V / k, \quad (5)$$

де n –водообмін, л/хв; V – об'єм води у ставу або басейні, л; k – зміна води у ставу або басейні, хв.

Результати та їх обговорення

Метод Д'юела (часто згадується як методика Deuel Feed Rate або Deuel Feeding Table) – це найбільш розповсюджений і добре перевірений на практиці підхід до визначення оптимальних норм годівлі форелі. Метод був розроблений Ч. Р. Д'юелєм у 50-х роках минулого століття для потреб рибницьких господарств штату Нью-Йорк. Він передбачає використання спеціальних таблиць, які враховують середню масу риби та температуру води, вказуючи добову норму годівлі у відсотках від біомаси (табл. 1).

У подальшому, норми годівлі лососевих риб, у тому числі й райдужної форелі, в таблицях Д'юла були уточнені вченими О. М. Канід'євим і Є. О. Гамигіним у бік збільшення (Grycynjak, 2007).

Метод зручний, особливо в умовах невеликих форелевих господарств. Використання його забезпечує стабільний приріст риби, запобігає її перегодовуванню, що може призводити до забруднення водойм, а також дозволяє ефективно витрачати корми. Окрім того, Ч. Р. Д'юелєм розроблені кормові таблиці для визначення добових норм годівлі форелі не тільки сухими гранульованими комбікормами, а й пастоподібними кормовими сумішами.

Проте цей метод має й недоліки. По-перше, кормові таблиці групують риб за розмірно-ваговими категоріями, які мають широкий діапазон. Наприклад, за температури води 8 °С для форелі масою 4,9 г добова норма корму становить 2,8 % від маси тіла, а для риби масою 5,1 г – вже 2,2 %. Таким чином, за невеликої зміни маси риби значно змінюється добова норма. По-друге, ці таблиці розраховані на корми, що містять не менше 38–40 % сирого протеїну і 2500-3050 ккал/кг перетравної енергії (визначається як валова енергія мінус енергія неперетравної частини кормів). Для кормів, що не відповідають цим вимогам, таблиці не зовсім придатні. По-третє, метод не враховує індивідуальні особливості риби (стан здоров'я, активність споживання корму) та зміни умов її вирощування (сезон року, вміст розчинного у воді кисню, якість корму, інтенсивність годівлі тощо).

Для сучасного індустріального рибництва рекомендується поєднувати даний метод із реальними спостереженнями, біомоніторингом та автоматичними системами контролю годівлі.

Таблиця 1

Добові норми годівлі райдужної форелі сухими гранульованими кормами залежно від температури води і маси риб, % маси тіла (за Д'юелем)

t води, °С	Маса риби, г										
	<0,2	0,2–2,0	2–5	5–12	12–25	25–40	40–60	60–100	100–150	150–200	>200
2	2,6	2,2	1,7	1,3	1,0	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5	0,4
3	2,8	2,3	1,8	1,4	1,1	0,9	0,7	0,6	0,6	0,5	0,4
4	3,1	2,5	2,0	1,6	1,2	1,0	0,8	0,7	0,6	0,6	0,5
5	3,3	2,7	2,2	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
6	3,6	3,0	2,4	1,9	1,5	1,2	1,0	0,8	0,8	0,7	0,6
7	3,9	3,2	2,6	2,0	1,6	1,3	1,1	0,9	0,8	0,8	0,7
8	4,2	3,5	2,8	2,2	1,7	1,4	1,2	1,0	0,9	0,8	0,7
9	4,5	3,8	3,1	2,4	1,8	1,5	1,3	1,1	1,0	0,9	0,8
10	4,9	4,2	3,3	2,6	2,0	1,6	1,4	1,2	1,1	0,9	0,8
11	5,3	4,5	3,6	2,8	2,1	1,7	1,5	1,3	1,1	1,0	0,9
12	5,7	4,8	3,9	3,0	2,3	1,8	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
13	6,2	5,2	4,2	3,2	2,4	2,0	1,7	1,5	1,3	1,1	1,1.
14	6,7	5,6	4,5	3,5	2,6	2,1	1,8	1,6	1,4	1,2	1,2
15	7,2	6,0	4,9	3,8	2,8	2,3	1,9	1,7	1,5	1,3	1,3
16	7,7	6,4	5,2	4,1	3,1	2,5	2,0	1,8	1,6	1,4	1,3
17	8,3	6,8	5,6	4,4	3,3	2,7	2,1	1,9	1,7	1,5	1,4
18	8,8	7,3	6,0	4,8	3,5	2,8	2,2	2,0	1,8	1,6	1,5
19	9,3	7,9	6,4	5,1	3,8	3,0	2,3	2,1	1,9	1,7	1,6
20	9,9	8,2	6,9	5,5	4,0	3,2	2,5	2,2	2,0	1,8	1,7

Для більш точного визначення норм годівлі форелі, американський вчений Е. А. Пайл використав метод інтерполяції даних таблиць Д'юела і запропонував формулу (1) для їх розрахунку.

Приклад. Визначимо добову норму годівлі форелі масою 5,1 за температури води 8 °С методом Пайла. У цьому випадку: X_1 =3,5 г; X_2 = 18,5 г; Y_1 = 2,8 %; Y_2 = 1,7 %.

Підставивши у формулу одержані величини, знаходимо добову норму годівлі:

$$Y = [(5{,}1 - 3{,}5) \times (2{,}8 - 1{,}7) / (3{,}5 - 18{,}5)] + 2{,}8 = 2{,}68\ \%.$$

Для порівняння, за таблицею Д'юела, за аналогічних умов, добовий раціон становитиме 2,2 % від маси риби. Відповідно, метод Пайла суттєво уточнює дані таблиць Д'юела.

Використання на практиці методу Пайла можна досягти більш стабільного та передбачуваного росту форелі, підвищити конверсію корму, зміцнити імунітет риби та знизити її схильність до захворювань і, як наслідок, значно підвищити економічну ефективність виробництва товарної форелі. Проте, він не усуває недоліки, які притаманні методу Д'юела.

За годівлі форелі важливо, щоб калорійність корму відповідала оптимальному рівню: для гранульованого стартового корму – 3–3,5 тис. ккал/кг; продукційного – 2,5–3 тис. ккал/кг. Якщо вміст енергії виходить за ці межі, необхідно робити коригування добової норми корму за формулою:

$$Y = ab/c, \qquad (6)$$

де Y – добова норма корму з калорійністю, що не відповідає оптимальному рівню, % маси тіла риби; a – оптимальна калорійність корму, ккал/кг; b – добова норма годівлі, % маси тіла риби (дані таблиці); c – калорійність корму, що використовується, ккал/кг.

Ще одним видатним вченим у галузі аквакультури, який працював разом з Ч. Р. Д'юелом, був Д. С. Хаскелл. Їхні спільні наукові дослідження мали значний

вплив на формування практик годівлі форелі у рибницьких господарствах.

Д. С. Хаскелл розробив математичну формулу (2) для визначення добової норми годівлі форелі, на основі коефіцієнта конверсії корму, температури води та добового збільшення довжини риби. Цей підхід став основою для багатьох таблиць годівлі, які використовуються і сьогодні, хоча й із сучасними модифікаціями.

Метод Хаскелла застосовується для розрахунку добової норми годівлі форелі між двома часовими інтервалами з відомою довжиною риби. Інтервал зазвичай визначає технолог форелевого господарства. Він може становити день, тиждень або місяць. На практиці 14-денний період росту риби (інтервал) виявився найнадійнішим. Проте, вивчалася доцільність використання і більш тривалих періодів (до 28 днів). Основною причиною вибору 14-денного періоду є зменшення похибки, спричиненої зростанням коефіцієнта перетворення довжини риби у її масу.

Цей метод найкраще підходить для форелевих господарств, що постачаються водою постійної температури. Проте, його можна застосовувати і в інших господарствах, якщо враховувати зміни швидкості росту риби, пов'язані зі змінами температури води. Для форелевих господарств, у яких температура води змінюється протягом періоду вирощування, середньодобовий приріст довжини риби орієнтовно можна вирахувати за формулою:

$$\Delta l = t / 350, \quad (7)$$

де Δl – середньодобовий приріст довжини риби, см; t – середня температура води, добова або місячна, °C.

Приклад. За даними, одержаними за період з 1 по 30 червня минулого року, форель виросла з 5,0 до 6,25 см, тобто місячний приріст склав 1,25 см. Відповідно середньодобовий приріст довжини риби (Δl) дорівнює 0,042 см (1,25:30). Рибу годували гранульованим кормом, кормовий коефіцієнт якого дорівнював 1,5.

Добова норма годівлі буде дорівнювати:

на 1 червня = (1,5 ×3× 0,042 × 100) / 5 = 3,78 %;

на 15 червня = (1,5 × 3 × 0,042 × 100) / [5 + (0,042 × 15)] = 3,36 %;

на 30 червня = (1,5 × 3 × 0,042 × 100) / [5 + (0,042 × 30)] = 3,02 %.

Переваги методу Хаскелла:

– наукова обґрунтованість – це був один із перших системних підходів до нормування годівлі форелі, що ґрунтувався на емпіричних даних та математичних розрахунках, а не лише на практичному досвіді;

– відносна простота застосування – хоча формула виглядає складно, вона дозволила створити простіші таблиці годівлі, які стали надзвичайно популярними серед рибоводів. Ці таблиці дозволяють швидко визначити, скільки корму потрібно згодовувати щоденно рибі певного розміру за певної температури води;

– добова норма годівлі риби не залежить від хімічного складу і калорійності раціону, які в умовах господарств можуть часто змінюватися;

– оптимізація витрат корму – точніші розрахунки норми годівлі допомагають уникнути надмірної годівлі (що призводить до зайвих витрат корму та забруднення водойми) або недостатньої годівлі (що сповільнює ріст риби);

– сприяння інтенсифікації рибництва – можливість точно розрахувати потреби у кормі сприяє більш ефективному плануванню виробництва та інтенсифікації вирощування форелі;

– база для подальших досліджень – метод став відправною точкою для розробки більш складних і детальних моделей годівлі, які враховують більше факторів (наприклад, вміст білка та жиру у кормі, рівень активності риби, якість води тощо).

Проте, метод Хаскелла не є динамічним у реальному часі. Він надає рекомендації на основі усереднених значень і не може швидко адаптуватися до раптових змін умов водного середовища (наприклад, різке зниження температури води, вмісту розчинного у воді кисню тощо). Також він не враховує рід чинників, які безпосередньо можуть впливати на апетит риби, перетравність нею поживних речовин корму та їх засвоюваність, зокрема: якість води, щільність посадки риби (висока чи низька), її стан здоров'я (хвора чи здорова), генетичні особливості різних видів і підвидів форелі. Крім того, метод базується на приблизних розрахунках або припущеннях щодо "очікуваного коефіцієнта конверсії корму", який, насправді, сам залежить від багатьох змінних, включаючи точність годівлі. І нарешті, метод не виключає "ручного коригування" норм годівлі риби, оскільки жодна формула не може ідеально врахувати всі нюанси технологічного процесу вирощування форелі.

Водночас, слід зазначити, що три вищеперераховані методи визначення добової норми годівлі форелі (Д'юела, Пайла та Хаскелла) не враховують такого важливого показника як вміст розчинного у воді кисню, від якого безпосередньо залежить споживання рибою корму і за яким коригують добові норми годівлі.

Відомий американський вчений в галузі аквакультури Г. Віллоубі досліджуючи взаємозв'язок між кількістю спожитого рибою корму, його енергетичною цінністю та потребою в кисні для окислення поживних речовин в організмі запропонував систему розрахунків, що лягла в основу формули (3) за якою можна визначити необхідну кількість корму на добу для годівлі форелі.

Він, разом із Д. С. Хаскеллом і Г. Л. Бутербо, є автором фундаментальних праць, щодо розробки норм годівлі форелі, які стали основою для практичного рибництва. Заслуга Г. Віллоубі та його колег полягає у перетворенні наукових принципів щодо годівлі різних видів форелі (струмкової, коричневої, райдужної) на доступні та зрозумілі практичні рекомендації для рибоводів, що стало стандартом у галузі на десятиліття.

Він зокрема встановив, що для засвоєння певної кількості корму форель споживає фіксовану кількість кисню і що метаболізм її подвоюється на кожні 10 °C підвищення температури води. Це є основою для корегування норм годівлі форелі.

Метод Віллоубі, що базується на очікуваному метаболізмі риб, сьогодні широко використовується як практичний інструмент для керування годівлею та

кисневим режимом у форелевих господарствах. Метод вважається одним із найбільш комплексних, проте потребує систематичного моніторингу гідрохімічних показників, що ускладнює його використання у невеликих господарствах.

Приклад. Визначити кількість корму на день для годівлі дволіток форелі, що вирощується у нагульному ставу площею 200 м^2 і глибиною 1, якщо вміст кисню у воді на вході у став 11 мг/л, вміст кисню у воді на витоку зі ставу 7 мг/л, калорійність корму 3 тис. ккал, зміна води у ставу за 60 хв.

Знаходимо спочатку величину водообміну у нагульному ставу з об'ємом води 200000 л (200 м^2 × 1 м = 200 м^3):

$$200000 / 60 = 3333 \text{ л/хв.}$$

Добова потреба форелі у кормі буде становити:

$$(11 – 7) \times 1{,}44 \times 3333 / 83{,}3 \times 3{,}0 = 76{,}8 \text{ кг/добу.}$$

Переваги методу Віллоубі:

– прив'язка до реальних умов водопостачання – добова кількість корму напряму залежить від кількості кисню, що реально доступний для риби у конкретному ставку або басейні. Це робить розрахунок "біологічно обґрунтованим";

– запобігання дефіциту кисню – розрахунок гарантує, що за певного водообміну та за збереження допустимого вмісту кисню на виході зі ставу (не менше 7 мг/л), годівля не призведе до замору риби;

– адаптивність – легко дозволяє перерахувати норму годівлі за зміни вмісту розчинного у воді кисню, величини водообміну та калорійності корму;

– простота практичного використання – рахунок зводиться до простих множень і ділення (всі коефіцієнти вже є у формулі);

– універсальність – підходить як для басейнових, так і для ставових форелевих господарств із проточною водою. Дозволяє визначити величину добового раціону для будь-яких розмірно-вагових груп форелі.

Проте, метод Віллоубі дозволяє визначити тільки максимальну норму корму, яку можна згодовувати форелі без ризику дефіциту кисню, а не оптимальну норму корму для її запланованого приросту. Тому його слід використовувати разом із іншими методами. Окрім того, метод не враховує фактичну швидкість росту різних вікових груп форелі.

Висновки

Визначення добової норми годівлі форелі – це не просто технічний розрахунок, а комплексний підхід, що має ключове значення для ефективного та сталого ведення рибного господарства. Правильно розрахована кількість корму дозволяє досягти високих темпів росту форелі, сформувати у неї міцний імунітет, запобігти захворюванням, покращити якість товарної продукції, раціонально використовувати корми, ефективно планувати обсяги виробництва та продажу товарної продукції, а також сприяє збереженню екологічного балансу у ставках.

Усі наявні таблиці та формули для визначення добової норми годівлі форелі слід розглядати лише як орієнтовні. Це зумовлено тим, що вони враховують лише обмежене коло показників, таких як маса риби, температура води, вміст розчинного у воді кисню, поживна цінність корму. Водночас, у реальних умовах функціонування рибного господарства на ефективність годівлі впливають й інші чинники, які залишаються поза межами розрахункових моделей. До них належать якісний склад води, щільність посадки, активність, стан здоров'я риби, а також технологічні особливості систем вирощування. Саме тому практичне використання таких розрахункових рекомендацій потребує коригування на основі безпосередніх спостережень за поведінкою риби, споживанням нею корму та адаптації до конкретних умов господарства.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

Barani, H. K., Dahmardeh, H., Miri, M., & Rigi, M. (2019). The effects of feeding rates on growth performance, feed conversion efficiency and body composition of juvenile snow trout, Schizothorax zarudnyi. Iranian Journal of Fisheries Sciences, 18(3), 507–516. DOI: 10.22092/ijfs.2019.118285.

Bobel', I. Ju., Pivtorak, Ja. I., & Petryshak, R. A. (2018). Ekonomichna efektyvnist' vyroshhuvannja tovarnoi' foreli u fermers'kyh gospodarstvah Zahidnoi' Ukrai'ny za umov godivli kormamy Aller Aqua. Naukovyj visnyk L'vivs'kogo nacional'nogo universytetu veterynarnoi' medycyny ta biotehnologij imeni S. Z. G'zhyc'kogo. Serija : Sil's'kogospodars'ki nauky, 20(89), 71–74. DOI: 10.32718/nvlvet8913 (in Ukrainian).

Bobel, I. Yu., & Pivtorak, Ya. I. (2018). Stratehiia efektyvnosti hodivli foreli kormamy Aller aqua. Naukovyi visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu veterynarnoi medytsyny ta biotekhnolohii. Serija: Sil's'kogospodars'ki nauky, 20(84), 88–92. DOI: 10.15421/nvlvet8416 (in Ukrainian).

Bozhyk, V. J., & Bozhyk, O. V. (2020). Osoblyvosti tehnologii' vyroshhuvannja rajduzhnoi' foreli u PP Zahidna rybna kompanija, za godivli kombikormamy Aguafeed Fischfutteer. Naukovyi visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu veterynarnoi medytsyny ta biotekhnolohii. Serija: Sil's'kogospodars'ki nauky, 22(93), 142–147. DOI: 10.32718/nvlvet-a9324 (in Ukrainian).

Buterbaugh, G. L., & Willoughby, H. (1967). A Feeding Guide for Brook, Brown, and Rainbow Trout. The Progressive Fish-Culturist, 29, 210–215. DOI: 10.1577/1548-8640(1967)29[210:AFGFBB]2.0.CO;2.

Caramel, B., Moraes, M., Carmo, C., Vaz-dos-Santos, A., Tabata, Y., Osti, J., Ishikawa, C., Cerqueira, S., & Mercante, C. (2014). Water Quality Assessment of a Trout Farming Effluent, Bocaina, Brazil. Journal of Water Resource and Protection. 6(6), 909–915. DOI: 10.4236/jwarp.2014.610086.

Chowdhury, A., Kabir, K. H., McQuire, M., & Burea, D. P. (2025). The dynamics of digital technology adoption in

rainbow trout aquaculture: exploring multi-stakeholder perceptions in Ontario using Q methodology and the theory of planned behaviour. Aquaculture, 594, 741460. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2024.741460.

D'Agaro, E., Gibertoni, P., & Esposito, S. (2022). Recent Trends and Economic Aspects in the Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Sector. Applied Sciences, 12(17), 8773. DOI: 10.3390/app12178773.

Deuel, C. R., Haskell, D. C., Brockway, D. R., & Kingsbury, O. R. (1952). New York State Fish Hatchery feeding chart. 3rd edition. New York Conservation Department, Albany, N. Y.

Grycynjak, I. I. (2007). Naukovo-praktychni osnovy racional'noi' godivli ryb. Rybka moja, Kyi'v (in Ukrainian).

Haskell, D. C. (1959). Trout growth in hatcheries. New York Fish and Game Journal, 6(2), 204–237.

Jean-Marc, R., Alexis, G., Dominique, H., Martine, P., Marc, R., & Hervé, L. B. (2018). Feeding the river: The fate of feed-pellet-derived material escaping from land-based trout farms. Aquaculture, 495, 172–178. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2018.05.050.

Jegorov, B. V., & Figurs'ka, L. V. (2011). Stan ta perspektyvy rozvytku forelivnyctva u rybovodnyh gospodarstvah Ukrai'ny. Zernovi produkty i kombikormy, 2, 37–39 (in Ukrainian).

Kamalam, B. S., Rajesh, M., & Sadasivam, K. (2020). Nutrition and Feeding of Rainbow Trout (Oncorhynchus mykiss). In book: Fish nutrition and its relevance to human health. CRC Press, Taylor and Francis Group. Chapter 12, 299–332. DOI: 10.1201/9781003107583-12.

Kofonov, K., Potrokhov, O., Hrynevych, N., Zinkovskyi, O., Khomiak, O., Dunaievska, O., Rud, O., Kutsocon, L., Chemerys, V., Gutyj, B., Fijalovych, L., Vavrysevych, J., Todoriuk, V., Leskiv, K., Husar, P., & Khumynets, P. (2020). Changes in the biochemical status of common carp juveniles (Cyprinus carpio L.) exposed to ammonium chloride and potassium phosphate. Ukrainian Journal of Ecology, 10(4), 137–147. DOI: 10.15421/2020_181.

Motaghed, M., Moghadam, A. D., & Seyedan, S. M. (2025). Analysis of economic indicators of trout farm fisheries (Case study: Hamedan Province). Iranian Scientific Fisheries Journal, 34(1), 37–49. DOI: 10.22092/ISFJ.2025.133370.

Njue, J. N., & Macharia, D. (2015). Factors Affecting the Development of Rainbow Trout Fish Aquaculture: Case of Mathira West District, Nyeri County Kenya. International Journal of Humanities and Social Science, 5(6), 161–170.

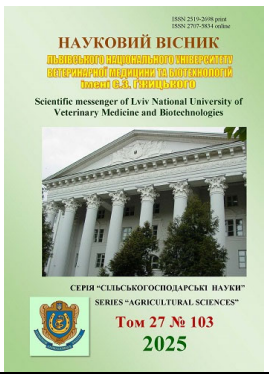
Phillips, A. M. (1970). Manual of fish culture. Trout feeds and feeding. Bureau of Sport Fisheries and Wildlife, Washington.

Sidoruk, M., & Cymes, I. (2018). Effect of Water Management Technology Used in Trout Culture on Water Quality in Fish Ponds. Water, 10(9), 1264. DOI: 10.3390/w10091264.

Singh, A. K., & Srivastava, S. C. (2021). Improved feeding strategy to optimize growth and biomass for up-scaling rainbow trout Oncorhynchus mykiss (Walbaum 1792) farming in Himalayan region. Aquaculture, 542, 736851. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2021.736851.

Stoyanova, S., Staykov, Y., Zhelyazkov, G., Sirakov, I., & Nikolov, G. (2016). Fish production and some traits of meat quality in rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) farmed in different production systems. Agricultural Science and Technology, 8, 346–350. DOI: 10.15547/ast.2016.04.067.

Vodianitskyi, O., Potrokhov, O., Hrynevych, N., Khomiak, O., Khudiyash, Y., Prysiazhniuk, N., Rud, O., Sliusarenko, A., Zagoruy, L., Gutyj, B., Dushka, V., Maxym, V., Dadak, O., & Liublin, V. (2020). Effect of reserviour temperature and oxygen conditions on the activity of Na-K pump in embrios and larvae of perch, roach, and ruffe. Ukrainian Journal of Ecology, 10(2), 184–189. DOI: 10.15421/2020_83.



Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького. Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences

ISSN 2519–2698 print
ISSN 2707-5834 online

doi: 10.32718/nvlvet-a10304
https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture

UDC 556. 504.453.03:628

Hydrochemical assessment of the ecological state of the Western Bug River within the Lviv region

V. V. Butsiak✉

Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, Lviv, Ukraine

Article info

Received 05.06.2025
Received in revised form 07.07.2025
Accepted 08.07.2025

Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, Pekarska Str., 50, Lviv, 79010, Ukraine.
Tel.: +38-097-121-58-21
E-mail: v.butsyak@gmail.com

Butsiak, V. V. (2025). Hydrochemical assessment of the ecological state of the Western Bug River within the Lviv region. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 27(103), 31–35. doi: 10.32718/nvlvet-a10304

The basin of the Western Bug River serves as a source of water supply for many settlements in the Lviv region, with key cities including Sheptytskyi, Sokal, Velyki Mosty, and Kamianka-Buzka. At the same time, numerous industrial enterprises operate within the river basin, including coal mining, machine-building, food processing, and woodworking industries. Agricultural development of the territory also exerts a significant impact on water quality through the discharge of wastewater and surface runoff from arable lands. Special attention in studying the qualitative indicators of surface waters in the Western Bug basin was given to biogenic compounds such as nitrates, phosphates, and ammonium nitrogen. Their excessive concentrations are the main cause of eutrophication of water bodies, leading to the intensive growth of algae, deterioration of the oxygen regime, reduction of biodiversity, and death of aquatic organisms. Within this study, particular emphasis is placed on the analysis of physico-chemical parameters of water, major ions, biogenic components, microelements, heavy metals, phenols, petroleum products, and biochemical indicators (biochemical oxygen demand BOD_5; chemical oxygen demand COD). For objectivity of results, modern sampling and laboratory analysis methods standardized according to Ukrainian DSTU and European Union recommendations will be used. The study of hydrochemical parameters of the Western Bug River within the Lviv region made it possible to systematize the current state of the aquatic environment, identify the main factors influencing water quality, and develop recommendations for its improvement. A significant impact of human activity was revealed, particularly from agriculture, industry, and domestic wastewater, on the hydrochemical state of the river. The accumulation of harmful substances leads to degradation of the aquatic environment, posing threats to human health and biodiversity. The conducted analysis of hydrochemical indicators showed that water quality within the Lviv region varies depending on seasonal, climatic, and anthropogenic factors. The main pollutants are nitrogen and phosphorus compounds from agricultural runoff; chemical substances of industrial origin; and organic pollutants from domestic wastewater. This results in increased water hardness, higher salt concentrations, and deterioration of the ecological state of the watercourse. The results of this work indicate the necessity of a comprehensive approach to water resource monitoring and management, which is a key factor for the sustainable development of the region. Improving the water quality of the Western Bug River requires an integrated approach based on the combination of modern technologies, effective policies, active community participation, and the involvement of international experience. Such an approach will not only preserve the water resources of the Western Bug but also create a foundation for the sustainable development of the region.

Keywords: *Western Bug River basin, qualitative hydrochemical parameters of surface waters, main sources of pollution, anthropogenic impact.*

Гідрохімічна оцінка екологічного стану річки Західний Буг у межах Львівської області

В. В. Буцяк✉

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Ґжицького, м. Львів, Україна

Басейн річки Західний Буг є джерелом водопостачання для багатьох населених пунктів Львівщини, серед яких ключовими є такі міста, як Шептицький, Сокаль, Великі Мости, Кам'янка-Бузька. Водночас у басейні річки функціонують численні промислові підприємства, включно з підприємствами вугільної промисловості, машинобудування, харчової промисловості, деревообробки. Сільськогосподарське освоєння території також чинить значний вплив на якість води через надходження стічних вод і поверхневого змиву з орних земель. Особливу увагу щодо дослідження якісних показників поверхневих вод басейну річки Західний Буг було приділено біогенним сполукам у воді, таким як нітрати, фосфати, амонійний азот. Їх надмірна концентрація є основною причиною евтрофікації водних об'єктів, що призводить до інтенсивного розвитку водоростей і погіршення кисневого режиму, зниження біорізноманіття, загибелі водних організмів. У межах цього дослідження особливий акцент буде зроблено на аналізі фізико-хімічних параметрів води, основних йонів, біогенних компонентів, мікроелементів, важких металів, фенолів, нафтопродуктів та біохімічних показників (біохімічне споживання кисню БСК$_5$; хімічне споживання кисню ХСК) Для об'єктивності результатів використовуватимуться сучасні методики пробо-відбору та лабораторного аналізу, стандартизовані за українськими ДСТУ та рекомендаціями Європейського Союзу. Дослідження гідрохімічних показників річки Західний Буг у межах Львівської області дозволило систематизувати сучасний стан водного середовища, визначити основні фактори впливу на якість води та розробити рекомендації щодо її поліпшення. Виявлено значний вплив діяльності людини, зокрема сільського господарства, промисловості та побутових стоків на гідрохімічний стан річки. Накопичення шкідливих речовин призводить до деградації водного середовища, загрожує здоров'ю населення та біорізноманіттю. Проведений аналіз гідрохімічних показників показав, що якість води в межах Львівської області варіюється залежно від сезонних, кліматичних та антропогенних факторів. Основними забруднювачами є: сполуки азоту і фосфору, що надходять із сільськогосподарських стоків; хімічні речовини промислового походження; органічні забруднювачі від побутових стоків. Це призводить до підвищення жорсткості води, збільшення концентрації солей та погіршення екологічного стану водотоку. Результати роботи свідчать про необхідність комплексного підходу до моніторингу і управління водними ресурсами, що є ключовим чинником сталого розвитку регіону. Поліпшення якості води річки Західний Буг потребує інтегрованого підходу, в основі якого лежить поєднання сучасних технологій, ефективної політики, активної участі громади та залучення міжнародного досвіду. Такий підхід дозволить не лише зберегти водні ресурси Західного Бугу, а й створити основу для сталого розвитку регіону.

Ключові слова: *басейн річки Західний Буг, якісні гідрохімічні показники поверхневих вод, основні джерела забруднення, антропогенне навантаження.*

Вступ

Сучасний стан навколишнього середовища, зокрема водних ресурсів, є одним із найважливіших показників екологічної стабільності будь-якого регіону (Vodianitskyi et al., 2020; Kofonov et al., 2020; Prychepa et al., 2021). Вода є одним із основних елементів біосфери, необхідних для існування живих організмів, включно з людиною. Особливо гостро це питання постає за повномасштабної військової агресії росії проти України, за значного зростання техногенного навантаження на довкілля як в локальному, так і глобальному масштабах, зокрема водних об'єктів і джерел водопостачання, а також у регіонах із високим антропогенним навантаженням, до яких належить і Львівська область (Terpay, 2019; Hnatyuk, 2020).

Річка Західний Буг, що протікає територією Львівської області, є однією з найбільших річок України і має стратегічне значення як для регіону, так і для України загалом. Вона є важливою частиною басейну Вісли, яка впадає у Балтійське море. Це транскордонна річка, що протікає територією трьох держав: України, Польщі та Білорусі. Особливе значення мають її води для водопостачання, сільського господарства, промисловості, енергетики, а також для підтримання екологічної рівноваги регіону (Tsvietova et al., 2013; Matsuska et al., 2018).

На жаль, за останні десятиліття якість води у Західному Бузі значно погіршилася. Основними чинниками цього процесу є зростання антропогенного навантаження, неефективна робота очисних споруд, скиди промислових і побутових стоків, надходження забруднюючих речовин із сільськогосподарських угідь, включно з мінеральними добривами та пестицидами. Додатково негативний вплив мають кліматичні зміни, які спричиняють коливання рівнів води, зміну гідрологічного режиму річки та відповідно концентрацій забруднюючих речовин (Melnyk, 2021).

Оцінка гідрохімічних показників вод Західного Бугу є необхідною передумовою для розуміння екологічного стану річки, розробки ефективних заходів охорони водних ресурсів та оптимізації водокористування у регіоні. Комплексний гідрохімічний аналіз дозволяє визначити концентрацію основних іонів, біогенних речовин, важких металів, органічних забруднювачів та інших компонентів, що формують якість води. Саме тому проблема раціонального використання та охорони водних ресурсів набуває дедалі більшої актуальності у світовому масштабі.

Дослідження гідрохімічного складу Західного Бугу є особливо актуальним у контексті інтеграції України до європейських стандартів охорони довкілля. У світлі виконання положень Водної рамкової директиви Європейського Союзу (2000/60/ЄС) особливої ваги набуває приведення моніторингу якості вод до європейських норм. Це забезпечує можливість не лише об'єктивно оцінити стан водних об'єктів, а й інтегрувати українські водні ресурси до європейської системи управління водами (Romanyuk, 2020; Labartkava, 2023).

Мета досліджень

Метою даної роботи є комплексна оцінка гідрохімічного стану річки Західний Буг у межах Львівської області. Для досягнення поставленої мети було досліджено та проаналізовано окремі гідрохімічні показники поверхневих вод басейну річки Західний Буг; визначено рівень забруднення поверхневих вод відповідно до чинних нормативів; проведена ідентифікація основних джерел забруднення та оцінка екологічних наслідків впливу

антропогенних факторів на стан водних ресурсів регіону.

Матеріал і методи досліджень

Дослідження гідрохімічного стану річки Західний Буг у межах Львівської області проводилося відповідно до основних принципів гідрохімічного моніторингу, з урахуванням рекомендацій ВООЗ, Рамкової водної директиви ЄС (2000/60/ЕС), ДСанПіН України, а також методичних вказівок Державного агентства водних ресурсів України. Для забезпечення репрезентативності гідрохімічних характеристик Західного Бугу на території Львівської області було обрано 3 контрольні точки: верхів'я, де антропогенний вплив мінімальний; середня течія (м. Кам'янка-Бузька – точка антропогенного впливу комунальних та сільськогосподарських стоків, ТЕС); нижня течія (м. Шептицький – вплив промислових підприємств)

Дослідження проводились із урахування сезонних змін: весняна повінь (квітень); літня межень (липень–серпень) та осінній період (жовтень), що дає змогу проаналізувати гідрохімічний стан річки залежно від гідрологічних фаз. Відбір проб здійснювався на глибині 0,3–0,5 м від поверхні, в центрі потоку із використанням стерильних поліетиленових контейнерів об'ємом 1,5 л відповідно до стандарту ДСТУ ISO 5667-6:2005. Для аналізу біогенних елементів використовувались темні скляні ємності.

У лабораторних умовах здійснювався аналіз таких фізико-хімічних показників: кальцій, магній (титриметрія, ААС); хлориди (аргентометричний метод); сульфати (фотометрично); нітрати, нітрити, амоній, фосфати (фотоколориметрично); важкі метали (Pb, Cd, Hg, Zn, Cu) – атомно-абсорбційна спектрофотометрія; СПАР – фотометруванням, нафтопродукти – газова хроматографія з мас-спектрометрією. Біохімічні показники: біохімічне споживання кисню ($БСК_5$) – методом титрування; хімічне споживання кисню (ХСК) – за допомогою перманганатометрії (Strokal & Kurovska, 2024).

Отримані результати оброблялися за допомогою методів варіаційної статистики: визначенням середніх значень. Одержані дані порівнювали із ГДК для рибогосподарських водойм.

Результати та їх обговорення

Річка Західний Буг – одна з основних річкових систем Західної України, що має стратегічне екологічне та економічне значення як для регіону, так і для всієї держави. Вона є частиною басейну річки Вісли, яка впадає у Балтійське море. Загальна довжина Західного Бугу становить 772 км, з яких 392 км протікають територією України. Площа басейну річки сягає 73 500 км², з яких приблизно 26 000 км² припадають на Україну.

Витоки Західного Бугу розташовані у Львівській області, неподалік села Верхобуж Золочівського району, на північних схилах Подільської височини. У межах Львівської області річка протікає через такі великі населені пункти, як Буськ, Кам'янка-Бузька, Сокаль, Шептицький, Великі Мости, та утворює частину природного кордону між Україною і Польщею (Yaremenko & Kovalchuk, 2019).

За своїми геоморфологічними особливостями басейн Західного Бугу у Львівській області охоплює території Розточчя, Подільської височини та Волинської височини, що визначає різноманітність ландшафтів і різні гідрологічні режими приток річки. У межах області долина Західного Бугу має ширину від 1 до 4 км, а русло річки є помірно звивистим, у деяких ділянках розгалужується, утворюючи численні стариці та заболочені ділянки.

Клімат басейну річки Західний Буг у межах Львівської області помірно континентальний з достатнім зволоженням. Середньорічна температура повітря становить +7…+8 °С. Кількість опадів коливається в межах 600–700 мм на рік, з максимумом у літній період. Середня тривалість стійкого снігового покриву становить близько 80–100 днів. Саме кліматичні особливості визначають характер весняного водопілля, частоту паводків та інтенсивність стоку з сільськогосподарських угідь, що своєю чергою впливає на якість вод Західного Бугу.

Гідрологічний режим Західного Бугу формується переважно за рахунок талих снігових вод, дощових опадів та підземного живлення. Весняні паводки становлять 60–70 % річного стоку. У літньо-осінній період річка часто зазнає маловоддя, особливо в роки з недостатньою кількістю опадів (Oliynyk, 2019).

У межах Львівської області до Західного Бугу впадає низка приток, які суттєво впливають на формування його гідрологічного та гідрохімічного режиму. Основні притоки у межах Львівської області: Полтва – одна з найбільш забруднених приток через проходження через територію м. Львова, де на неї припадають значні обсяги стічних вод; Солокія – важлива притока, яка протікає через Шептицький і має значний вплив через діяльність вугільної промисловості; Рата – ще одна притока, яка проходить через населені пункти з аграрним та промисловим розвитком. Наявність приток різного ступеня забруднення обумовлює необхідність комплексного підходу до дослідження гідрохімічного стану Західного Бугу.

Річка Західний Буг виконує низку важливих функцій для регіону: господарсько-побутове водопостачання – водозабір здійснюється для забезпечення населення питною водою; промислове водопостачання – численні підприємства використовують воду Західного Бугу для технологічних потреб; сільське господарство – вода використовується для зрошення та обслуговування аграрної діяльності; енергетика – окремі ділянки річки використовуються для забезпечення роботи гідротехнічних споруд.

Стан гідрохімічних показників безпосередньо впливає на якість питної води, здоров'я населення, продуктивність сільського господарства та екологічний баланс регіону. Згідно з результатами спостережень Державного агентства водних ресурсів

України та екологічних організацій, поверхневі води Західного Бугу часто характеризуються помірним та значним рівнем забруднення, особливо у межах Львівської області (Fang & Zhang, 2017).

Нашими дослідженнями встановлено перевищення допустимих концентрацій амонійного Нітрогену (NH_4^+) та фосфатів (PO_4^{3-}) у районі м. Шептицький, що вказує на евтрофікацію води. У нижній течії річки Західний Буг також спостерігається підвищений вміст сульфатів та хлоридів (табл. 1). Основним джерелом забруднення, на нашу думку, є недостатньо очищені побутові стоки та стічні води промислових підприємств.

Біохімічне (БСК$_5$) та хімічне (ХСК) споживання кисню у верхів'ї річки Західний Буг було в межах нормативних показників для рибогосподарських водойм, а у середній та нижній течіях вони переважали ГДК відповідно для БСК$_5$ у 1,7 та 2,7 раза; для ХСК у 1,1 та 1,4 раза.

Ці показники свідчать про високий рівень органічного забруднення на ділянках, розташованих нижче міст із промисловим виробництвом та густою житловою забудовою.

Таблиця 1

Вміст біогенних елементів (нітрогенові та фосфорні сполуки) та основних йонів поверхневих водах річки Західний Буг

Показник	Верхів'я (контроль) (мг/дм³)	Середня течія (мг/дм³)	Нижня течія (мг/дм³)	ГДК для водойм
NO_3^-	0,95 ± 0,06	2,95 ± 0,18*	4,65 ± 0,22	45
NO_2^-	0,02 ± 0,006	0,06 ± 0,02	0,11 ± 0,01	0,08
NH_4^+	0,07 ± 0,01	0,31 ± 0,14	0,72 ± 0,18*	0,39
PO_4^{3-}	0,06 ± 0,091	0,42 ± 0,15*	0,76 ± 0,21*	0,3
Ca^{2+}	37,5 ± 1,20	42,3 ± 1,36	47,5 ± 2,50	200
Mg^{2+}	8,3 ± 0,91	11,4 ± 1,11	14,2 ± 1,06	50
Cl^-	20,6 ± 1,28	29,2 ± 1,66	39,4 ± 2,42	350
SO_4^{2-}	34,8 ± 2,18	55,2 ± 2,43	78,6 ± 2,85	500
БСК$_5$	2,6 ± 0,32	5,1 ± 0,78	8,1 ± 0,88	3,0
ХСК	9,8 ± 1,16	16,6 ± 1,42	21,2 ± 1,48	15,0

Таблиця 2

Вміст важких металів, СПАР та нафтопродуктів у річці Західний Буг

Показник	Верхів'я (контроль) (мг/дм³)	Середня течія (мг/дм³)	Нижня течія (мг/дм³)	ГДК для водойм
Pb	0,004 ± 0,001	0,006 ± 0,001	0,008 ± 0,0009	0,01
Cd	0,0003 ± 0,00002	0,0005 ± 0,00002	0,0007 ± 0,0012	0,001
Cu	0,018 ± 0,0002	0,03 ± 0,002	0,04 ± 0,002	0,01
Zn	0,05 ± 0,003	0,06 ± 0,003	0,08 ± 0,006	0,01
СПАР	не виявлено	0,04 ± 0,003	0,06 ± 0,003	0,05
нафтопродукти	не виявлено	0,11 ± 0,004	0,19 ± 0,023	0,2

Вміст важких металів та синтетичних поверхнево активних речовин (СПАР) перевищує нормативи, особливо у районі Шептицького та Сокаля, де активно функціонують підприємства вугільної, хімічної та машинобудівної промисловості. Періодичне перевищення допустимих концентрацій біогенних речовин і важких металів свідчить про необхідність активізації заходів щодо охорони водного середовища та впровадження інноваційних технологій очищення (табл. 3).

Таблиця 3

Відповідність якості води категоріям водокористування на основі одержаних даних

Вид використання	Відповідність у різних ділянках річки
Питне водопостачання	Не відповідає (потрібна багатоетапна очистка)
Господарсько-побутові потреби	Відносно придатна у верхів'ї (з доочисткою)
Рибогосподарське використання	Лише у верхів'ї, нижче – перевищення за БСК$_5$, ХСК, NH_4^+, важкими металами та СПАР
Рекреація (купання)	Вкрай обмежено, лише у верхній течії після очистки

Висновки

Загальна якість води річки Західний Буг у межах Львівської області є незадовільною, особливо на середній та нижній ділянках течії. Головні проблеми – евтрофікація, накопичення важких металів, перевищення біогенних елементів, показників БСК$_5$, ХСК, та СПАР.

Найбільший негативний вплив на стан Західного Бугу чинять такі фактори: скиди недостатньо очищених стічних вод промислових підприємств (зокрема підприємств вугільної промисловості, машинобудування, харчової промисловості); комунальні очисні споруди, які часто не забезпечують належного рівня очищення; сільське господарство – змив мінеральних добрив, органічних залишків,

пестицидів; нелегальні скиди відходів – особливо у межах менших населених пунктів.

Перспектива подальших досліджень. Виконана робота створює наукову основу для подальших досліджень щодо комплексного управління водними ресурсами та практичних заходів їх захисту і відновлення якості річкових вод, що буде сприяти формуванню екологічної безпеки регіону.

Відомості про конфлікт інтересів

Автор стверджує про відсутність конфлікту інтересів.

References

Fang, H., & Zhang, Q. (2017). Assessment of River Water Quality: A Comprehensive Review. Environmental Monitoring and Assessment, 189(10), 515.

Hnatyuk, O. V. (2020). Analysis of pollution of water bodies of Lviv region. Water Management of Ukraine, 2(22), 35–43 (in Ukrainian).

Kofonov, K., Potrokhov, O., Hrynevych, N., Zinkovskyi, O., Khomiak, O., Dunaievska, O., Rud, O., Kutsocon, L., Chemerys, V., Gutyj, B., Fijalovych, L., Vavrysevych, J., Todoriuk, V., Leskiv, K., Husar, P., & Khumynets, P. (2020). Changes in the biochemical status of common carp juveniles (Cyprinus carpio L.) exposed to ammonium chloride and potassium phosphate. Ukrainian Journal of Ecology, 10(4), 137–147. DOI: 10.15421/2020_181.

Labartkava, V. (2023). The ecological state of the Western Bug River as a limiting factor in the development of water tourism. Young Sports Science of Ukraine.4,141-142. URL: https://repository.ldufk.edu.ua/server/api/core/bitstreams/67952905-57d2-4c4b-b9c0-46e49eee8870/content (in Ukrainian).

Matsuska, O., Sukhorska, O., & Chaban, Y. (2018). Analysis of the dynamics of changes in the ecological state of surface waters of the Busk district. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 20(89), 79–84. DOI: 10.32718/nvlvet8915.

Melnyk, T. I. (2021). The impact of anthropogenic load on the water quality of the Western Bug. Ecology and Nature Management, 5(55), 60–70 (in Ukrainian).

Oliynyk, V. P. (2019). Methods of river water purification under conditions of industrial pollution. Water Resources of Ukraine, 3(33), 44–56 (in Ukrainian).

Prychepa, M., Hrynevych, N., Kovalenko, Yu., Vodianitskyi, O., Svitelskyi, M., Khomiak, O., Prysiazhniuk, N., Ishchuk, O., Sliusarenko, A., Kunovskii, J., Mihalskiy, O., Heiko, L., Trofymchuk, A., Gutyj, B., Levkivska, N. (2021). Diversity of aquatic animals in water bodies Opechen' (Dnipro floodplain, Ukraine). Ukrainian Journal of Ecology, 11(3), 285–291. DOI: 10.15421/2021_173.

Romanyuk, I. Yu. (2020). Peculiarities of the hydrochemical regime of the Western Bug. Ecological Studies, 1(14), 25–38 (in Ukrainian).

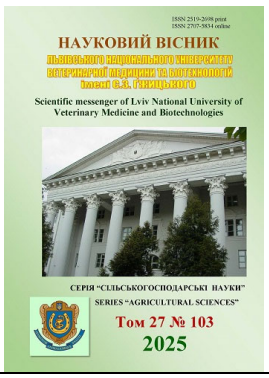
Strokal, V. P., & Kurovska, A. V. (2024). Integrated assessment of the ecological state of natural waters for different types of water supply: scientific and methodological recommendations, Kyiv: NUBiP. URL: https://dglib.nubip.edu.ua/handle/123456789/5280 (in Ukrainian).

Terpay, V. (2019). Threats to salmon and endangered fish species in Tysa river basin within trans Carpathian region (review). Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 21(91), 37–48. DOI: 10.32718/nvlvet-a9107.

Tsvietova, O. V., Turaieva, O. V., Sydorenko, O. O., Demyda, I. A., & Slyshchenko, O. A. (2013). Hydroecological state of surface waters of the Western Bug River basin. Land reclamation and water management, 100(1), 88–98. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Mivg_2013_100(1)__12 (in Ukrainian).

Vodianitskyi, O., Potrokhov, O., Hrynevych, N., Khomiak, O., Khudiyash, Y., Prysiazhniuk, N., Rud, O., Sliusarenko, A., Zagoruy, L., Gutyj, B., Dushka, V., Maxym, V., Dadak, O., Liublin, V. (2020). Effect of reserviour temperature and oxygen conditions on the activity of Na-K pump in embrios and larvae of perch, roach, and ruffe. Ukrainian Journal of Ecology, 10(2), 184–189. DOI: 10.15421/2020_83.

Yaremenko, O. M., & Kovalchuk, I. V. (2019). Pollution and restoration of water quality of the Western Bug. Water Management of Ukraine, 4(28), 37–48 (in Ukrainian).



Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького. Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences

ISSN 2519–2698 print
ISSN 2707-5834 online
doi: 10.32718/nvlvet-a10305
https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture

UDC 631.95:620.9:662.6:621/.3

Agroecological aspects of bioenergy

N. Kashchak[1,2]✉, K. Malysheva[1], O. Shtapenko[1], V. Butsyak[1]

[1]*Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, Lviv, Ukraine*
[2]*Institute of Cell Biology, National Academy of Sciences of Ukraine, Lviv, Ukraine*

Article info

Received 09.06.2025
Received in revised form 10.07.2025
Accepted 11.07.2025

Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, Pekarska Str., 50, Lviv, 79010, Ukraine.
Tel.: +38-068-791-33-80
E-mail: nataliya.kashchak@gmail.com

Institute of Cell Biology, National Academy of Sciences of Ukraine, Drahomanova Str., 14, Lviv, 79005, Ukraine.

Kashchak, N., Malysheva, K., Shtapenko, O., & Butsyak, V. (2025). Agroecological aspects of bioenergy. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 27(103), 36–57. doi: 10.32718/nvlvet-a10305

Bioenergy occupies a prominent place in debates on the global energy transition, yet its role requires critical reappraisal. Despite the intuitive appeal of biomass as a renewable carbon source, current energy yields per unit area and energy return on investment (EROI) indicate that bioenergy cannot serve as a system-forming foundation for the energy sector; rather, it should be regarded as a supplementary instrument, useful in certain applications but unable to deliver the scale and efficiency of fossil fuels or of other renewables, notably solar and wind. An analysis of greenhouse-gas emissions in the pre-industrial and industrial eras from AFOLU (Agriculture, Forestry and Other Land Use) and from fossil-fuel use indicates that the climate neutrality of bioenergy is not an inherent property but is shaped by ecological context and management practices. Within these constraints, particular avenues merit attention. Microalgae exhibit exceptionally high biomass productivity per unit area, yet their low technological readiness and unfavorable energy balances currently limit their broad deployment as a carbon feedstock for energy and chemical industries. Lignocellulosic resources remain the most realistic option for large-scale integration, provided conversion processes are optimized and land use is managed sustainably. Additional promising directions include coupling bioenergy with phytoremediation, where plants both accumulate contaminants and produce biomass that can be valorized for energy. Bioengineering approaches to develop plants that combine hyperaccumulation capacity, enhanced contaminant tolerance, deep and branched rooting systems, and high biomass yields are emphasized. The cultivation of perennial herbaceous energy crops and short-rotation woody coppice on marginal lands can contribute to soil carbon sequestration and improved soil quality. Energy recovery from biowaste is a further application area, but it requires a careful balance between energy extraction and the return of nutrients to soils. In conclusion, bioenergy should not be considered a universal substitute for fossil fuels; rather, it is a context-dependent, auxiliary tool that can generate synergies with ecosystem services such as soil restoration and the utilization of biowaste.

Keywords: *bioenergy, EROI, surface power density, AFOLU, carbon sequestration, phytoremediation.*

Агроекологічні аспекти біоенергетики

Н. Кащак[1,2]✉, Х. Малишева[1], О. Штапенко[1], В. Буцяк[1]

[1]*Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Ґжицького, м. Львів, Україна*
[2]*Інститут біології клітини, Національна академія наук України, м. Львів, Україна*

Біоенергетика посідає помітне місце в дискусіях про глобальний енергетичний перехід, проте її роль потребує критичного переосмислення. Попри інтуїтивну привабливість біомаси як відновлюваного джерела вуглецю, сучасні показники виходу енергії з одиниці площі та коефіцієнти енергетичного виходу на вкладену енергію (EROI – energy return on investment) свідчать, що біоенергетика не може стати системоутворювальною основою енергетики. Натомість її варто розглядати як допоміжний елемент, корисний у певних застосуваннях, але неспроможний забезпечити масштаб і ефективність, притаманні викопному паливу чи іншим відновлюваним джерелам, зокрема сонячній та вітровій енергетиці. Аналіз рівня викидів парникових газів у доіндустріальну та індустріальну еру від AFOLU (Agriculture, Forestry and Other Land Use – сільське господарство, лісівництво та інше землекори-

стування) і від використання викопного палива свідчить про те, що кліматична нейтральність біоенергетики не є заданою характеристикою, а формується залежно від екологічного контексту та практик управління. За цих обмежень біоенергетики окремі напрями заслуговують на особливу увагу. Мікроводорості мають винятково високий вихід біомаси з одиниці площі, проте низький рівень технологічної готовності та несприятливий енергетичний баланс поки що обмежують їхнє широке застосування як джерела вуглецю для енергетики та хімічної промисловості. Лігноцелюлозні ресурси залишаються найбільш реалістичним варіантом для масштабної інтеграції в енергосистему за умови оптимізації процесів перетворення та стійкого землекористування. Додаткові перспективні напрями охоплюють поєднання біоенергетики з фіторемедіацією, коли рослини, що акумулюють забруднювачі, дають біомасу, при утилізації якої можна отримати додатковий енергетичний ресурс. Підкреслено необхідність використання біоінженерних підходів для створення рослин, що поєднують здатність до гіперакумуляції токсинів, підвищену стійкість до них, глибоку розгалужену кореневу систему та високий вихід біомаси. Інший перспективний напрям – це вирощування багаторічних енергетичних трав'яних та короткоротаційних деревних культур на маргінальних землях, що може сприяти секвестрації вуглецю в ґрунтах та підвищенню їхньої якості. Рекуперація енергії при утилізації біовідходів – ще одна сфера застосування біоенергетики, але при цьому потрібно зберігати тонкий баланс між отриманням енергії та поверненням поживних речовин в ґрунт. У підсумку, біоенергетика має розглядатися не як універсальна заміна викопного палива, а як контекстно обумовлений, допоміжний інструмент, який створює синергії з екосистемними послугами, як-от відновлення ґрунтів чи утилізація біовідходів.

Ключові слова: *біоенергетика, EROI, поверхнева густина потужності, AFOLU, секвестрація вуглецю, фіторемедіація.*

Вступ

Біоенергетика тривалий час розглядається як базовий елемент стійкого енергетичного переходу. Прихильники підкреслюють її очевидну циклічність: у процесі росту біомаси вилучається атмосферний вуглекислий газ, який може бути перетворений на паливо та інші ресурси для різних секторів економіки. У такому вигляді біоенергетика обіцяє мультифункціональний шлях, що одночасно сприяє пом'якшенню змін клімату, енергетичній безпеці та розвитку сільських територій. Вона часто подається як універсальне рішення, здатне поєднати екологічні та соціально-економічні вигоди. У політичних документах і наукових дослідженнях біоенергетиці відводиться провідна роль як джерелу відновлюваної енергії з широким спектром позитивних ефектів. Її розглядають не лише як інструмент енергетичної трансформації, але і як важливий чинник зміцнення продовольчої та екологічної стійкості. На цю сферу покладають великі очікування в контексті глобальних зусиль із досягнення кліматичної нейтральності.

Результати та їх обговорення

Біопаливо, земельні ресурси та енергоефективність. Біомаса – це відновлюваний ресурс, що виглядає дуже привабливим для заміни викопного палива, адже щороку в процесі фотосинтезу з атмосфери поглинається та фіксується рослинами близько 120 Гт вуглецю, а за вирахуванням дихання чиста первинна продуктивність становить 60 Гт вуглецю, що майже в шість разів перевищує його викиди в атмосферу внаслідок використання викопного палива (Watson et al., 2000; Friedlingstein et al., 2023). Якщо використати частку потенціалу біомаси в енергетиці, то можна запобігти накопиченню надлишкового вуглекислого газу в атмосфері, замінивши викопне паливо. Чи реальність є такою простою?

У 2021 р., за даними (International Energy Agency, 2021), близько 70 млн га земель, що використовуються для вирощування сільгоспкультур (*croplands*), було зайнято під енергетичні культури спеціального призначення (*dedicated energy crops*), а за даними (UFOP, 2023), для цього використовували близько 8 % світових *croplands* (112 млн га), що забезпечувало менше 1 % глобального споживання первинної ен.ергії – близько 4,3–4,5 ЕДж на рік (International Energy Agency, 2025; FAO, 2025). Це означає, що середній енергетичний вихід з одного гектара таких культур становив приблизно 40–60 ГДж. 4,4 ЕДж – це споживання первинної енергії в Україні в 2014 р. (United Nations Statistics Division, 2014). У 2022 р. первинне споживання енергії в Україні становило 2,6 ЕДж (United Nations Statistics Division, 2022). Площа України (60,4 млн га) менша за площу, що використовувалася у світі для вирощування енергетичних культур. Варто нагадати, що загальна площа суходолу Землі становить 14,9 млрд га, з яких близько 10,9 млрд га вважаються придатними для життя. Майже половина цієї придатної для життя території вже використовується для сільського господарства й близько 1,4 млрд га припадає на ріллю (Dias et al., 2021). Таким чином, на одного мешканця планети сьогодні припадає приблизно 1,33 га придатної для життя землі та 0,17 га ріллі.

На офіційній вебсторінці Міжнародного енергетичного агентства станом на липень 2025 р. остання доступна статистика щодо світового енергетичного балансу стосується 2022 р. (International Energy Agency, 2025). Так, за цими даними, у 2022 р. світове споживання первинної енергії становило приблизно 622 ЕДж, що в перерахунку на душу населення відповідає середньому річному споживанню близько 78 ГДж. У країнах Європейського Союзу цей показник становить 131 ГДж на особу на рік (Eurostat, 2024), тоді як у США він сягає близько 267 ГДж (United Nations Statistics Division, 2022).

Прості розрахунки показують, що теоретично при такому енергетичному виході з гектара, як спостерігається зараз у світі в середньому при вирощуванні енергетичних культур, для продукції близько 500 ЕДж енергії (80 % первинної енергії, що забезпечується викопним паливом (International Energy Agency, 2024), потрібно задіяти площу, що співмірна з площею землі, придатною для життя. Це те, що випливає теоретично із реальних показників при простій екстраполяції. Крім того, дані щодо споживання енергії на душу населення в ЄС та США дозволяють припустити, яким було би споживання енергії в усьому світі при зростанні енергетичних потреб.

Слід зазначити, що зараз спеціально призначені енергетичні культури в основному використовуються для отримання рідкого палива, а пряме спалювання біомаси дає в кілька разів вищий енергетичний вихід (Campbell et al., 2009; Ioelovich, 2015), що варто враховувати при розрахунках енергетичного потенціалу біомаси (табл. 1).

Таблиця 1
Річний вихід енергії з 1 га для біопаливної сировини та вітрових і сонячних електростанцій. Узагальнено за даними (Kreutz et al., 2008; Schmer et al., 2008; Manochio et al., 2017; Khalin et al., 2020; Rakhmetova et al., 2020)

Джерело енергії	Річний вихід енергії, ГДж/га
Етанол із кукурудзяного крохмалю	≈ 65–80
Етанол із цукрової тростини	≈144–170
Целюлозний етанол	≈ 60
Синтетичне біопаливо (реакція Фішера-Тропша)	≈ 90
Біодизель (ріпакова олія)	≈ 44
Біодизель (соєва олія)	≈ 17
Біодизель (пальмова олія)	≈ 137
Біодизель (водорості)	≈ 500–850
Пряме спалювання біомаси	≈ 190–350
Сонячні панелі	≈ 7 200
Вітрові турбіни	≈2 700

У світі біомаса забезпечує близько 56 ЕДж первинної енергії (Colla et al., 2022), і це значною мірою так зване традиційне використання доступної біомаси (дров, рослинних залишків, гною) для приготування їжі та опалення за допомогою відкритих вогнищ та недосконалих печей без вентиляції в країнах з низьким рівнем доходу, що приносить значну шкоду здоров'ю та спричинило 3,2 млн передчасних смертей у 2020 р., серед яких 237 тис. смертей дітей віком до 5 років (World Health Organization, 2024). Всесвітня організація охорони здоров'я, Програма ООН з навколишнього середовища та Міжнародне енергетичне агентство наголошують, що відмова від традиційної біомаси є необхідною умовою забезпечення права на чисте повітря, зменшення передчасної смертності та досягнення цілей сталого розвитку. Традиційні способи використання біоенергії спричиняють локальне, концентроване забруднення поблизу місця спалювання, у той час як сучасні установки з високими димовими трубами викидають продукти згоряння у верхні шари атмосфери, де відбувається більша дисперсія забруднювальних речовин, хоч це також приносить шкоду довкіллю та здоров'ю людей.

Існують різні розрахунки енергетичного потенціалу біомаси для заміни викопного палива, і величини можуть відрізнятися більше ніж на два порядки — від <50 до >1000 ЕДж на рік. Міжнародне агентство з відновлюваних джерел енергії (International Renewable Energy Agency, IRENA) оцінювало потенціал біоенергії від 97 до 147 ЕДж на рік до 2030 р. (IRENA, 2014). Від 500 ЕДж до 1500 ЕДж на рік до 2050 р. оцінювали потенціал біомаси IRENA та IEA-ETSAP — International Energy Agency's Energy Technology Systems Analysis Programme (Програма аналізу енергетичних технологічних систем Міжнародного енергетичного агентства) (IEA-ETSAP & IRENA, 2013). Наведемо лише деякі з інших даних щодо потенційної кількості енергії, що можна отримати за рік з біомаси – 60–120 ЕДж (Searle & Malins, 2016), 110–245 ЕДж (Wu et al., 2024), 130–270 ЕДж (Beringer et al., 2011), 70–360 ЕДж (Strapasson et al., 2017), 33–1135 ЕДж (Berndes et al., 2003), 215–1275 ЕДж (Smeets et al., 2007). Оцінки глобального енергетичного потенціалу біомаси є вкрай варіативними. Це пов'язано зі значними відмінностями в допущеннях при оцінці придатних земель, урожайності, технологічного прогресу, екологічних обмежень, соціальних пріоритетів. У дослідженнях (Dias et al., 2021; Errera et al., 2023) потенціалу біоенергії для 2050 р. розглядається сценарій повної адаптивної відповіді, за яким при глобальному первинному річному споживанні енергії у 848 ЕДж потенціал біомаси навіть дещо перевищує цю кількість. При цьому майже вся енергія буде походити зі спеціально призначених енергетичних культур, для вирощування яких передбачено 30,5–42 % придатної для життя землі, що в 2–3 рази перевищує теперішню площу всіх орних земель (у 2022 р. для вирощування енергетичних культур використовували 1,17 % придатної для життя землі, що давало 4,3–4,5 ЕДж енергії та забезпечувало 0,71 % річного первинного споживання енергії). Для харчування людей за тим сценарієм передбачається 43,0 ЕДж біоенергії (у 2019 р. – 44,2 ЕДж). Автори зазначають, що половина придатних для проживання земель світу використовується під сільське господарство. Більш ніж три чверті цієї площі припадає на виробництво продукції тваринництва, яке забезпечує лише 18 % калорій і 33 % загальної кількості білків у світовому раціоні. Для повного забезпечення глобальних енергетичних потреб біомасою (головним чином за допомогою спеціально вирощених культур) автори пропонують не залучати ліси (3,9 млрд га), чагарники (1,2 млрд га) зберегти за можливістю, а пропонують залучити деградовані землі (близько 1 млрд га). Оскільки пасовища займають три чверті сільськогосподарських земель, то пропонується відмова від м'яса жуйних тварин, скорочення площ, що використовуються для виробництва інших білків тваринного походження та вирощування харчових рослин (звільнивши таким чином понад 2 млрд га), додавання в раціон білків з комах, повне уникнення їстівних харчових відходів (зараз близько 30 % їжі, придатної для споживання, викидається). Для досягнення цілей також пропонується підвищити продуктивність продовольчих та енергетичних культур. Якщо 32–44 млрд га землі буде використовуватися для виробництва 848 ЕДж і більше первинної енергії, то середній енергетичний вихід з гектара повинен бути 192–265 ЕДж на рік, що зараз теоретично можливо, але при прямому спалюванні біомаси. Різні автори наводять значення енергетичних виходів з гектара на рік, які відрізняються від діапазонів, зазначених вище та в таблиці 1. Це пов'язано з різною оцінкою енергетичного внеску при виробництві біопалив.

У таблиці 2 наведено дані, щодо поверхневої густини потужності різних джерел енергії. Ця величина описує потужність, яку можна отримати з одиниці площі земної поверхні, що займає певна енергетична система, включно з усією допоміжною інфраструктурою, виробництвом, видобутком палива (якщо це застосовно) та виведенням з експлуатації. Викопні види палива та ядерна енергетика характеризуються високою густиною потужності, що означає можливість отримання значних обсягів енергії з електростанцій, які займають відносно невелику площу. Джерела відновлюваної енергії мають густину потужності щонайменше на три порядки нижчу, і для забезпечення того самого енергетичного виходу їм потрібно займати відповідно більші території, що може бути суттєвим лімітуючим фактором.

Таблиця 2

Поверхнева густина потужності різних енергосистем. Узагальнено за даними (Dijkman & Benders, 2010; van Zalk & Behrens, 2018; Saunders, 2020)

Енергосистема	Поверхнева густина потужності, Вт/м^2
Природний газ	482
Атомні електростанції	241
Нафта	195
Вугілля	135
Сонячні панелі	6,63
Вітрові турбіни	1,84
Гідроелектростанції	0,14
Біомаса (середнє)	0,08
цукрова тростина	0,414
міскантус	0,152
інші трави	0,100
верба	0,113
органічні відходи	0,02

Ці дані свідчать про дуже великий земельний слід (*land footprint*) біоенергії.

У роботі (Eggers et al., 2009) досліджено потенційні впливи зміни біопаливної політики ЄС на біорізноманіття Європи, зокрема через зміни в землекористуванні та вибір культур для біопалив. Автори використовували 313 видів з різних таксономічних груп, щоб оцінити зміни в їхньому поширенні та середовищах існування при різних сценаріях політики біопалив. Результати показали, що збільшення цілей щодо біопалив може призвести до того, що більше видів постраждає від втрати середовищ існування, ніж отримає користь, а скасування цілей щодо біопалив може мати переважно позитивні ефекти для біорізноманіття.

Найважливішим обмеженням для масштабного використання біоенергетики, що потребує значних земельних площ, є наявність вільної землі. Малоймовірно, що така біоенергетика стане конкурентоспроможним джерелом енергії в довгостроковій перспективі. Зростання чисельності населення та дедалі більше усвідомлення цінності збереження природних і майже природних екосистем свідчать про посилення дефіциту землі в майбутньому. Прогнозують, що, якщо сільськогосподарська продуктивність і далі зростатиме такими ж темпами, як за останні 50 років, і при цьому жодної землі не буде виділено для виробництва біоенергії, все одно доведеться розширити площі ріллі й пасовищ приблизно на 10 % до 2050 р. (Searchinger et al., 2018). Оскільки земля є дефіцитною, якщо ми все ж змушені використовувати її для виробництва енергії, то повинні робити це з максимальною ефективністю. Наприклад, фотоелектричні панелі можуть забезпечити набагато ефективніше використання землі: кількість електроенергії, яку можна отримати з одиниці площі поверхні за допомогою сонячних панелей, щонайменше у 50–100 разів перевищує відповідну кількість енергії з біомаси (European Academies Science Advisory Council, 2019). Проте в стратегіях заміщення викопного палива важливо враховувати не лише його енергетичну функцію. Викопне паливо виконує також критичну роль як сировина для хімічної промисловості, оскільки є джерелом вуглецевих сполук, необхідних для виробництва широкого спектру хімічних речовин (International Energy Agency, 2018).

До того ж рідкі вуглеводні мають суттєві переваги як енергоносії завдяки високій об'ємній енергетичній густині, зручності транспортування та накопичення. Тому пошук сталих альтернатив викопному паливу повинен включати як енергетичну, так і сировинну компоненти. Бензин і дизельне паливо мають високу об'ємну й масову енергетичну густину (приблизно 35 МДж/л). Літій-іонні акумулятори, які найчастіше розглядають як альтернативу в транспортних застосуваннях, мають об'ємну енергетичну густину лише в межах 0,25–2,63 МДж/л, тобто приблизно в 10–30 разів меншу за бензин або дизель (табл. 3).

Хоча існують прототипи літій-іонних і літій-металевих акумуляторів із дещо вищими показниками енергетичної густини, вони поки що не впроваджені в масове виробництво. Теоретичні дослідження припускають можливість створення літій-повітряних акумуляторів із об'ємною енергетичною густиною, співмірною з бензином і дизельним паливом, однак це наразі залишається радше гіпотетичним сценарієм (Itani & De Bernardinis, 2023; Parvizi et al., 2025). Зріджений водень та стиснений газоподібний водень, який має дуже високу гравіметричну енергетичну густину, також має значно нижчу об'ємну енергетичну густину, ніж бензин та дизельне паливо.

Слід зазначити, що літій-іонні технології, а також сонячні панелі й вітрові турбіни при їх масовому використанні потребуватимуть значних обсягів літію, кобальту, рідкісноземельних металів та інших критичних матеріалів. Географія видобутку та переробки критичних матеріалів є дуже концентрованою, при цьому домінуючу роль відіграє обмежена група країн. У видобутку критичних матеріалів провідні позиції займають Австралія (літій 47 %), Чилі (мідь 24 % та літій 30 %), Китай (графіт 65 %, диспрозій 49 %), Демократична Республіка Конго (кобальт 70 %), Індонезія (нікель 49 %) та Південна Африка (платина 74 %, іридій 89 %) (International Energy Agency, 2021a). Ця концентрація стає ще більш очевидною на стадії переробки, де Китай наразі забезпечує 100 %

переробленого природного графіту та диспрозію, 70 % кобальту та майже 60 % літію й марганцю. Домінуюча позиція Китаю як виробника більшої частини світового обсягу рідкісноземельних мінералів та швидке зростання їх споживання через появу нових технологій у сфері чистої енергії та оборонних технологій у поєднанні з рішеннями Китаю обмежувати експорт рідкісноземельних елементів викликали зростання занепокоєння щодо майбутньої їх доступності. Як наслідок, промислово розвинені країни, такі як Японія, США та країни ЄС, стикаються з обмеженим постачанням та зростанням цін на рідкісноземельні елементи (Fan et al., 2023; Ghorbani et al., 2025).

Таблиця 3

Об'ємна енергетична густина різних енергоносіїв. Узагальнено за даними (Mazlumi & Crandima, 2012; International Energy Agency, 2023; Itani & De Bernardinis, 2023; Parvizi et al., 2025)

Вид палива/матеріалу	Об'ємна енергетична густина, МДж/л
Бензин	32–34
Дизельне паливо	35–38
Біодизель	33
Етанол	24
Метанол	15,6
Зріджений аміак	11,5
Зріджений водень	8,5
Водень (газ) (1 бар, атм. тиск)	0,010–0,012 (120–142 МДж/кг)
Водень (газ) (350 бар)	1,2–1,4
Водень (газ) (700 бар)	2,3–2,7
Природний газ	0,0364 (53,6 МДж/кг)
Літій-іонні акумулятори	0,25–2,63
Літій-іонні акумулятори NanoGraf 18650 (2022) (прототип)	2,88
Твердотільні літій-металеві акумулятори (прототип)	3,85
Літій-повітряні акумулятори (прототип)	4,3
Літій-повітряні акумулятори (теоретичний потенціал)	12–43

Щоб уникнути надмірного використання біомаси як запасного шляху задоволення енергетичних потреб у разі дефіциту технологічних компонентів, стратегічним пріоритетом має стати деконцентрація та диверсифікація ланцюгів постачання критичних матеріалів: розбудова регіональних потужностей з видобутку та переробки, масштабування повторного використання, а також підтримка альтернативних матеріалів і технологічних маршрутів. Концентрація переробних потужностей і тривалі часові затримки від відкриття родовища до комерційного виробництва роблять швидку компенсацію дефіциту малореальною, а тому без системних інвестицій у матеріальну незалежність країни ризик переходу до інтенсивного вилучення біомаси з відповідними екологічними наслідками різко зростає. При цьому навіть оптимістичні оцінки резервів корисних копалин (Dou & Xu, 2022; U.S. Geological Survey, 2024; Ku et al., 2024; Chen et al., 2024) не знімають ризиків, пов'язаних із просторовою концентрацією ресурсних і переробних потужностей та можливим використанням доступу до них як інструмента політичного тиску; отже політики мають інтегрувати заходи диверсифікації і рециркуляції в національні плани енергетичного переходу (International Renewable Energy Agency, 2023; Fan et al., 2023; Lee et al., 2024).

Як уже зазначалося, істотною проблемою біопалива є дуже низька поверхнева густина потужності, що зумовлює потреби у великій кількості землі. Більший енергетичний вихід з одиниці площі можна отримати з мікроводоростей порівняно з іншими видами біопалива.

Як вказують (Shirvani et al., 2011) для біодизеля, виробленого з водоростей, з виходом 850 ГДж/га/рік, щоб замінити світове виробництво 1,1 млрд тонн дизеля на основі нафти на рік, знадобилась би площа 57,3 млн га, що приблизно відповідає території трохи більшій за Іспанію та меншій за Техас, і це значно кращі показники порівняно з іншими видами біопалива. Продуктивність олії з водоростей на одиницю площі оцінюється від 58 700 до 136 900 л/га/рік залежно від вмісту ліпідів, що в 10–23 рази перевищує продуктивність наступної за ефективністю культури – пальмової олії – яка становить 5950 л/га/рік (Atabani et al., 2012).

Програма водних видів Міністерства енергетики США (The U.S. Department of Energy's Aquatic Species Program – ASP) регулярно переглядала питання доступних ресурсів для виробництва біодизелю з мікроводоростей. Це нетривіальне завдання. Такі оцінки ресурсів потребують комплексного аналізу відповідного клімату, земельних площ та наявності ресурсів. Аналізи показали, що існують значні потенційні ресурси землі, води та вуглекислого газу для підтримки цієї технології. Припускали, що біодизель з водоростей міг би легко забезпечити кілька «квадів» біодизелю – значно більше, ніж можуть дати існуючі олійні культури. Як зазначено у звіті ASP, системи з мікроводоростей використовують значно менше води, ніж традиційні олійні культури. Земля майже не є обмеженням. 200 000 гектарів (менше 0,1 % кліматично придатних земель у США) могли б виробити один "квад" палива (Sheehan et al., 1998), щоправда, у звіті не вказано, за який час, але, найімовірніше, за десять років.

Програма ASP діяла з 1978 по 1996 рік. Її метою було дослідити можливість виробництва біодизелю з мікроводоростей, культивованих у відкритих ставках та біореакторах, у тому числі з використанням CO_2 викидів теплових електростанцій. Було зібрано більше 3000 штамів водоростей, 51 із яких детально охарактеризовано як перспективні для виробництва олії. Ціллю програми було досягнення продуктивності до 50 г/м^2 на добу з вмістом ліпідів 50–60 % сухої маси, але стресові умови, що підвищували жирність, водночас пригнічували ріст клітин, що знизило загальну продуктивність. Звіт узагальнює лабораторні дослідження з біохімії, генетичних модифікацій та відбору високоефективних штамів, але, як показано, жоден штам одночасно не демонстрував високу продуктивність та максимальний рівень ліпідів. У 1998 р. висновки зазначали, що навіть за оптимальних умов біодизель з мікроводоростей стане економічно виправданим лише в разі подвоєння цін на нафту (порівняно з рівнем 1998 р.) У рамках ASP було витрачено близько 25 мільйонів доларів за 18 років, але при тому не досягнуто комерційної рентабельності.

Проте інтерес до біопалива з водоростей не згас, і в червні 2017 р. Офіс технологій біоенергетики (Bioenergy Technologies Office (BETO)) Міністерства енергетики США оголосив про програму DISCOVR з метою прискорення та здешевлення виробництва біопалива з водоростей (U.S. Department of Energy, 2017). Дослідники Морської наукової лабораторії Тихоокеанської національної лабораторії на північному заході США (Pacific Northwest National Laboratory (PNNL)) у Секвімі, штат Вашингтон, працюють над зменшенням вартості виробництва біопалива з водоростей, використовуючи внутрішню систему, яка імітує умови зовнішніх ставків. Проєкт DISCOVR (Development of Integrated Screening, Cultivar Optimization, and Validation Research) створив інтегровану платформу скринінгу для швидкого виявлення високопродуктивних штамів водоростей, здатних до стійкого річного вирощування на відкритому повітрі з використанням ротації культур. Припускають, що водорості мають великий потенціал як сировина для біопалива, і за сприятливих умов їх продуктивність може перевищувати продуктивність целюлозних джерел біоенергетики до 100 разів. Визначення високопродуктивних штамів водоростей може сприяти зниженню вартості виробництва біопалива. Програма Advanced Algal Systems від BETO ставила за мету продемонструвати проміжну врожайність біопалива з водоростей у 2 500 галонів на акр на рік до 2018 р. та 5000 галонів на акр на рік до 2022 р. Додатковою метою є зниження загальних витрат на виробництво біопалива з мікроводоростей до еквівалента $3 за галон бензину до 2030 р., незалежно від наявності або відсутності супутніх продуктів. Дослідники вважають, що біопаливо з водоростей має потенціал стати надійним, внутрішнім джерелом палива, що дозволить зменшити залежність США від імпортної нафти (U.S. Department of Energy, 2017).

Однак, як видно з таблиці 4, де вказано енергетичний вихід на вкладену енергію (EROI – Energy return on investment), водорості, попри високу врожайність, часто мають дуже низький EROI (через енерговитрати на циркуляцію води, освітлення, обробку біомаси, дегідратацію) за невеликими винятками, як-от у випадку гідротермального зрідження та піролізу, що можуть мати EROI близько 5 (Phillip & Goyal, 2024).

Таблиця 4

Енергетичний вихід на вкладену енергію (EROI). Узагальнено за даними (Hall et al., 2008, 2009, 2011; Gupta et al., 2011; Hall et al., 2014; Delannoy et al., 2021; Ferroni et al., 2017; Rana et al., 2020; Delannoy et al., 2021; Murphy et al., 2022; Nøland et al., 2022; Papagianni et al., 2024; Sahin et al., 2024; World Nuclear Association, 2025)

Джерело енергії	EROI
Нафта	18–43
Природний газ	28
Вугілля	29
Гідроелектростанції	110
Атомні електростанції	75
Сонячні панелі	6,5
Вітрові турбіни	19,8
Біопаливо (середнє)	3,9
біодизель (ріпакова олія)	2
біоетанол (пшениця)	1,53
біоетанол (тритикале)	1,3
біоетанол (цукровий буряк)	4,77
біоетанол (сорго)	1,85–3,2
біоетанол (цукрова тростина)	3–8
біоетанол (кукурудза (високоінтенсивна агрокультура))	1,7
біоетанол (кукурудза (низькоінтенсивна агрокультура))	5,4–5,9
біогаз (кукурудза (високоінтенсивна агрокультура))	14,7–22,4
біогаз (кукурудза (низькоінтенсивна агрокультура))	2,2–10,2
біоетанол (трави)	4
біоетанол (агровідходи)	1,59–7,2
біоетанол (агровідходи (стебла сорго, сік і багаса цукрової тростини))	5,1–17,1
біогазолін (деревні відходи)	2,7–4,3
біоетанол (водорості)	0,09–1,57
біодизель (водорості)	0,01–1,18
біонафта (водорості)	0,19–5

Енергетичний вихід на вкладену енергію є важливим показником для джерел енергії, що визначає їхню здатність підтримувати економічний розвиток і функціонування соціальних інститутів. Сучасне індустріальне суспільство було побудоване на основі високоефективних джерел енергії із високим EROI. Викопне паливо – зокрема нафта, газ і вугілля – забезпечувало надлишок енергії, що дозволив створити складні виробничі ланцюги, транспортну інфраструктуру, системи охорони здоров'я, освіти, науки та культури. Індустріальна революція стала можливою завдяки паливу з EROI, що часто перевищував 50:1 (White & Kramer, 2019). За словами (Hall et al., 2009), для того, щоб енергоносій був життєздатним джерелом енергії для суспільства, потрібно, щоб його EROI був не менше 3:1 – це критична межа для цивілізації. У більш пізніх дослідженнях (Hall et al., 2014) показують, що для стійкого рівня життя та розвитку сучасної

цивілізації EROI має бути на рівні близько 14:1, а значення між 3 і 7:1 – це зона "енергетичної вразливості". (Fizaine & Court, 2016) оцінили енергетичні витрати економік США та світу у 1850–2012 рр. Періоди високих витрат на енергію відносно ВВП (1850–1945 рр.) або різкі "стрибки" (1973–1974 та 1978–1979 рр.) асоціюються з низькими темпами економічного зростання, тоді як періоди низьких або спадних витрат відповідають високим і зростаючим темпам економічного розвитку (наприклад, 1945–1973 рр.). У 1960–2010 рр., для яких доступні безперервні щорічні дані щодо контрольних змінних (нагромадження капіталу, чисельність населення, рівень безробіття), оцінки показують, що статистично економіка США не може підтримувати позитивне зростання, якщо витрати на енергію перевищують 11 % ВВП. З огляду на сучасну енергоємність економіки США, це відповідає мінімальному суспільному показнику EROI приблизно 11:1 або максимально допустимій середній ціні енергії, що вдвічі перевищувала поточний рівень (Fizaine & Court, 2016).

За даними (World Nuclear Association, 2025), середнє значення EROI у США для всіх технологій генерації становить близько 40:1, а EROI на рівні близько 7:1 вважається економічним порогом для розвинених країн, оскільки він забезпечує достатній надлишок енергії для підтримання складної соціально-економічної системи.

Як видно з таблиці 4, середнє значення EROI для біопалива становить лише 3,9, а для окремих його видів може бути близько 1 і навіть нижче. Це поступається пороговим значенням, які, за оцінками різних авторів, є критичними для збереження складності сучасних економік. Біопаливо з таким EROI навряд чи здатне стати системоутворювальною основою енергетичного переходу, а його роль доцільніше розглядати у форматі допоміжних застосувань.

Переоцінка ролі біоенергетики. Упродовж останніх двох десятиліть біоенергетику – зокрема виробництво рідких біопалив із сільськогосподарської сировини – розглядали як важливу складову енергетичного переходу та інструмент зниження викидів парникових газів. Особливе місце в глобальній стратегії декарбонізації займала етанольна та біодизельна промисловість, яка активно підтримувалася через державні політики як у США, так і в ЄС. Однією з найбільш амбітних програм такого типу є Renewable Fuel Standard (RFS) – Стандарт відновлювального палива, започаткований у 2005 р. та значно розширений у 2007 р. в рамках Energy Independence and Security Act (EISA), який вимагав щорічного збільшення обсягів біопалив у транспортному паливі, зокрема етанолу з кукурудзяного зерна (U.S. Congress, 2007). Ідея RFS полягала в тому, що біопаливо, замінюючи викопне паливо, дозволить зменшити викиди вуглекислого газу, стимулюватиме розвиток сільського господарства, зменшить залежність США від імпорту нафти й сприятиме інноваціям у галузі відновлюваних джерел енергії. Планувалося поступово збільшити обов'язкове змішування біоетанолу в бензині — від 4 млрд галонів у 2006 р. до 7,5 млрд галонів у 2012 р. Це був етанол із зерна кукурудзи. У 2007 р. EISA розширив програму (RFS2), встановивши зобов'язання досягти 36 млрд галонів до 2022 р., зокрема не більш ніж 15 млрд галонів від кукурудзяного етанолу й мінімум 16 млрд з альтернативних джерел: целюлозних, біодизелю, та інших передових біопалив. Прагнучи стимулювати розвиток передових біопалив, RFS2 зіткнулася з численними труднощами: виробництво целюлозного етанолу значно відставало від планів, а частка передових біопалив виявилася набагато менша за передбачену законом (у 2022 р. фактичний обсяг целюлозного біопалива був нижчим за статутний показник більше ніж на 96 %). У звіті (Government Accountability Office, 2016) зазначалося, що RFS навряд чи досягає своїх цілей зі зниження викидів парникових газів через низьке виробництво передових біопалив. Найвищі обсяги Renewable Volume Obligations були встановлені у 2023–2025 роках: сумарні відновлювальні палива понад 20 млрд RIN (Renewable Identification Numbers) з поступовим зростанням целюлозного біопалива з 0,84 млрд RIN до 1,38 млрд RIN. Програма RFS еволюціонувала від стратегічного стимулу кукурудзяного етанолу до складної системи обмежень, кількісних цілей і системи сертифікації (Congressional Research Service, 2023), проте зіткнулася з критикою за непрогнозованість розвитку передових біопалив і значні виклики, пов'язані з прямою та непрямою зміною землекористування.

RFS визначає обсяги використання біопалива у США, і таким чином опосередковано регулює 38 % світового виробництва біопалива. Проте наслідки цього ключового інструменту кліматичної та екологічної політики залишаються незрозумілими. Як показує дослідження (Lark et al., 2022) ця політика виявилася далеко не однозначною у своїх екологічних наслідках. У цьому дослідженні автори поєднали економетричний аналіз, спостереження за змінами землекористування та біофізичне моделювання, щоб оцінити фактичні ефекти RFS – як у цілому, так і на рівні окремих сільськогосподарських полів у межах США. Виявлено, що RFS призвів до зростання цін на кукурудзу на 30 %, а цін на інші сільськогосподарські культури на 20 %. Це, у свою чергу, спричинило розширення площ під кукурудзою на 2,8 млн га (8,7 %) та загальних орних земель на 2,1 млн га (2,4 %) у період після впровадження політики (2008–2016). Такі зміни зумовили зростання щорічного споживання мінеральних добрив на 3–8 %, підвищення рівня забруднення води на 3–5 % і такі обсяги викидів вуглецю внаслідок зміни землекористування в межах США, що сумарна вуглецева інтенсивність етанолу з кукурудзи, виробленого відповідно до вимог RFS, не нижча за бензин, а ймовірно щонайменше на 24 % вища. Це без урахування ймовірного міжнародного ефекту від зміни землекористування. Автори зазначають, що ці компроміси мають бути ретельно зважені поруч із потенційними перевагами біопалива при ухваленні рішень щодо майбутнього політики відновлюваної енергетики та здатності таких палив, як кукурудзяний етанол, сприяти стримуванню змін клімату, а для досягнення задекларованих екологічних переваг виробництва і використання біопалива необ-

хідні суттєві технологічні прориви та перегляд політики (Lark et al., 2022).

ЄС також проводить політику підтримки відновлюваних джерел енергії, зокрема біопалива, через свої Директиви про відновлювані джерела енергії (Renewable Energy Directive, RED). Ці директиви пройшли кілька етапів еволюції, кожен з яких намагався вирішити виявлені недоліки та адаптуватися до нових наукових даних і викликів сталого розвитку.

Перша Директива про відновлювані джерела енергії (RED I, 2009/28/EC), прийнята у 2009 р. (European Parliament & Council, 2009), встановила обов'язкові цілі для всіх держав-членів ЄС щодо частки відновлюваної енергії в загальному енергоспоживанні до 2020 р., а також 10 % цільовий показник для відновлюваної енергії на транспорті. Хоча вона включала критерії сталого розвитку для біопалива, ці критерії виявилися недостатніми для запобігання деяким негативним наслідкам.

Одним з найбільших викликів стало ігнорування непрямої зміни землекористування (Indirect Land Use Change, ILUC). Це виникає, коли вирощування енергетичних культур на існуючих сільськогосподарських угіддях призводить до витіснення виробництва продовольства на інші території, часто за рахунок вирубування лісів або осушення боліт в інших частинах світу, що, у свою чергу, спричиняє значні викиди парникових газів.

Акцент на біопаливі першого покоління (з харчових культур, таких як ріпак, пальмова олія, кукурудза) викликав занепокоєння щодо конкуренції за землю та воду з виробництвом продовольства, потенційного впливу на ціни на продукти харчування та продовольчу безпеку.

У відповідь на критику та зростаюче розуміння екологічних наслідків у 2018 р. була прийнята переглянута Директива (RED II, 2018/2001/EU), яка набула чинності у 2021 р. (European Parliament & Council, 2018). Вона підвищила загальні амбіції щодо відновлюваної енергії до 32 % до 2030 р. та запровадила суворіші критерії сталого розвитку. RED II запровадила обмеження на використання біопалива з високим ризиком ILUC, зокрема пальмової олії, з поступовим припиненням її підтримки до 2030 р. Це було прямим наслідком наукових доказів її значного негативного впливу на дефорестацію. Рішення ЄС про класифікацію пальмової олії як біопалива з високим ризиком ILUC призвело до торговельних суперечок, зокрема з Індонезією, яка оскаржила це рішення в СОТ. Директива надала пріоритет так званим "передовим біопаливам" з відходів та залишків та біопаливам другого й третього покоління (наприклад, з водоростей), встановлюючи для них спеціальні цілі. Це сприяло зміщенню акцентів від харчових культур до нехарчових сировинних матеріалів. RED II також посилила критерії для біомаси з лісів, вимагаючи, щоб вона походила з джерел, які забезпечують стале управління лісами та підтримують їх вуглецеві стоки. Однак, незважаючи на ці зміни, дебати щодо вуглецевої нейтральності спалювання лісової біомаси продовжуються, оскільки повне відновлення вуглецевого балансу може займати десятиліття або століття (Fargione et al., 2008).

ЄС продовжує переглядати свою політику, зокрема в рамках пакету "Fit for 55" та у світлі нових наукових даних. Остання редакція Директиви ЄС про відновлювану енергію (RED III), ухвалена у 2023 р. (European Parliament & Council, 2023), подвоює ціль щодо відновлюваних джерел енергії у транспортному секторі – до 29 % до 2030 р. або ж до зниження інтенсивності викидів парникових газів на 14,5 %. Директива також встановлює обмеження на використання сировини, зокрема ліміти для продовольчих і кормових культур, а також передбачає цілі для передових видів палива (5,5 % до 2030 року, з яких 1 відсотковий пункт має забезпечуватися синтетичними паливами). RED III передбачає ще суворіші критерії, особливо щодо лісової біомаси, з метою забезпечення її справжньої кліматичної переваги. Підкреслюється необхідність більш цілісного підходу до управління біомасою, враховуючи її вплив на здоров'я ґрунту, біорізноманіття та водні ресурси, а не лише на енергію.

Еволюція європейських нормативних актів щодо відновлюваного палива (RED) чітко демонструє процес навчання та адаптації. Політика ЄС не є статичною; вона переглядається та змінюється у відповідь на наукові докази – зокрема виявлення таких проблем, як ILUC та "вуглецевий борг" лісової біомаси, змусило ЄС переглянути свої підходи.

У дорожній карті Міжнародного енергетичного агентства Net Zero Emissions by 2050 (NZE) передбачено, що загальне енергопостачання з біомаси становитиме близько 100 ЕДж, порівняно з теперішніми 60 ЕДж (International Energy Agency, 2021b).

У сценарії NZE біоенергетика швидко переходить на 100 % сталі (*sustainable*) джерела постачання та використання. Повністю припиняється традиційне використання твердої біомаси, яке є неефективним, часто пов'язане з вирубуванням лісів і забрудненням, що спричинило 3,2 млн передчасних смертей у 2020 р.

Використання традиційних біопалив, які виробляються з продовольчих культур, також істотно скорочується до 2050 р.

Із загального обсягу світового попиту на біоенергію у 2050 р. за цим сценарієм близько 60 % повинно припадати на сучасну тверду біоенергію, решта на рідкі біопалива та біогаз включно з енерговитратами на їхнє виробництво,

У секторі електроенергетики попит на тверду біоенергію у 2050 р. повинен становити близько 35 ЕДж. Біоенергія забезпечуватиме лише 5 % загального виробництва електроенергії у 2050 р., проте є важливим «гнучким» низьковуглецевим джерелом, що доповнює переривчасту генерацію від сонячних і вітрових електростанцій. У промисловому секторі, де попит на тверду біоенергію у 2050 р. досягає 20 ЕДж, вона використовується для покриття потреб у високотемпературному теплі, які складно електрифікувати, зокрема у виробництві паперу та цементу. У 2050 р. біоенергія задовольняє 60 % енергетичного попиту в

секторі виробництва паперу та 30 % у виробництві цементу.

Загальна площа земель для виробництва біоенергії у сценарії NZE зростає на 80 млн га до 2050 року. З цього приросту 30 млн га припадають на нові ліси, що збільшують світову лісову площу на 1 %, так що плантації для біоенергії складатимуть 6 % від загальної площі лісів у 2050 р. – такий же показник, як і на даний час. Решта 50 млн га припадає на короткоротаційні деревні культури. Загальна площа земель для короткоротаційних деревних культур і конвенційних біоенергетичних культур становитиме 140 млн гектарів у 2050 р. Із цього обсягу 70 млн га припадають на маргінальні землі або пасовища, а 70 млн га на ріллю, тобто таку ж площу, яка тепер використовується для виробництва біоенергії.

Загальне використання земель для біоенергетики у сценарії NZE залишається нижчим за оцінені діапазони потенційної доступності земель із повним урахуванням обмежень сталості, включно з необхідністю захисту осередків біорізноманіття та досягненням Цілі сталого розвитку ООН №15 щодо збереження біорізноманіття й землекористування, особливо шляхом різкого скорочення вирубування лісів. Водночас сертифікація біоенергетичних продуктів і суворий контроль за тим, які землі можуть бути перетворені на плантації та короткоротаційні деревні культури для біоенергії, є критично важливими для уникнення конфліктів у сфері землекористування.

Досягнення нульових чистих (net) викидів CO_2 від енергетики та промислових процесів у сценарії NZE не передбачає використання компенсацій поза межами енергетичного сектору. Водночас сільське господарство, лісове господарство та інше землекористування (AFOLU) відповідають за приблизно 5–6 млрд тонн викидів CO_2 і, таким чином, є другим за величиною джерелом викидів після енергетики. Ці викиди також необхідно скорочувати для обмеження зміни клімату. Хоча заходи щодо скорочення викидів AFOLU не є прямо включеними до сценарію NZE (який зосереджується на енергетиці та промисловості), збільшення виробництва короткоротаційної деревної біоенергії на маргінальних землях і пасовищах, а також перехід від традиційних культур до передових деревних біоенергетичних культур дозволили б секвеструвати близько 190 Мт CO_2 до 2050 р., зменшивши викиди AFOLU на 140 Мт CO_2 порівняно з теперішнім рівнем.

Водночас для повної ліквідації викидів CO_2 з AFOLU потрібні додаткові заходи. Скорочення вирубування лісів на дві третини до 2050 р., впровадження вдосконалених практик управління лісами (як плантаціями для біоенергії, так і природними лісами) та висадження близько 250 млн га нових лісів дозволили б зробити баланс викидів CO_2 від AFOLU від'ємним уже до 2040 р. та забезпечили б поглинання 1,3 Гт CO_2 щороку до 2050 р.

Слід зазначити, що, за сценарієм NZE by 2050, 60 % необхідних обсягів біомаси становитимуть відходи та побічні продукти, зокрема аграрні й лісогосподарські рештки, промислові побічні потоки та органічні муніципальні відходи. Решта 40 % забезпечуватиметься за рахунок культур і дерев, які вирощуються разом із продовольчими чи кормовими культурами або на спеціалізованих біоенергетичних плантаціях. Збільшення виробництва короткоротаційної деревної чи трав'яної біомаси на маргінальних землях та пасовищах також позитивно впливатиме на скорочення викидів від землекористування.

Негативні викиди, зокрема з біоенергетики в поєднанні з технологіями уловлювання та зберігання вуглецю (BECCS – Bioenergy with carbon capture and storage), створюють можливість компенсувати залишкові викиди в складних для декарбонізації секторах, включно із сільським господарством. Біомаса також може робити вагомий внесок у пом'якшення змін клімату через біочар – побічний продукт термічної обробки. Вуглець у біочарі є надзвичайно стабільним і може зберігатися сотні або навіть тисячі років при внесенні до ґрунтів.

Зазначається, що заготівля деревини (для матеріалів та енергії), як складова сталого лісокористування, відновлює лісові системи, підтримує ріст дерев і поглинання ними вуглецю з атмосфери, зміцнює здоров'я лісів та зменшує ризики й наслідки лісових пожеж та інших природних загроз, таких як шторми, посухи чи комахи-шкідники. У поєднанні з BECCS це фактично переводить біогенний вуглець із нестійких наземних резервуарів до більш надійних геологічних сховищ (IEA Bioenergy, 2025).

У сценарії Net-Zero Emissions by 2050 прагнули, щоб піковий рівень загального попиту на первинну біоенергію – включно з втратами під час перетворення біомаси на корисні палива – залишався в межах найнижчих оцінок глобального стійкого біоенергетичного потенціалу в 2050 р., а саме близько 100 ЕДж. Попит на біоенергію в глобальному сценарії NZE by 2050 є нижчим за всі порівнянні сценарії Міжурядової групи експертів з питань зміни клімату (IPCC — Intergovernmental Panel on Climate Change), узгоджені з метою утримання потепління на рівні 1,5 °C. У сценаріях IPCC використовується медіанне значення у 200 ЕДж біоенергії у 2050 р. (International Energy Agency, 2021b).

Хоча підходи RFS, RED, IEA Net Zero by 2050, IPCC різняться в допустимих сценаріях і темпах впровадження біоенергетики, їхня спільна мета полягає у зниженні викидів парникових газів. Остаточним критерієм ефективності таких стратегій є не тільки обсяги виробленої біоенергії, але й зміни в глобальному вуглецевому балансі, що безпосередньо визначає концентрацію CO_2 в атмосфері.

Концентрація CO_2 в атмосфері зросла майже на третину з 1750 р. В атмосфері міститься близько 875 Гт вуглецю (C), з яких приблизно 300 Гт є надлишковими (Friedlingstein et al., 2023). Кумулятивні викиди в атмосферу від використання викопного палива становлять 484 Гт C (Canadell et al., 2021). З іншого боку, від початку розвитку сільського господарства з верхніх двох метрів ґрунту в усьому світі могло бути втрачено до 133 Гт C (Sanderman et al., 2017). Крім того, людська діяльність спричинила зменшення загальної кількості наземної біомаси приблизно вдвічі — з 916 Гт C до теперішніх 450 Гт C (Smil, 2011; Erb et.

al., 2018). Значні втрати спостерігалися ще до 1800 р. З 466 Гт С загальних втрат близько 350 Гт С було втрачено до індустріалізації. Із цієї втрати 53–58 % припадає на пряме вирубування лісів та інші зміни земного покриву, а 42–47 % на практики землекористування, що не змінюють тип рослинного покриву, тобто ліси залишаються лісами, а луги лугами. Мало в кого викликає сумнів те, що дефорестація має негативний вплив на клімат. Але й експлуатаційні ліси та луги під випасом зберігають приблизно на третину менше вуглецю, ніж недоторкані. Ці дані ставлять під сумнів припущення, що таке використання землі має незначний вплив порівняно з вирубуванням лісів, та спростовують уявлення про те, що заготівля біомаси для енергетики є кліматично нейтральною (Erb et al., 2018).

Викиди в атмосферу парникових газів пов'язують з індустріалізацією та використанням викопного палива, але лише після 1950 р. емісія вуглекислого газу від спалювання викопного палива почала перевищувати емісію від змін землекористування (Reick et al., 2010), при чому на той час три чверті енергопотреб забезпечувалися викопним паливом, а чверть біоенергією. У часи, коли майже вся емісія парникових газів була від зміни землекористування, біоенергія і забезпечувала основні енергопотреби. Показано (Yang et al., 2023), що за останні 300 р. у Китаї 70 % викидів вуглецю в атмосферу від землекористування та змін покриву землі викликані використанням деревини як палива та матеріалу, а 30 % – перетворенням лісів та лугів на сільськогосподарські угіддя. На основі даних з енергоспоживання, внеску різних джерел енергії в енергоспоживання та емісії парникових газів можна зробити висновок, що біоенергія зовсім не була екологічно нейтральною, а зумовлювала ще більшу емісію парникових газів на одиницю енергії, ніж викопне паливо. Встановлено (He et al., 2014), що в доіндустріальну еру середня температура поверхні Землі підвищилася на 0,73 °С, при цьому антропогенна зміна земельного покриву викликала підвищення температури на 0,9 °С, а зниження на 0,17 °С зумовлено глобальним похолоданням у Голоцені. А в індустріальну добу середня температура підвищилася на 0,8 °С.

Близько половини антропогенних викидів вуглекислого газу поглинають наземні екосистеми (31 %) та океан (23 %) (Canadell et al., 2021), але нескомпенсовані емісії становлять проблему, яку необхідно вирішувати .

Як зазначено вище, сумарні викиди вуглецю в атмосферу від землекористування можуть бути співмірними з викидами від викопного палива.

З іншого боку, біомаса та ґрунти мають величезний потенціал для зменшення наслідків зміни клімату.

Відновлення втрачених внаслідок діяльності людини біомаси та вуглецю ґрунтів, що зумовить зменшення його концентрації в атмосфері, постає як приваблива можливість для пом'якшення кліматичних змін. Здавалось би, що можна виростити нові ліси, що з часом поглинуть сотні гігатонн вуглецю, і так вплинути на розкладання відмерлої біомаси, щоб не весь вуглець, що утворюється в процесі розкладання, виділився в атмосферу, а частина залишалася надовго в ґрунті, як це й відбувалося в процесі природного формування ґрунтів.

Потенціал секвестрації вуглецю наземними екосистемами залежить від типу та стану екосистеми, а саме її видового складу, структури та, у випадку лісів, розподілу вікових груп. Важливими є також умови місця розташування, включно з кліматом і ґрунтами, природні пертурбації та режими господарювання. Для аналізу вуглецевого балансу необхідно розрізняти основні показники: GPP, NPP, NEP та NBP (Watson et al., 2000; Friedlingstein et al., 2023). Валовий первинний продукт (Gross Primary Production (GPP)) означає загальну кількість вуглецю, зафіксованого рослинами в процесі фотосинтезу в екосистемі, наприклад у деревостані. Глобальний GPP оцінюється приблизно в 120 Гт С на рік. Чистий первинний продукт (Net Primary Production (NPP)) означає чисте утворення органічної речовини рослинами в екосистемі, тобто GPP за вирахуванням втрат через дихання рослин (автотрофне дихання). Глобальний NPP оцінюється приблизно в половину GPP, тобто близько 60 Гт С на рік. Чиста продукція екосистеми (Net Ecosystem Production (NEP)) визначає чисте накопичення органічної речовини або вуглецю в екосистемі; NEP є різницею між швидкістю утворення живої органічної речовини (NPP) та швидкістю розкладу мертвої органічної речовини (гетеротрофне дихання, RH). Гетеротрофне дихання включає втрати через травлення тваринами та розклад органічних решток ґрунтовою біотою. Глобальний NEP оцінюється приблизно в 10 Гт С на рік. NEP можна вимірювати двома способами: перший – оцінюючи зміни в запасах вуглецю в рослинності та ґрунті; другий – інтегруючи потоки CO_2 у рослинність та з рослинності (чистий обмін екосистеми (the net ecosystem exchange (NEE)) за допомогою приладів, розташованих над рослинним покривом. Чиста продукція біому (Net Biome Production (NBP)) визначає чисте утворення органічної речовини в регіоні, що містить різні екосистеми (біом), і включає, крім гетеротрофного дихання, інші процеси, що призводять до втрат живої та мертвої органічної речовини (збір урожаю, вирубування лісів, пожежі тощо). NBP застосовується для оцінки чистого вуглецевого балансу великих територій (100–1000 км^2) та протягом тривалого часу (кілька років і більше). Вважається, що в минулому NBP був близький до нуля. Зараз він відмінний від нуля. Порівняно з загальними потоками між атмосферою та біосферою, глобальний NBP є відносно невеликим; для десятиліття 1989–1998 рр. його оцінювали в 0,7 ± 1,0 Гт С на рік – приблизно 1 % NPP та близько 10 % NEP.

Певне поводження з відмерлою біомасою (агровідходи, муніципальні біовідходи та ін.) могло би вплинути на NPP, зокрема через зміни в кількості ґрунтового вуглецю.

Ґрунти мають потенціал для повторного накопичення значних обсягів вуглецю. Світовий ґрунтовий резервуар містить близько 3000 Гт вуглецю із середнім віком 3100 років, визначеним за допомогою радіоізотопного аналізу (Köchy et al., 2015). У ґрунтах міститься більше вуглецю, ніж у біомасі та атмосфері. Існують наукові припущення, що можна підвищити

вміст вуглецю в ґрунтах ще на 750–1500 Гт (Lorenz & Lal, 2005). Видається доцільним вплинути на потоки вуглецю так, щоби при розкладанні рослинної біомаси не весь вуглець знову просто виділився в атмосферу, а частина його була секвестрована в ґрунті, підвищивши його якість, або ж була використана для виробництва енергії, перш ніж у вигляді вуглекислого газу знову потрапить в атмосферу.

Французька ініціатива "4 per 1000" була підписана понад 100 країнами. Її суть полягає в тому, що щорічне підвищення вмісту вуглецю в ґрунтах на 4 ‰ здатне зупинити щорічне зростання CO_2 в атмосфері, що є основним чинником парникового ефекту та кліматичних змін (4 per 1000 Initiative, 2015; Paustian et al., 2016; Minasny et al., 2017; Lal, 2018). Це виглядає як блискуча ідея – якби її вдалося реалізувати. Однак, навіть не враховуючи фізичних бар'єрів, слід розуміти, що для досягнення повного ефекту ініціатива "4 per 1000" має бути втілена на всіх землях планети й тривати десятиліттями. Щоб реалізувати це зобов'язання, необхідно враховувати, що у світі існує приблизно 570 мільйонів фермерських господарств і 3 мільярди сільських мешканців, які ними опікуються. При цьому культурні бар'єри для впровадження програм з охорони ґрунтів існують навіть у США – одній із найбагатших країн світу, а в менш розвинених або економічно вразливих державах такі виклики будуть ще масштабнішими. Фермери, як правило, належать до найконсервативніших верств населення. Багато з них з підозрою або навіть ворожістю ставляться до вчених, які просувають екологічно вмотивовані ідеї. Та й поки що важко формулювати однозначні рекомендації, бо більша кількість внесеної органічної маси не завжди гарантує збагачення ґрунту вуглецем. Ключовим аспектом такої невизначеності є явище праймінгу (*priming effect*) – зміна швидкості мінералізації «старого» ґрунтового органічного вуглецю (SOC – *soil organic carbon*) у відповідь на надходження нових, більш лабільних органічних субстратів або кореневих ексудатів. Розрізняють праймінг позитивний, коли швидкість розкладання органічного ґрунтового вуглецю зростає, та негативний, коли знижується. Розкладання старих органічних сполук ґрунту було зафіксований ще в ранніх дослідах із зеленими добривами (Löhnis, 1926) і згодом праймінг-ефект був систематично описаний та інтерпретований в інших роботах (Bingeman et al., 1953; Fontaine et al., 2003; Fontaine et al., 2007; Kuzyakov, 2010). Сучасні експериментальні дослідження показують, що позитивний праймінг (тобто прискорене вивільнення старого ґрунтового вуглецю) виявляється досить поширеним явищем (Xu et al., 2024). Ефекти праймінгу при розкладанні органічної речовини ґрунту є критично важливими для визначення вуглецевого балансу та обігу в ґрунті. Проте загальний напрям та інтенсивність праймінгу ґрунту залишаються предметом дискусій. Було проведено метааналіз на основі 9296 парних спостережень із 363 первинних досліджень, щоб визначити інтенсивність і загальний напрям ефектів праймінгу залежно від типу сполуки, доступності поживних речовин та типу екосистеми (Xu et al., 2024). Виявлено, що внесення свіжого вуглецю викликало позитивні ефекти праймінгу (+37 %) у 97 % парних спостережень. Лабільні сполуки спричиняли більші ефекти праймінгу (+73 %), ніж складні органічні сполуки (+33 %). Додавання поживних речовин (наприклад, сполук азоту та фосфору) разом з органічними сполуками зменшувало інтенсивність ефектів праймінгу порівняно зі сполуками без азоту та фосфору, що відображає явище "добування поживних речовин із ґрунтової органічної речовини" як один із основних механізмів праймінгу. Варто зазначити, що тундрові ґрунти, дно озер, болота та вулканічні ґрунти демонстрували значно більші ефекти праймінгу (+125 %) порівняно з ґрунтами під лісами, сільськогосподарськими угіддями та луками (+24 … +32 %). Ці результати підкреслюють, що позитивні ефекти праймінгу переважають у більшості ґрунтів у глобальному масштабі. Автори наголошують, що терміново необхідна оптимізація стратегій внесення свіжої органічної речовини та поживних речовин, щоб компенсувати пришвидшений обіг органічного вуглецю та можливі втрати, спричинені ефектом праймінгу (Xu et al., 2024).

Щодо масштабної рефорестації та афорестації, то попри інтуїтивну привабливість, вони стикаються з серйозними практичними та біофізичними обмеженнями.

Наявні ліси утримують близько 45 % органічного вуглецю суходолу у своїй біомасі та ґрунтах (Bonan, 2008). Сумарно старовікові ліси та ліси, що регенерують, щороку акумулюють приблизно 2 Гт С, роблячи суттєвий внесок у наземне вуглецеве поглинання (*carbon sink*) (Pugh et al., 2019). Недавній аналіз показав, що висадження дерев на додаткових 0,9 млрд га могло б зафіксувати 205 Гт С (Bastin et al., 2019), тоді як надлишок вуглецю в атмосфері становить близько 300 Гт С. Для досягнення цього потенціалу зберігання вуглецю знадобиться понад 100 років, якщо виходити з типової швидкості акумуляції вуглецю в деревині — 2 т С/га/рік (Bonan, 2008). Крім того, ця оцінка, імовірно, перебільшує як потенціал фіксації вуглецю лісами (Lewis et al., 2019), так і доступність придатних земель та водних ресурсів для відновлення лісів (Veldman et al., 2019). Більш обережні підходи свідчать, що масштабні заходи з афорестації та рефорестації можуть вилучити з атмосфери від 40 до 100 Гт С після досягнення зрілості лісами (Lewis et al., 2019; Veldman et al., 2019) — величина значна, але вона відповідає лише одному десятиліттю теперішніх антропогенних викидів.

Парадоксально, але висаджування дерев у деяких нелісових екосистемах може підвищувати викиди вуглецю та спричиняти потепління. У високих широтах низькоросла місцева рослинність часто вкривається шаром снігу, що здатний відбивати сонячні промені, тоді як вищі темні дерева поглинають більше сонячної енергії й викликають локальне потепління (Jackson et al., 2008; Winckler et al., 2019). Осушення та наступна афорестація торфовищ часто призводять до значних втрат вуглецю з ґрунтової органіки, що може переважати над вуглецевим поглинанням нових насаджень (Sloan et al., 2018). Висаджування дерев у саванах та степових екосистемах може підвищувати

ризик пожеж, що призводить до втрати вуглецю з рослинності та ґрунтів (Veldman et al., 2019). Проникнення деревної рослинності в природні трав'яні біоми спричиняє сумарну втрату вуглецю екосистеми (Jackson et al., 2002). Натомість рефорестація в тропіках, які історично були вкриті лісами, є найбільш ефективною для зменшення атмосферного CO_2 (Griscom et al., 2020). Належне управління, таке як профілактика пожеж, проріджування та підтримка родючості ґрунту, визначає, чи залишатимуться насаджені ліси поглиначами вуглецю, чи перетворяться на джерела CO_2 після пертурбацій (Waring et al., 2020).

Слід зазначити, що в моделюваннях імпульсного вилучення вуглекислого газу з атмосфери показано, що 23 ± 6 % зі 100 Гт С, вилучених з атмосфери, залишаються поза нею через 80–100 років після миттєвого вилучення, решта компенсується вивільненням вуглекислого газу із суходолу (49 ± 12 %) та океану (29 ± 7%) (Canadel et al., 2021). Цей rebound ефект означає, що при вилученні вуглекислого газу з атмосфери близько 80 % повертається назад.

Якщо CO_2 вилучається з атмосфери шляхом нарощування біомаси дерев, його концентрація зменшується не на ту величину, що відповідає приросту біомаси, оскільки океани та ґрунти вивільняють частину вуглецю. Якщо припустити, що рефорестація додатково зафіксує 60–90 Гт С у деревній біомасі, це знизить концентрацію атмосферного CO_2 лише на 17–31 ppm (House et al., 2002). Натомість перетворення всіх наявних лісів на пасовища або орні землі спричинило б зростання концентрації CO_2 в атмосфері на 130–290 ppm, що підкреслює критичну важливість збереження існуючих лісів (House et al., 2002).

Отже, біофізичні зворотні зв'язки, зокрема зміни альбедо, доступності води та кругообігу поживних речовин, rebound ефект, а також соціальні обмеження, пов'язані з конкуренцією за землю, роблять масштабну афорестацію складною та невизначеною стратегією (Jackson et al., 2008; Smith et al., 2016). Водночас ліси забезпечують значні супутні вигоди, що виходять за межі поглинання вуглецю, включаючи збереження біорізноманіття, регуляцію водних ресурсів, підтримку родючості ґрунтів. Висаджування дерев слід інтегрувати у стратегії стримування змін клімату та максимізації екологічних і суспільних вигод без відтермінування відмови від викопного палива.

Зміни землекористування мають вирішальне значення для кліматичної політики, оскільки природна рослинність і ґрунти накопичують великі запаси вуглецю, а їхні втрати внаслідок розширення сільськогосподарських угідь разом із викидами від агровиробництва забезпечують приблизно 20–25 % емісій парникових газів. Обмеженість кількості землі означає, що реалізація таких стратегій вимагає підвищення ефективності землекористування у світовому масштабі – як у зберіганні вуглецю, так і у виробництві продовольства. Більшість кліматичних стратегій передбачають збереження або збільшення запасів вуглецю на землі одночасно із задоволенням продовольчого попиту, який, за прогнозами, має зрости більш ніж на 50 % до 2050 р.

(Searchinger et al., 2018) пропонують індекс вуглецевої вигоди (*carbon benefits index*), який вимірює, як зміни в типах продукції, обсягах виробництва та виробничих процесах на одиниці площі землі сприяють глобальній спроможності зберігати вуглець і зменшувати сукупні викиди парникових газів. Цей індекс не оцінює біорізноманіття чи інші екосистемні цінності – їх слід досліджувати окремо. Врахування цих аспектів може мати значно важливіші наслідки для клімату, ніж раніше вважалося, бо стандартні методи оцінки впливу землекористування на викиди парникових газів систематично недооцінюють потенційну здатність землі накопичувати вуглець у разі її незалучення до сільського господарства. У випадку біоенергетичних культур слід враховувати не тільки вихід енергії з одиниці площі, але й вуглецевий баланс при різних варіантах використання землі.

Вплив зміни землекористування на запаси ґрунтового вуглецю становить важливу проблему в контексті міжнародних політик щодо скорочення викидів парникових газів.

Для розуміння наслідків зміни землекористування дуже важливе значення має високо цитована робота (Guo & Gifford, 2002). Авторами здійснено огляд літератури щодо впливу змін землекористування на запаси ґрунтового вуглецю і подано результати метааналізу даних із 74 публікацій (537 спостережень). Цей метааналіз показує, що запаси ґрунтового вуглецю зменшуються після переходу від пасовищ до плантацій (−10 %), від природних лісів до плантацій (−13 %), від природних лісів до сільськогосподарських угідь (−42 %) та від пасовищ до ріллі (−59%). Навпаки, запаси ґрунтового вуглецю зростають після переходу від природного лісу до пасовищ (+8 %), від ріллі до пасовищ (+19 %), від ріллі до плантацій (+18 %) та від ріллі до вторинного лісу (+53 %). Загалом, там, де певна зміна землекористування спричиняла зниження запасів ґрунтового вуглецю, зворотний перехід зазвичай призводив до їх збільшення, і навпаки. Ось деякі висновки, отримані в цьому метааналізі літератури щодо змін запасів ґрунтового вуглецю після змін землекористування. Якщо ліси вирубуються під пасовища, запаси ґрунтового вуглецю загалом не зменшуються й мають тенденцію до збільшення в регіонах з річною кількістю опадів 2000–3000 мм. Коли пасовища переходять у ліси, запаси ґрунтового вуглецю зменшуються під сосновими плантаціями, але не змінюються під плантаціями листяних порід або при природній регенерації вторинного лісу. Якщо природний ліс вирубується під плантаційне лісівництво, запаси ґрунтового вуглецю не змінюються під листяними плантаціями й під сосновими плантаціями в зонах з невеликою кількістю опадів, але зменшуються в регіонах із опадами понад 1500 мм на рік. Коли природний ліс розорюється під сільськогосподарські угіддя, запаси ґрунтового вуглецю у верхньому шарі ґрунту зменшуються вдвічі, тоді як на глибині суттєвих змін не спостерігається. При поверненні ріллі в ліси відбувається відновлення запасів ґрунтового вуглецю: це часткове відновлення у випадку плантаційного лісівництва і може стати повним у разі природної регенерації вторинного лісу. Коли рілля пере-

водиться під пасовища, запаси ґрунтового вуглецю зростають на глибинах до 100 см, проте відносний приріст зменшується з глибиною (Guo & Gifford, 2002).

Є кілька метааналізів щодо змін землекористування при переході до вирощування багаторічних деревних та трав'яних енергетичних культур. Зокрема (Harris et al., 2015) провели метааналіз на основі 27 публікацій, що стосуються змін у землекористуванні з метою виробництва біоенергії. За результатами аналізу 138 оригінальних досліджень показано, що перехід від ріллі до короткоротаційних лісонасаджень (тополя або верба) або багаторічних злакових культур (переважно міскантус або світчграс) призводив до зростання органічного вуглецю ґрунту (SOC – *soil organic carbon*) на +5,0 ± 7,8 % та +25,7 ± 6,7 % відповідно. Перехід від лугів до короткоротаційних деревних насаджень загалом мав нейтральний ефект (+3,7 ± 14,6 %), тоді як перехід від лугів до багаторічних трав'яних культур та від лісу до короткоротаційних деревних насаджень супроводжувався зменшенням SOC (−10,9 ± 4,3 % та −11,4 ± 23,4 % відповідно). Недостатня кількість парних даних не дозволила провести строгий метааналіз для викидів парникових газів. Однак узагальнені дані про загальні тенденції із 188 оригінальних досліджень показали як зростання, так і зменшення викидів CO_2 із ґрунту після переходу від лісів та ріллі до багаторічних трав'яних культур (Harris et. al., 2015).

(Siddique et al., 2023) провели метааналіз, що узагальнює дані 51 публікації (351 спостереження на 77 ділянках), розташованих у різних педо-кліматичних умовах, з метою вивчення впливу переходу до багаторічних культур на накопичення органічного вуглецю в ґрунті порівняно з двома типовими системами вирощування однорічних культур (монокультура та сівозміна). Результати показали, що багаторічні культури істотно збільшували запаси органічного вуглецю в ґрунті на 16,6 % і 23,1 % на глибині 0–30 см порівняно з монокультурою та сівозміною відповідно. Порівняно з обома системами вирощування однорічних культур, багаторічні культури суттєво підвищували запаси органічного вуглецю в ґрунті незалежно від їхнього функціонального фотосинтетичного типу (C3, C4 або проміжні C3-C4) та типу рослинності (деревна чи трав'яниста). Серед інших факторів суттєвий вплив на вміст органічного вуглецю в ґрунті мав рівень pH; натомість вплив ґрунтової текстури не виявився статистично значущим. Результати також засвідчили, що вплив тривалості вирощування багаторічних культур мав сигмоїдний характер: запаси органічного вуглецю в ґрунті зростали приблизно до 20 років, після чого досягали рівня стабілізації (Siddique et al., 2023).

У дослідженні (Wu et al., 2024) проведено всебічний глобальний метааналіз з метою кількісного визначення швидкості секвестрації SOC та виявлення її просторово-часових закономірностей при вирощуванні багаторічних енергетичних культур. Результати показали, що у світовому масштабі вирощування цих культур забезпечує швидкість секвестрації SOC на рівні 0,21 т/га/рік. Швидкість секвестрації SOC при вирощуванні переніалів спочатку зростала з віком культури, але згодом знижувалася, досягаючи піку на дев'ятий рік. Швидкість секвестрації SOC була вищою у глибших шарах ґрунту, особливо на глибині 30–60 см, порівняно з верхнім шаром (0–30 см).

Отже, загалом при переході від ріллі до багаторічних деревних та трав'янистих культур спостерігається зростання SOC. Однак залишаються прогалини в знаннях, особливо щодо дуже довготривалої динаміки, глибокого ґрунтового вуглецю та чистого балансу парникових газів (включаючи N_2O/CH_4), а також рівня SOC після повернення до ріллі та вирощування традиційних сільгоспкультур. Недавні дослідження показують, що ліквідація багаторічних біоенергетичних плантацій може спричинити додатковий викид вуглецю назад у ґрунт. (Martani et al., 2023) проаналізували 11-річний експеримент із шістьма видами енергетичних культур на маргінальних землях (три деревні культури та три трав'янисті), які були переорані та переведені в традиційні с/г культури (Martani et al., 2023). Несподівано вони виявили більший приріст SOC після повернення до традиційних культур, ніж під час періоду плантації. Упродовж двох років після закладу переніалів SOC значно зростав під усіма шістьма видами без суттєвих відмінностей між ними. Було секвестровано ≈ 5,35 т C/га за 11 років плантації, проте ще ≈ 10,95 т C/га додатково накопичилося за два роки після перекопування. Моделювання за допомогою моделі ECOSSE пов'язало цей різке зростання з включенням у верхні шари грунту підземної біомаси (коренів і кореневищ), яка швидко розкладалася та гумусувалася. Проте цей ефект може бути тимчасовим і потрібні довготривалі спостереження (Martani et al., 2023).

Біоенергетика може бути ефективно поєднана з очищенням забруднених ґрунтів (Grzegórska et al., 2020; Vázquez-Núñez et al., 2021; Amabogha et al., 2023; Bao et al., 2025, Wijekoon et al., 2025).

Повномасштабна війна в Україні спричинила безпрецедентну шкоду ґрунтовому покриву, викликану вибухами боєприпасів, витоками пально-мастильних матеріалів масовими руйнуваннями інфраструктури. Щонайменше 5 млн га ґрунтів містять високі концентрації забруднювачів, серед яких свинець (Pb), арсен (As), ртуть (Hg), кадмій (Cd), хром (Cr), мідь (Cu), цинк (Zn), нікель (Ni), селен (Se), уран (U), продукти нафтового походження, діоксини, нітроефіри, пер- та поліфторалкільні речовини, 2,4-динітротолуол, 2,4,6-тринітротолуол (TNT), гексагідро-1,3,5-тринітро-1,3,5-тріазоциклогексан (RDX), октагідро-1,3,5,7-тетратітро-1,3,5,7-тетразоцин, 2,4-динітротолуол, 1,3,5-тринітробензол, 2-аміно-4,6-динітротолуол, 4-аміно-2,6-динітротолуол. Більшість із цих речовин стійкі до біологічного розкладу й через ґрунтові води та трофічні ланцюги можуть створювати загрозу на ще більших площах (Sytar & Taran, 2022; Datsko et al., 2024; Solokha et al., 2024; Bonchkovskyi et al., 2025).

Гетерогенність забруднювачів та величезні площі становлять значні логістичні труднощі для екскавації ґрунтів та деконтамінації їх фізичними та хімічними методами. Оскільки тепер забруднені ґрунти непридатні для вирощування продовольчих культур то їх

фіторемедіація (використання рослин та їхніх ризосфер для поглинання та знешкодження токсичних речовин) могла би бути дешевшим способом очищення, який, крім того, міг би бути джерелом енергії чи сировини для хімічної промисловості. Високотемпературна обробка біомаси (>850 °C) ефективно руйнує органічні забруднювачі, але при цьому в атмосферу можуть потрапляти леткі метали, як ртуть та арсен, тому необхідними є системи фільтрації з електростатичними осаджувачами, тканинними фільтрами та мокрими скруберами (Song & Park, 2017; Mukherjee et al., 2025).

Рекуперація енергії при утилізації біомаси з поглинутими забруднювачами, поєднана з технологіями BECCUS (*Bioenergy with carbon capture and storage or utilization* – біоенергетика з уловлюванням вуглецю та його захороненням чи утилізацією) могла би принести ще й додаткову користь.

Ключовими у фіторемедіації ґрунтів є рослини-гіперакумулятори, які здатні накопичувати надзвичайно високі кількості певних токсикантів. Деякі види рослин, як-от *Thlaspi caerulescens, Alyssum murale, Pteris vittata,* можуть концентрувати метали, такі як цинк, кадмій, нікель (Suman et al., 2018; Mocek-Płóciniak et al., 2023; Oubohssaine & Dahmani, 2024; Lavanya et al., 2024; Islam et al., 2024; Rahman et al., 2024; Lee et al., 2025).

Але для досягнення оптимальної інтеграції біоенергетики з фіторемедіацією в сучасній рослинній біотехнології прагнуть поєднати ознаки, які часто не пов'язані в природних таксонів. Це підвищена здатність до поглинання та накопичення забруднювачів (фенотип "гіперакумулятора"), розгалужена коренева система, що поглинає та транспортує забруднювачі з глибоких горизонтів ґрунту, та значні обсяги біомаси. На молекулярному рівні найчастіше згадуються мішені для модифікації, що наведені нижче.

Модифікація мембранних транспортних систем – головним чином представників родин HMA, ZIP та NRAMP – спрямована на підвищення поглинання металів коренями та їх транспортування від кореня до надземної частини, що забезпечує надходження забруднювачів у придатну для збирання біомасу (Kotrba et al., 2009; Ozyigit et al., 2021). Посилення внутрішньоклітинного хелатування та вакуолярного секвестрування (наприклад, шляхом підвищеного синтезу фітохелатинів, глутатіону та металотіонінів або через активацію транспортерів тонопласту) підвищує толерантність рослин і зменшує цитотоксичність, дозволяючи безпечно накопичувати більші кількості металів у тканинах пагонів (Kotrba et al., 2009; Ozyigit et al., 2021). Зміцнення антиоксидантних і стресіндукованих систем (наприклад, супероксиддисмутази, пероксидаз та білків теплового шоку) зменшує супутні пошкодження, які інакше обмежували б виробництво біомаси на забруднених ґрунтах. Маніпуляція локусом DEEPER ROOTING 1 (DRO1) або його ортологами є підтвердженим шляхом до збільшення глибини та розгалуження кореневих систем і є перспективною трансляційною мішенню для багаторічних енергетичних культур (Uga et al., 2013; Kitomi et al., 2020). Молекулярний аналіз природних гіперакумуляторів вказує на участь АТФаз P-типу (родина HMA) та споріднених транспортерів у ефективному завантаженні ксилеми та накопиченні металів у надземних органах; проте надекспресія транспортерів сама по собі може порушувати гомеостаз металів, якщо вона не супроводжується підвищеним хелатуванням (фітохелатини/металотіоніни), вакуолярним транспортом та антиоксидантним буферуванням (Hanikenne et al., 2008; Nouet et al., 2015; Aryal, 2024).

У випадку нітроароматичних вибухових речовин (TNT, RDX) поглинання тканинами рослин, як правило, обмежене, і ремедіація ґрунту здебільшого залежить від мікробного розкладання в ризосфері; тому біоаугментація та інженерія ризосфери є ключовими доповненнями до рослинних ознак (U.S. EPA, 2000). Однак є і певні успіхи на шляху створення генномодифікованих рослин, що можуть використовуватися для очищення ґрунтів, забруднених вибуховими речовинами (Kumar, 2013). Трансгенний тютюн, що експресує бактеріальну пентаеритриттетранітратредуктазу, є першим прикладом різкого підвищення толерантності до вибухових речовин – тринітрогліцерину та TNT. Трансгенні рослини тютюн та *Arabidopsis*, що експресують бактеріальні нітроредуктази та ціанобактеріальні флаводоксини, здатні детоксикувати вибухові речовини та інший подібний забруднювач – 2,4-динітротолуол. Найперспективнішим на сьогодні прикладом комерційного використання трансгенних рослин для фіторемедіації є трансгенна тополя, здатна до деградації TNT. Результати з ремедіації RDX були отримані завдяки експресії бактеріальної системи *xplA–xplB* в *Arabidopsis*, яка продемонструвала здатність видаляти насичувальні концентрації RDX із рідкої культури та ґрунтового фільтрату. Це багатообіцяюче відкриття сприяло перенесенню технології в такі рослини, як гібриди тополі, які швидко ростуть і продукують відносно велику біомасу. Крім того, трансгенні багаторічні трав'яні культури з підвищеною стійкістю до вогню та механічних пошкоджень можуть бути використані для ремедіації RDX. Такі трав'яні культури також здатні витримувати відносно високі концентрації TNT. Крім того, дослідження показали, що трансгенні осики, які експресують бактеріальну нітроредуктазу з *Pseudomonas putida*, здатні витримувати удвічі вищий рівень забруднення TNT порівняно з немодифікованими деревами (Kumar, 2013).

Літературні дані свідчить, що створення рослин, які поєднують гіперакумуляцію, глибоку кореневу систему та високий вихід біомаси, є науково можливим і перспективним для застосування, але реалізація залежить від комплексного підходу. Подальші міждисциплінарні дослідження – від молекулярної фізіології та екології до оцінки життєвого циклу та соціально-економічного аналізу – необхідні, щоб перетворити експериментальні прототипи на практичні рішення.

Окрім внеску в підтримання родючості ґрунтів та видалення забруднювачів, біоенергетичні системи можуть розширювати екологічні переваги завдяки перетворенню залишкової біомаси на відновлювану енергію, водночас вирішуючи проблеми управління

відходами. Ефективне управління муніципальними біовідходами є ключовим для сталого розвитку та створення екологічних, економічних і соціальних переваг від їх переробки.

Для оцінки екологічних впливів методів управління біовідходами широко застосовується аналіз життєвого циклу. Однак через різноманіття методів переробки відходів та численність досліджень науковцям, практикам і особам, що ухвалюють рішення, буває складно обрати найбільш оптимальну модель для впровадження. В одній з недавніх робіт (Salomone et al., 2024) застосовано систематичний та бібліометричний огляд літератури для аналізу 195 статей, відібраних із бази даних Scopus, щодо управління муніципальними біовідходами та проблеми вибору найкращих практик. Це дослідження спирається на результати аналізів життєвого циклу. Серед різних методів поводження з відходами, представлених у вибірці, відкриті звалища та небезпечні полігони є найменш прийнятними. Дійсно, ці два підходи демонструють найвищі нормалізовані екологічні впливи порівняно з іншими методами, такими як безпечні полігони, спалювання з рекуперацією енергії, компостування та анаеробне зброджування (АЗ). Саме тому ці методи заборонені в багатьох країнах, у тому числі й тих, що розвиваються. Подібний висновок справедливий і для спалювання без рекуперації енергії, показано, що він має значний екологічний вплив, особливо щодо зміни клімату, але він менший, ніж у випадку захоронення на полігонах. Тому ці методи не рекомендуються для управління біовідходами. Порівняно з вищезгаданими підходами, методи безпечного захоронення та спалювання з виробництвом електроенергії забезпечують кращу екологічну стійкість. Це зумовлено тим, що вироблена електроенергія та тепло можуть компенсувати витрати енергії на процес утилізації.

Чи можуть ці технології конкурувати з компостуванням та АЗ? В одних випадках спалювання та контрольоване захоронення мали значно вищі екологічні впливи, ніж централізоване компостування та АЗ. Спалювання з виробництвом електроенергії також демонструє вищі екологічні впливи, ніж АЗ. Однак слід зазначити, що в іншому дослідженні, незважаючи на вищий вплив на зміну клімату, енергоефективність процесу спалювання трохи перевищує енергоефективність АЗ. (Kong et al., 2012), використовуючи дані штату Каліфорнія, встановили, що всі розглянуті варіанти – добре керований полігон твердих побутових відходів, компостування у відкритих валках, аеробне компостування та АЗ – зменшують обсяги викидів парникових газів порівняно з неконтрольованим скиданням відходів. Неочікувано, але саме захоронення з високим рівнем уловлювання полігонного газу забезпечило найбільше чисте (net) скорочення вуглецевих викидів на тонну відходів, за ним наступні позиції займали АЗ та компостування. Автори зауважили, що результати залежать від конкретних умов, однак загалом підкреслили ключову роль відновлення енергії та контролю виділення метану.

Яка технологія – компостування чи АЗ – є кращою? Відповідь на це питання є важливою для допомоги практикам і ухвалювачам рішень у виборі оптимальної моделі. Загалом результати аналізу життєвого циклу свідчать, що в багатьох випадках АЗ забезпечує кращу екологічну стійкість, ніж компостування. Автори вищезгаданого метааналізу (Salomone et al., 2024) зазначають, що рекомендовано пріоритетно використовувати АЗ для переробки харчових відходів, оскільки при цьому чисті (net) викиди менші, ніж в аеробного компостування, і вказують на екологічні переваги АЗ порівняно з компостуванням, що проводиться як на локальному, так і централізованому рівні. В іншому дослідженні, яке аналізують автори огляду, показано, що великомасштабне компостування, порівняно з АЗ, менше знижує екологічні впливи, або навіть збільшує їх. Екологічні впливи АЗ можуть ще більше знизитися за застосування двофазної системи АЗ. Така схема максимізує відновлення енергії та зменшує вплив на зміну клімату та інші екологічні показники порівняно з компостуванням, анаеробними мембранними біореакторами й традиційними безперервними зброджувальними реакторами. Однак в іншому дослідженні ця технологія виявилася трохи гіршою за компостування з точки зору зміни клімату, якості екосистем та використання викопного та ядерного палива. Це вказує на те, що екологічна ефективність може змінюватися від випадку до випадку. Незважаючи на це, АЗ зазвичай вважається кращим рішенням, ніж компостування. Крім того, автори зазначили, що інтеграція цих технологій – спочатку АЗ, а потім компостування дигестату – може стати перспективним рішенням для отримання переваг обох методів. Такий підхід демонструє кращі результати, ніж безпосереднє компостування біовідходів або лише АЗ. Це зумовлено тим, що така інтеграція дозволяє заощаджувати енергію завдяки когенераційним установкам, а також отримувати вигоди від компостування дигестату й використання його як добрива. Автори вважають, що цей підхід слід рекомендувати для управління біовідходами. Як зазначено, компостування й АЗ можна реалізовувати як на великому, так і на невеликому масштабі – централізовано чи децентралізовано. Тому важливо визначити, який формат забезпечує кращу екологічну стійкість. Встановили, що централізоване компостування валками демонструє кращі екологічні показники, ніж домашнє компостування. Аналогічні висновки отримані для централізованого анаеробного співзброджування органіки, сортованої за походженням. З іншого боку, показано, що порівняно з домашнім компостуванням промислове (централізоване) має менший вплив на закислення, евтрофікацію та зміну клімату, але більший у категоріях вичерпання абіотичних ресурсів, руйнування озонового шару, фотохімічної окисної здатності та кумулятивного енергетичного попиту. Це свідчить, що кожен масштаб має свої переваги й недоліки, і рішення слід приймати з урахуванням стану об’єктів регіону. Централізовані методи стикаються з викликами транспортування на великі відстані та високої залежності від постачання біовідходів. Децентралізована модель утилізації виявилася більш придатною для управління біовідходами (Salomone et al., 2024).

Слід зазначити, що недостатньо досліджень, які порівнювали би вплив компосту та дигестату на вміст

SOC (органічного вуглецю ґрунту), а це важливий аспект для оптимізації практик управління біовідходами та підвищення кліматичної стійкості агроекосистем.

Загалом інтеграція виробництва біоенергії з утилізацією біовідходів має потенціал знижувати навантаження на полігони, забезпечувати відновлювані джерела енергії та зменшувати викиди парникових газів Проте досягнення максимальної екологічної та економічної ефективності потребує ретельного врахування регіональних умов та аналізу повного життєвого циклу системи.

В Україні обсяг енергії, виробленої з біомаси у 2020 р., становив 185 ПДж, при цьому тверда біомаса домінує у структурі біопалива, забезпечуючи до 70 % загального обсягу виробництва енергії, на біогаз та рідкі біопалива припадає по 15 %, агровідходи забезпечують 42 % біоенергії (Pimenow et al., 2025).

Подальші дослідження, що враховують локальні агрокліматичні, економічні й інфраструктурні особливості, необхідні для оптимальної інтеграції біоенергетики в стратегії енергетичного переходу.

Висновки

Енергетичний вихід більшості сучасних біопалив на одиницю площі поверхні залишається недостатнім, щоб розглядати їх як системоутворювальну основу енергетичного переходу до нульових викидів парникових газів. Мікроводорості демонструють значно вищу продуктивність біомаси на одиницю площі, проте низький рівень технологічної готовності та високі енергетичні витрати на культивування й переробку обмежують перспективи широкого впровадження біопалива з мікроводоростей. Лігноцелюлозна сировина наразі розглядається у довгострокових сценаріях енергетичного переходу, однак зростаючі глобальні енергетичні та сировинні потреби вимагають пошуку альтернативних джерел вуглецевих сполук із замкнутими циклами переробки, які не потребують настільки масштабної мобілізації земельних ресурсів. Водночас не слід ігнорувати можливості рекуперації енергії в процесах фіторемедіації та утилізації біовідходів, що дозволяє поєднати енергетичні та екологічні вигоди.

Щодо цільового вирощування біоенергетичних культур, то потрібно враховувати багато факторів, які не враховувалися в більш ранніх стратегіях енергетичного переходу до нульових викидів. Біоенергетика повинна розглядатися в контексті AFOLU та враховувати складні взаємодії між біомасою, ґрунтами й атмосферою.

Аналіз втрат біомаси та ґрунтового органічного вуглецю, а також рівня емісії парникових газів у доіндустріальну та індустріальну еру від AFOLU та використання викопного палива дозволяє припустити, що сумарні викиди парникових газів могли бути співмірними, що ставить під сумнів апріорну кліматичну нейтральність біоенергетики. На даний час сектор AFOLU є джерелом емісії приблизно 22 % парникових газів, але, пов'язаний із природними екосистемами, разом з якими він розглядається, він є наразі також одним з основних *carbon sink* поряд з океанами та має потенціал до збільшення можливостей секвестрації вуглецю (зменшуючи його кількість в атмосфері), але також і ризик його втрат.

Тонкий баланс між статусом AFOLU як *carbon sink* та *carbon source* має бути у центрі наукової та політичної уваги.

Встановити, які саме зовнішні впливи покращуватимуть вуглецевий баланс (а це одна з основних цілей біоенергетики), надзвичайно складно, оскільки результати далеко не завжди інтуїтивні. Повсюдно поширений, як показали недавні дослідження (Xu et al., 2024), позитивний праймінг-ефект (втрата ґрунтами старого органічного вуглецю при внесенні нового) та неочікувані результати при афорестації, коли заміщення екосистем із меншою кількістю вуглецю на екосистеми, що мали би секвеструвати більшу кількість вуглецю, призводить до його втрат (Jackson et al., 2002; Veldman et al., 2019), свідчать про термінову необхідність подальших детальних досліджень проблеми з урахуванням локальних особливостей.

Подяки

Висловлюємо подяку Presidential Discretionary-Ukraine Support Grants (Simons Foundation, Award No 1030281) за фінансову підтримку проведення цього дослідження.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів.

References

4 per 1000 Initiative (2015). The "4 per 1000" Initiative: Soils for food security and climate. URL: https://4p1000.org/Nature+124P1000+12sdgs.un.org+12.

Amabogha, O. N., Garelick, H., Jones, H., & Purchase, D. (2023). Combining phytoremediation with bioenergy production: Developing a multi-criteria decision matrix for plant species selection. Environmental Science and Pollution Research International, 30(14), 40698–40711. DOI: 10.1007/s11356-022-24944-z.

Aryal, M. (2024). Phytoremediation strategies for mitigating environmental toxicants. Heliyon, 10(19), e38683. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e38683.

Atabani, A. E., Silitonga, A. S., Badruddin, I. A., Mahlia, T. M. I., Masjuki, H. H., & Mekhilef, S. (2012). A comprehensive review on biodiesel as an alternative energy resource and its characteristics. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 16(4), 2070–2093. DOI: 10.1016/j.rser.2012.01.003.

Bao, C., Cao, Y., Zhao, L., Li, X., Zhang, J., & Mao, C. (2025). Biofuel production from phytoremediated biomass via various conversion routes: A review. Energies, 18(4), 822. URL: https://www.mdpi.com/1996-1073/18/4/822.

Bastin, J. F., Finegold, Y., Garcia, C., Mollicone, D., Rezende, M., Routh, D., et al. (2019). The global tree restoration potential. Science, 365(6448), 76–79.

URL: https://www.science.org/doi/10.1126/science.aax0848.

Beringer, T., Lucht, W., & Schaphoff, S. (2011). Bioenergy production potential of global biomass plantations under environmental and agricultural constraints. GCB Bioenergy: Bioproducts and Sustainable Bioeconomy, 3(4), 299–312. DOI: 10.1111/j.1757-1707.2010.01088.x.

Berndes, G., Hoogwijk, M., & van den Broek, R. (2003). The contribution of biomass in the future global energy supply: A review of 17 studies. Biomass and Bioenergy, 25(1), 1–28. DOI: 10.1016/S0961-9534(02)00185-X.

Bingeman, C. W., Varner, J., & Martin, W. (1953). The effect of the addition of organic materials on the decomposition of an organic soil. Soil Science Society of America Journal, 17(1), 34–38. DOI: 10.2136/sssaj1953.03615995001700010009x.

Bonan, G. B. (2008). Forests and climate change: Forcings, feedbacks, and the climate benefits of forests. Science, 320(5882), 1444–1449. URL: https://www.science.org/doi/10.1126/science.1155121.

Bonchkovskyi, O., Ostapenko, P., Bonchkovskyi, A., & Shvaiko, V. (2025). War-induced soil disturbances in north-eastern Ukraine (Kharkiv region): Physical disturbances, soil contamination and land use change. Science of The Total Environment, 964, 178594. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2025.178594.

Campbell, J. E., Lobell, D. B., & Field, C. B. (2009). Greater transportation energy and GHG offsets from bioelectricity than ethanol. Science, 324(5930), 1055–1057. DOI: 10.1126/science.1168885

Canadell, J. G., Monteiro, P. M. S., Costa, M. H., Cotrim da Cunha, L., Cox, P. M., Eliseev, A. V., Henson, S., Ishii, M., Jaccard, S., Koven, C., Lohila, A., Patra, P. K., Piao, S., Rogelj, J., Syampungani, S., Zaehle, S. & Zickfeld, K. 2021: Global Carbon and other Biogeochemical Cycles and Feedbacks. In Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., Zhai P., Pirani A., Connors S.L., Péan C., Berger S., Caud N., Chen Y., Goldfarb L., Gomis M.I., Huang M., Leitzell K., Lonnoy E., Matthews J.B.R., Maycock T.K., Waterfield T., Yelekçi O., Yu R., & Zhou B. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 673–816. DOI: 10.1017/9781009157896.007.

Chen, P., Ilton, E. S., Wang, Z., Rosso, K. M., & Zhang, X. (2024). Global rare earth element resources: A concise review. Applied Geochemistry, 175, 106158. DOI: 10.1016/j.apgeochem.2024.106158.

Chen, P., Ilton, E. S., Wang, Z., Rosso, K. M., & Zhang, X. (2024). Global rare earth element resources: A concise review. Applied Geochemistry, 175, 106158. DOI: 10.1016/j.apgeochem.2024.106158.

Colla, M., Blondeau, J., & Jeanmart, H. (2022). Optimal use of lignocellulosic biomass for the energy transition, including the non-energy demand: The case of the Belgian energy system. Frontiers in Energy Research, 10, 802327. DOI: 10.3389/fenrg.2022.802327.

Congressional Research Service (2023). The Renewable Fuel Standard (RFS): An Overview (CRS Report R43325). URL: https://www.congress.gov/crs-product/R43325.

Datsko, O., Zakharchenko, E., Butenko, Y., Melnyk, O., Kovalenko, I., Onychko, V., Ilchenko, V., & Solokha, M. (2024). Ecological assessment of heavy metal content in Ukrainian soils. Journal of Ecological Engineering, 25(11), 100–108. DOI: 10.12911/22998993/192669.

Delannoy, L., Longaretti, P.-Y., Murphy, D. J., & Prados, E. (2021). Assessing global long-term EROI of gas: A net-energy perspective on the energy transition. Energies, 14(16), 5112. DOI: 10.3390/en14165112.

Dias, T. A. da C., Lora, E. E. S., Maya, D. M. Y., & Olmo, O. A. del. (2021). Global potential assessment of available land for bioenergy projects in 2050 within food security limits. Land Use Policy, 105, 105346. DOI: 10.1016/j.landusepol.2021.105346.

Dijkman, T. J., & Benders, R. (2010). Comparison of renewable fuels based on their land use using energy densities. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14(9), 3148–3155. DOI: 10.1016/j.rser.2010.07.029.

Dou, S., & Xu, D. (2022). The security of critical mineral supply chains. Mineral Economics, 2022 (August 25), 1–12. DOI: 10.1007/s13563-022-00340-4.

Eggers, J., Tröltzsch, K., Falcucci, A., Maiorano, L., Verburg, P. H., Framstad, E., Louette, G., Maes, D., Nagy, S., Ozinga, W., & Delbaere, B. (2009). Is biofuel policy harming biodiversity in Europe? GCB Bioenergy, 1(1), 18–34. DOI: 10.1111/j.1757-1707.2009.01002.x.

Erb, K.-H., Kastner, T., Plutzar, C., Bais, A. L. S., Carvalhais, N., Fetzel, T., Gingrich, S., Haberl, H., Lauk, C., Niedertscheider, M., Pongratz, J., Thurner, M., & Luyssaert, S. (2018). Unexpectedly large impact of forest management and grazing on global vegetation biomass. Nature, 553(7686), 73–76. DOI: 10.1038/nature25138.

Errera, M. R., Dias, T. D. C., Maya, D. M. Y., & Lora, E. E. S. (2023). Global bioenergy potentials projections for 2050. Biomass and Bioenergy, 170, 106721. DOI: 10.1016/j.biombioe.2023.106721.

European Academies Science Advisory Council (2019). Forest bioenergy, carbon capture and storage, and carbon dioxide removal: An update. URL: https://easac.eu/fileadmin/PDF_s/reports_statements/Negative_Carbon/EASAC_Commentary_Forest_Bioenergy_Feb_2019_FINAL.pdf.

European Parliament & Council (2009). Directive 2009/28/EC on the promotion of the use of energy from renewable sources (Full consolidated PDF). URL: https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:EN:PDF.

European Parliament & Council (2018). Directive (EU) 2018/2001 on the promotion of the use of energy from renewable sources (Recast, full text PDF). URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2001.

European Parliament & Council (2023). Directive (EU) 2023/2413 amending Directive 2018/2001 (RED III). URL: https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2023/2413/oj/eng.

Eurostat (2024). Energy statistics – an overview. European Commission. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/SEPDF/cache/29046.pdf.

Fan, J. H., Omura, A., & Roca, E. (2023). Geopolitics and rare earth metals. European Journal of Political Economy, 78, 102356. DOI: 10.1016/j.ejpoleco.2022.102356.

FAO (2025). Bioenergy statistics – 1990–2023 (FAOSTAT Analytical Briefs, No. 105). FAO. DOI: 10.4060/cd5520en.

Fargione, J., Hill, J., Tilman, D., Polasky, S., & Hawthorne, P. (2008). Land clearing and the biofuel carbon debt. Science, 319(5867), 1235–1238. DOI: 10.1126/science.1152747.

Ferroni, F., Guekos, A., & Hopkirk, R. J. (2017). Further considerations to: Energy return on energy invested (ERoEI) for photovoltaic solar systems in regions of moderate insolation. Energy Policy, 107, 498–505. DOI: 10.1016/j.enpol.2017.05.007.

Fizaine, F., & Court, V. (2016). Energy expenditure, economic growth, and the minimum EROI of society. Energy Policy, 95, 172–186. DOI: 10.1016/j.enpol.2016.04.039.

Fontaine, S., Barot, S., Barré, P., Bdioui, N., Mary, B., & Rumpel, C. (2007). Stability of organic carbon in deep soil layers controlled by fresh carbon supply. Nature, 450(7167), 277–280. DOI: 10.1038/nature06275.

Fontaine, S., Mariotti, A., & Abbadie, L. (2003). The priming effect of organic matter: A question of microbial competition? Soil Biology and Biochemistry, 35(6), 837–843. DOI: 10.1016/S0038-0717(03)00123-8.

Friedlingstein, P., Jones, M. W., O'Sullivan, M., Andrew, R. M., Bakker, D. C. E., Hauck, J., Le Quéré, C., Peters, G. P., Peters, W., Pongratz, J., Sitch, S., Canadell, J. G., Ciais, P., Jackson, R. B., Alin, S. R., Anthoni, P., Bates, N. R., Becker, M., Bellouin, N., ... Zheng, B. (2023). Global Carbon Budget 2023. Earth System Science Data, 15(12), 5301–5369. DOI: 10.5194/essd-15-5301-2023.

Ghorbani, Y., Ilankoon, I. M. S. K., Dushyantha, N., & Nwaila, G. T. (2025). Rare earth permanent magnets for the green energy transition: Bottlenecks, current developments and cleaner production solutions. Resources, Conservation and Recycling, 212, 107966. DOI: 10.1016/j.resconrec.2024.107966.

Government Accountability Office (2016). Renewable Fuel Standard: Program unlikely to meet its targets for reducing greenhouse gas emissions (GAO-17-94). URL: https://www.gao.gov/assets/gao-17-94.pdf.

Griscom, B. W., Busch, J., Cook-Patton, S. C., Ellis, P. W., Funk, J., Leavitt, S. M., Lomax, G., Turner, W. R., Chapman, M., Engelmann, J., Fargione, J., & Worthington, T. (2020). National mitigation potential from natural climate solutions in the tropics. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 375(1794), 20190126. DOI: 10.1098/rstb.2019.0126.

Grzegórska, A., Rybarczyk, P., Rogala, A., & Zabrocki, D. (2020). Phytoremediation — From environment cleaning to energy generation — Current status and future perspectives. Energies, 13(11), 2905. DOI: 10.3390/en13112905.

Guo, L. B., & Gifford, R. M. (2002). Soil carbon stocks and land use change: A meta analysis. Global Change Biology, 8(4), 345–360. DOI: 10.1046/j.1354-1013.2002.00486.x.

Gupta, A. K., & Hall, C. A. S. (2011). A review of the past and current state of EROI data. Sustainability, 3(10), 1796–1809. DOI: 10.3390/su3101796.

Hall, C. A. S. (2011). Introduction to special issue on new studies in EROI (energy return on investment). Sustainability, 3(10), 1773–1777. DOI: 10.3390/su3101773.

Hall, C. A. S., Balogh, S., & Murphy, D. J. R. (2009). What is the minimum EROI that a sustainable society must have? Energies, 2(1), 25–47. DOI: 10.3390/en20100025.

Hall, C. A. S., Lambert, J. G., & Balogh, S. B. (2014). EROI of different fuels and the implications for society. Energy Policy, 64, 141–152. DOI: 10.1016/j.enpol.2013.05.049.

Hall, C. A. S., Powers, R., & Schoenberg, W. (2008). Peak oil, EROI, investments and the economy in an uncertain future. In D. Pimentel (Ed.), Biofuels, solar and wind as renewable energy systems (pp. 109–132). Springer. DOI: 10.1007/978-1-4020-8654-0_5.

Hanikenne, M., Talke, I. N., Haydon, M. J., Lanz, C., Nolte, A., Motte, P., Kroymann, J., Weigel, D., & Krämer, U. (2008). Evolution of metal hyperaccumulation required cis-regulatory changes and triplication of HMA4. Nature, 453(7193), 391–395. DOI: 10.1038/nature06877.

Harris, Z. M., Spake, R., & Taylor, G. (2015). Land use change to bioenergy: A meta-analysis of soil carbon and GHG emissions. Biomass and Bioenergy, 82, 27–39. DOI: 10.1016/j.biombioe.2015.05.008.

He, F., Vavrus, S. J., Kutzbach, J. E., Ruddiman, W. F., Kaplan, J. O., & Krumhardt, K. M. (2014). Simulating global and local surface temperature changes due to Holocene anthropogenic land cover change. Geophysical Research Letters, 41(2), 452–457. DOI: 10.1002/2013GL058085.

House, J. I., Prentice, I. C., & Le Quéré, C. (2002). Maximum impacts of future reforestation or deforestation on atmospheric CO_2. Global Change Biology, 8(11), 1047–1052. DOI: 10.1046/j.1365-2486.2002.00536.x.

IEA Bioenergy (2025). The role of bioenergy in the energy transition, and implications on the global use of biomass. URL: https://www.ieabioenergy.com/blog/publications/the-role-of-bioenergy-in-the-energy-transition-and-implications-on-the-global-use-of-biomass.

IEA-ETSAP & IRENA (2013). Production of liquid biofuels: Technology brief. URL: https://www.ctc-n.org/sites/default/files/resources/irena-etsap_tech_brief_p10_production_of_liquid_biofuels.pdf.

International Energy Agency – Energy Technology Systems Analysis Programme (IEA-ETSAP), & International Renewable Energy Agency (IRENA). (2013). Production of liquid biofuels: Technology Brief P10. URL: https://www.ctc-n.org/sites/default/files/resources/irena-etsap_tech_brief_p10_production_of_liquid_biofuels.pdf.

International Energy Agency (2018). The future of petrochemicals. URL: https://www.iea.org/reports/the-future-of-petrochemicals.

International Energy Agency (2021a). The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions. International Energy Agency. URL: https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions.

International Energy Agency (2021b). What does net zero emissions by 2050 mean for bioenergy and land use? URL: https://www.iea.org/articles/what-does-net-zero-emissions-by-2050-mean-for-bioenergy-and-land-use.

International Energy Agency (2023). Global EV outlook 2023. IEA. URL: https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2023.

International Energy Agency (2024). World Energy Outlook 2024. URL: https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2024.

International Energy Agency (2025). Biofuels. URL: https://www.iea.org/energy-system/low-emission-fuels/biofuels.

International Renewable Energy Agency (2023). Geopolitics of the energy transition: Critical materials. Introduction and executive summary. Summary for policy makers. URL: https://www.irena.org/Digital-Report/Geopolitics-of-the-Energy-Transition-Critical-Materials.

International Renewable Energy Agency (IRENA) (2014). Global bioenergy supply and demand projections: A working paper for REmap 2030. URL: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2014/IRENA_REmap_2030_Biomass_paper_2014.pdf.

Ioelovich, M. (2015). Recent findings and the energetic potential of plant biomass as a renewable source of biofuels – A review. BioResources, 10(1), 1879–1914. DOI: 10.15376/biores.10.1.1879-1914.

IRENA, Global Bioenergy supply and Demand Projections, A Working Paper for REmap 2030, (Shunichi Nakada, Deger Saygin and Dolf Gielen), International Renewable Energy Agency, 2014, p. 5. URL: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2014/IRENA_REmap_2030_Biomass_paper_2014.pdf.

Islam, M. M., Saxena, N., & Sharma, D. (2024). Phytoremediation as a green and sustainable prospective method for heavy metal contamination: A review. RSC Sustainability, 2, 1269–1288. DOI: 10.1039/D3SU00440F.

Itani, K., & De Bernardinis, A. (2023). Review on new-generation batteries technologies: Trends and future directions. Energies, 16(22), 7530. DOI: 10.3390/en16227530.

Jackson, R. B., Banner, J. L., Jobbágy, E. G., Pockman, W. T., & Wall, D. H. (2002). Ecosystem carbon loss with woody plant invasion of grasslands. Nature, 418(6898), 623–626. DOI: 10.1038/nature00910.

Jackson, R. B., Randerson, J. T., Canadell, J. G., Anderson, R. G., Avissar, R., Baldocchi, D. D., et al. (2008). Protecting climate with forests. Environmental Research Letters, 3(4), 044006. DOI: 10.1088/1748-9326/3/4/044006.

Khalin, S., Smolyar, V., & Kovtun, O. (2020). Relevance of using miscanthus as biomass for combustion in solid fuel boilers. Technical and Technological Aspects of Development and Testing of New Machinery and Technologies for Agriculture in Ukraine, 30(44), 205–214. DOI: 10.31473/2305-5987-2022-1-30(44)-21 (in Ukrainian).

Kitomi, Y., Hanzawa, E., Kuya, N., Inoue, H., Hara, N., Kawai, S., Kanno, N., Endo, M., Sugimoto, K., Yamazaki, T., Sakamoto, S., Sentoku, N., Wu, J., Kanno, H., Mitsuda, N., Toriyama, K., Sato, T., Uga, Y., & Inukai, Y. (2020). Root angle modifications by the DRO1 homolog improve rice yields in saline soils. Proceedings of the National Academy of Sciences, 117(41), 25417–25423. DOI: 10.1073/pnas.2005911117.

Köchy, M., Hiederer, R., & Freibauer, A. (2015). Global distribution of soil organic carbon – Part 1: Masses and frequency distributions of SOC stocks for the tropics, permafrost regions, wetlands, and the world. SOIL, 1(1), 351–365. DOI: 10.5194/soil-1-351-2015.

Kong, D., Shan, J., Iacoboni, M., & Maguin, S. R. (2012). Evaluating greenhouse gas impacts of organic waste management options using life cycle assessment. Waste Management Research, 30(8), 800–812. DOI: 10.1177/0734242X12440479.

Kotrba, P., Najmanová, J., Macek, T., Ruml, T., & Mackova M. (2009). Genetically modified plants in phytoremediation of heavy metal and metalloid soil and sediment pollution. Biotechnology Advances, 27(6), 799–810. DOI: 10.1016/j.biotechadv.2009.06.00.

Kreutz, T. G., Larson, E. D., Liu, G., & Williams, R. H. (2008, September 29–October 3). Fischer–Tropsch fuels from coal and biomass. Paper presented at the 25th Annual Pittsburgh Coal Conference, Pittsburgh, PA. URL: https://acee.princeton.edu/wp-content/uploads/2016/10/Kreutz-et-al-PCC-2008-10-7-08.pdf.

Ku, A. Y., Alonso, E., Eggert, R., Graedel, T., Habib, K., Hool, A., Muta, T., Schrijvers, D., Tercero, L., Vakhitova, T., & Veeh, C. (2024). Grand challenges in anticipating and responding to critical materials supply risks. Joule, 8(5), 1208–1223. DOI: 10.1016/j.joule.2024.03.001.

Kumar, S. (2013). Phytoremediation of explosives using transgenic plants. Journal of Petroleum & Environmental Biotechnology, 4(Suppl 4), 11127. DOI: 10.4172/2157-7463.S4-001.

Kuzyakov, Y. (2010). Priming effects: Interactions between living and dead organic matter. Soil Biology and Biochemistry, 42(9), 1363–1371. DOI: 10.1016/j.soilbio.2010.04.003.

Lal, R. (2018). Digging deeper: A holistic perspective of factors affecting soil organic carbon sequestration in agroecosystems. Global Change Biology, 24(8), 3285–3301. DOI: 10.1111/gcb.13954.

Lark, T. J., Hochman, E. B., Smith, A., Pates, N., Hamilton, S. K., Wernick, I., Naidoo, R. N., Dale, V., & Gibbs, H. K. (2022). Environmental outcomes of the US Renewable Fuel Standard. Proceedings of the National Academy of Sciences, 119(9), e2101084119. DOI: 10.1073/pnas.2101084119.

Lavanya, M. B., Viswanath, D. S., & Sivapullaiah, P. V. (2024). Phytoremediation: An eco-friendly approach for remediation of heavy metal-contaminated soils — A comprehensive review. Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management, 22, 100975. DOI: 10.1016/j.enmm.2024.100975.

Lee, R., Ahuja, J., & Čavoški, A. (2024). The geopolitics of access to critical minerals necessary to support energy transition. Global Energy Law and Sustainability, 5(2). DOI: 10.3366/gels.2024.0122.

Lee, Y.-Y., Cho, K.-S., & Yun, J. (2025). Phytoremediation strategies for co-contaminated soils: Overcoming challenges, enhancing efficiency, and exploring future advancements and innovations. Processes, 13(1), 132. DOI: 10.3390/pr13010132.

Lewis, S. L., Mitchard, E. T. A., Prentice, C., Maslin, M., & Poulter, B. (2019). Comment on "The global tree restoration potential." Science, 366(6463), aaz0388. DOI: 10.1126/science.aaz0388.

Löhnis, F. (1926). Nitrogen availability of green manures. Soil Science, 22(4), 253–290. DOI: 10.1097/00010694-192610000-00001.

Lorenz, K., & Lal, R. (2005). The depth distribution of soil organic carbon in relation to land use and management and the potential of carbon sequestration in subsoil horizons. Advances in Agronomy, 88, 35–66. DOI: 10.1016/S0065-2113(05)88002-2.

Manochio, C., Andrade, B. R., Rodriguez, R. P., & Moraes, B. S. (2017). Ethanol from biomass: A comparative overview. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 80, 743–755. DOI: 10.1016/j.rser.2017.05.063.

Martani, E., Ferrarini, A., Hastings, A., & Amaducci, S. (2023). Soil organic carbon significantly increases when perennial biomass plantations are reverted back to annual arable crops. Agronomy, 13(2), 447. DOI: 10.3390/agronomy13020447.

Mazlumi, K., & Chandima, G. (2012). Hydrogen as an energy carrier: Prospects and challenges Renewable and Sustainable Energy Reviews. 16(5), 3024–3033. DOI: 10.1016/j.rser.2012.02.028.

Minasny, B., Malone, B. P., McBratney, A. B., Angers, D. A., Arrouays, D., Chambers, A., Chaplot, V., Chen, Z.-S., Cheng, K., Das, B. S., Field, D. J., Gimona, A., Hedley, C. B., Hong, S. Y., Mandal, B., Marchant, B. P., Martin, M., McConkey, B. G., Mulder, V. L., Winowiecki, L. (2017). Soil carbon 4 per mille. Geoderma, 292, 59–86. DOI: 10.1016/j.geoderma.2017.01.002.

Mocek-Płóciniak, A., Mencel, J., Zakrzewski, W., & Roszkowski, S. (2023). Phytoremediation as an effective remedy for removing trace elements from ecosystems. Plants, 12(8), 1653. DOI: 10.3390/plants12081653.

Mukherjee, S., Leri, A. C., Bandaranayaka, C., Vázquez-Núñez, E., Barros, R., Khan, A. H. A., Zhou, P., Zhang, T., Bernal, M. P., Clemente, R., & Bolan, N. (2025). Sustainable management of post-phytoremediation biomass. Energy, Ecology and Environment. DOI: 10.1007/s40974-025-00364-w.

Murphy, D. J., Raugei, M., Carbajales-Dale, M., & Rubio Estrada, B. (2022). Energy return on investment of major energy carriers: Review and harmonization. Sustainability, 14(12), 7098. DOI: 10.3390/su14127098.

Nøland, J. K., Auxepaules, J., Rousset, A., Perney, B., & Falletti, G. (2022). Spatial energy density of large-scale electricity generation from power sources worldwide. Scientific Reports, 12, 21280. DOI: 10.1038/s41598-022-25341-9.

Nouet, C., Charlier, J.-B., Carnol, M., Bosman, B., Recourt, K., & Hanikenne, M. (2015). Functional analysis of the three HMA4 copies of the metal hyperaccumulator Arabidopsis halleri. Journal of Experimental Botany, 66(19), 5783–5795. DOI: 10.1093/jxb/erv280.

Oubohssaine, M., & Dahmani, I. (2024). Phytoremediation: Harnessing plant power and innovative technologies for effective soil remediation. Plant Stress, 14, 100578. DOI: 10.1016/j.stress.2024.100578.

Ozyigit, I. I., Can, H., & Dogan, I. (2021). Phytoremediation using genetically engineered plants to remove metals: A review. Environmental Chemistry Letters, 19(2), 669–698. DOI: 10.1007/s10311-020-01095-6.

Papagianni, S., Capellán-Pérez, I., Adam, A., & Pastor, A. (2024). Review and meta-analysis of energy return on investment and environmental indicators of biofuels. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 203, 114737. DOI: 10.1016/j.rser.2024.114737.

Parvizi, P., Jalilian, M., Mohammadi Amidi, A., Zangeneh, M. R., & Riba, J.-R. (2025). From present innovations to future potential: The promising journey of lithium-ion batteries. Micromachines, 16(2), 194. DOI: 10.3390/mi16020194.

Paustian, K., Lehmann, J., Ogle, S., Reay, D., Robertson, G. P., & Smith, P. (2016). Climate-smart soils. Nature, 532(7597), 49–57. DOI: 10.1038/nature17174.

Phillip, A., & Goyal, B. (2024). Algal Biofuels: A Comprehensive Review and Analysis. Journal of Applied Life Sciences International, 27(5), 52–72. DOI: 10.9734/jalsi/2024/v27i5659.

Pimenow, S., Pimenowa, O., Moldavan, L., Udova, L., Wasilewski, M., & Wasilewska, N. (2025). Transforming Agriculture into Energy: Unlocking Ukraine's Bioenergy Potential for Sustainable Post-Conflict Recovery. Energies, 18(5), 1212. DOI: 10.3390/en18051212.

Pugh, T. A. M., Lindeskog, M., Smith, B., Poulter, B., Arneth, A., Haverd, V., et al. (2019). Role of forest regrowth in global carbon sink dynamics. Proceedings of the National Academy of Sciences, 116(10), 4382–4387. DOI: 10.1073/pnas.1810512116.

Rahman, S. U., Qin, A., Zain, M., Mushtaq, Z., Mehmood, F., Riaz, L., Naveed, S., Ansari, M. J., Saeed, M., Ahmad, I., & Shehzad, M. (2024). Pb uptake, accumulation, and translocation in plants: Plant physiological, biochemical, and molecular response: A review. Heliyon, 10(6), e27724. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e27724.

Rakhmetova, S. O., Vergun, O. M., & Rakhmetov, D. B. (2020). Efficiency of switchgrass (Panicum virgatum L.) cultivation in the Ukrainian Forest-Steppe zone and development of its new lines. The Open Agriculture Journal, 14(1), 273. DOI: 10.2174/1874331502014010273.

Rana, R. L., Lombardi, M., Giungato, P., & Tricase, C. (2020). Trends in scientific literature on energy return ratio of renewable energy sources for supporting policymakers. Administrative Sciences, 10(2), 21. DOI: 10.3390/admsci10020021.

Reick, C. H., Raddatz, T., Pongratz, J., & Claussen, M. (2010). Contribution of anthropogenic land cover change emissions to pre-industrial atmospheric CO_2. Tellus B: Chemical and Physical Meteorology, 62(5), 329–336. DOI: 10.1111/j.1600-0889.2010.00479.x.

Reid, W. V., Ali, M. K., & Field, C. B. (2019). The future of bioenergy. Global Change Biology Bioenergy, 12(1), 3–4. DOI: 10.1111/gcb.14883.

Ruddiman, W. F. (2003). The anthropogenic greenhouse era began thousands of years ago. Climatic Change, 61, 261–293. DOI: 10.1023/B:CLIM.0000004577.17928.fa.

Sahin, H., Solomon, A. A., Aghahosseini, A., & Breyer, C. (2024). Systemwide energy return on investment in sustainable power systems. Nature Communications, 15, 208. DOI: 10.1038/s41467-023-44232-9.

Salomone, R., Le, D. L., Mondello, G., Saija, G., Lanuzza, F., & Baglieri, D. (2024). Municipal biowaste management: A literature review of case studies, best practices, and life cycle assessments. In Proceedings of the IAQUIS International Conference 2024: Fostering organizational transformation for a sustainable future: Enhancing synergies between quality, innovation and sustainability (11–13 September 2024, Viterbo, Italy). URL: https://www.researchgate.net/publication/393698461_Municipal_biowaste_management_A_literature_review_of_case_studies_best_practices_and_life_cycle_assessments.

Sanderman, J., Hengl, T., & Fiske, G. J. (2017). Soil carbon debt of 12,000 years of human land use. Proceedings of the National Academy of Sciences, 114(36), 9575–9580. DOI: 10.1073/pnas.1706103114.

Saunders, P. (2020). Land use requirements of solar and wind power generation: Understanding a decade of academic research. Arlington, TX: Energy Innovation Reform Project. ISBN 9781735933504. URL: https://innovationreform.org/wp-content/uploads/2023/11/1909-Energy-Reform-Land-Use-Requirements_digital.pdf.

Schmer, M. R., Vogel, K. P., Mitchell, R. B., & Perrin, R. K. (2008). Net energy of cellulosic ethanol from switchgrass. PNAS, 105(2), 464–469. DOI: 10.1073/pnas.0704767105.

Searchinger, T. D., Beringer, T., Holtsmark, B., Wirsenius, S., & Dumas, P. (2018). Assessing the efficiency of changes in land use for mitigating climate change. Nature, 564, 249–253. DOI: 10.1038/s41586-018-0757-z.

Searle, S. Y., & Malins, C. J. (2016). Waste and residue availability for advanced biofuel production in EU Member States. Biomass and Bioenergy, 89, 2–10. DOI: 10.1016/j.biombioe.2016.01.008.

Sheehan, J., Dunahay, T., Benemann, J., & Roessler, P. (1998). A Look Back at the U.S. Department of Energy's Aquatic Species Program: Biodiesel from Algae. National Renewable Energy Laboratory (NREL/TP-580-24190). URL: https://www.nrel.gov/docs/legosti/fy98/24190.pdf.

Shirvani, T., Yan, X., Inderwildi, O. R., Edwards, P. P., & King, D. A. (2011). Life cycle energy and greenhouse gas analysis for algae-derived biodiesel. Energy & Environmental Science, 4(10), 3773–3778. DOI: 10.1039/C1EE01791H.

Siddique, I. A., Grados, D., Chen, J., Lærke, P. E., & Jørgensen, U. (2023). Soil organic carbon stock change following perennialization: a meta-analysis. Agronomy for Sustainable Development. DOI: 10.1007/s13593-023-00912-w.

Sloan, T., Payne, R. J., Bain, C., Chapman, S. J., Cowie, N., Gilbert, P., Lindsay, R., Mauquoy, D., Newton, A., & Andersen, R. (2018). Peatland afforestation in the UK and consequences for carbon storage. Mires and Peat, 23, 1–17. DOI: 10.19189/MaP.2017.OMB.315.

Smeets, E. M. W., Faaij, A. P. C., Lewandowski, I. M., & Turkenburg, W. C. (2007). A bottom-up assessment and review of global bio-energy potentials to 2050. Progress in Energy and Combustion Science, 33(1), 56–106. DOI: 10.1016/j.pecs.2006.08.001.

Smil, V. (2011). Harvesting the biosphere: The human impact. Population and Development Review, 37(4), 613–636. DOI: 10.1111/j.1728-4457.2011.00450.x.

Smith, P., Davis, S. J., Creutzig, F., Fuss, S., Minx, J., Gabrielle, B., et al. (2016). Biophysical and economic limits to negative CO_2 emissions. Nature Climate Change, 6, 42–50. DOI: 10.1038/nclimate2870.

Solokha, M., Demyanyuk, O., Symochko, L., Mazur, S., Vynokurova, N., Sementsova, K., & Mariychuk, R. (2024). Soil degradation and contamination due to armed conflict in Ukraine. Land, 13(10), 1614. DOI: 10.3390/land13101614.

Song, U., & Park, H. (2017). Importance of biomass management acts and policies after phytoremediation. Journal of Ecology and Environment, 41, 13. DOI: 10.1186/s41610-017-0033-4.

Strapasson, A., Woods, J., Chum, H., Kalas, N., Shah, N., & Rosillo-Calle, F. (2017). On the global limits of bioenergy and land use for climate change mitigation. GCB Bioenergy, 9(12), 1721–1735. DOI: 10.1111/gcbb.12456.

Suman, J., Uhlik, O., Viktorova, J., & Macek, T. (2018). Phytoextraction of heavy metals: A tool for environmental cleanup? Frontiers in Plant Science, 9, 1476. DOI: 10.3389/fpls.2018.01476.

Sytar, O., & Taran, N. (2022). Effect of heavy metals on soil and crop pollution in Ukraine – a review. Journal of Central European Agriculture, 23(4), 803–815. DOI: 10.5513/JCEA01/23.4.3603.

U.S. Congress (2007). Energy Independence and Security Act of 2007, Pub. L. 110-140, §1501–1509 (Renewable Fuel Standard provisions). Retrieved August 1, 2025. URL: https://www.govinfo.gov/content/pkg/PLAW-110publ140/pdf/PLAW-110publ140.pdf.

U.S. Department of Energy (2025). Advanced algal systems. Office of Energy Efficiency & Renewable Energy. URL: https://www.energy.gov/eere/bioenergy/advanced-algal-systems.

U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency & Renewable Energy, Bioenergy Technologies Office (2017). Researchers strive to reduce cost and time of

algal biofuel production. U.S. Department of Energy. URL: https://www.energy.gov/eere/bioenergy/articles/researchers-strive-reduce-cost-and-time-algal-biofuel-production.

U.S. Environmental Protection Agency (2000). Phytoremediation Resource Guide. U.S. Environmental Protection Agency. URL: https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-04/documents/phytoresgude.pdf.

U.S. Geological Survey (2024). Mineral Commodity Summaries 2024: Lithium. U.S. Department of the Interior. URL: https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2024/mcs2024-lithium.pdf.

UFOP – Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen (2023). Minor global land requirement by biofuels (Chart of the week, 04/2023). UFOP. URL: https://www.ufop.de/english/news/chart-week.

Uga, Y., Sugimoto, K., Ogawa, S., Rane, J., Ishitani, M., Hara, N., Kitomi, Y., Inukai, Y., Ono, K., Kanno, N., Inoue, H., Takehisa, H., Motoyama, R., Nagamura, Y., Wu, J., Matsumoto, T., Takai, T., Okuno, K., & Yano, M. (2013). Control of root system architecture by DEEPER ROOTING 1 increases rice yield under drought conditions. Nature Genetics, 45(9), 1097–1102. DOI: 10.1038/ng.2725.

United Nations Statistics Division (2014). Energy Statistics Yearbook 2014. URL: https://unstats.un.org/unsd/energy/yearbook/2014.htm.

United Nations Statistics Division (2022). Energy Statistics Yearbook 2022. URL: https://unstats.un.org/unsd/energystats/pubs/yearbook.

van Zalk, J., & Behrens, P. (2018). The spatial extent of renewable and non-renewable "Failed to load setting"camppower generation: A review and meta-analysis of power densities and their application in the U.S. Energy Policy, 123, 83–91. DOI: 10.1016/j.enpol.2018.08.023.

Vázquez-Núñez, E., Fernández-Luqueño, F., Peña-Castro, J. M., & Vera-Reyes, I. (2021). Coupling plant biomass derived from phytoremediation of potential toxic-metal-polluted soils to bioenergy production and high-value by-products—A review. Applied Sciences, 11(7), 2982. DOI: 10.3390/app11072982.

Veldman, J. W., Aleman, J. C., Alvarado, S. T., Anderson, T. M., Archibald, S., Bond, W. J., et al. (2019). Comment on "The global tree restoration potential". Science, 366(6463), eaay7976. DOI: 10.1126/science.aay7976.

Waring, B., Neumann, M., Prentice, I. C., Adams, M., Smith, P., & Siegert, M. (2020). Forests and decarbonization – Roles of natural and planted forests. Frontiers in Forests and Global Change, 3, 58. DOI: 10.3389/ffgc.2020.00058.

Watson, R. T., Noble, I. R., Bolin, B., Ravindranath, N. H., Verardo, D. J., & Dokken, D. J. (Eds.). (2000). Land use, land-use change, and forestry: A special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. DOI: 10.1017/S0376892901280308.

White, E., & Kramer, G. J. (2019). The changing meaning of energy return on investment and the implications for the prospects of post-fossil civilization. One Earth, 1(4), 416–422. DOI: 10.1016/j.oneear.2019.11.010.

Wijekoon, W., Priyashantha, H., Gajanayake, P., Manage, P., Liyanage, C., Jayarathna, S., & Kumarasinghe, U. (2025). Review and prospects of phytoremediation: Harnessing biofuel-producing plants for environmental remediation. Sustainability, 17(3), 822. DOI: 10.3390/su17030822.

Winckler, J., Lejeune, Q., Reick, C. H., & Pongratz, J. (2019). Nonlocal effects dominate the global mean surface temperature response to the biogeophysical effects of deforestation. Geophysical Research Letters, 46, 745–755. DOI: 10.1029/2018GL080211.

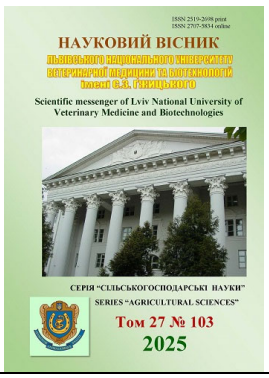
World Health Organization (2024). Household air pollution and health. WHO. URL: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/household-air-pollution-and-health.

World Nuclear Association (2025). Energy and the environment: Energy return on investment. URL: https://world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/energy-return-on-investment.

Wu, Y., Huang, H., Chen, F., Tan, T., & Xu, Y. (2024). Soil organic carbon sequestration rate and spatiotemporal dynamics under perennial energy crops cultivation: A global meta-analysis. Soil and Tillage Research, 240, 106064. DOI: 10.1016/j.still.2024.106064.

Xu, S., Delgado-Baquerizo, M., Kuzyakov, Y., Wu, Y., Liu, L., Yang, Y., Li, Y., Yu, Y., Zhu, B., & Yao, H. (2024). Positive soil priming effects are the rule at a global scale. Global Change Biology. Advance online publication. DOI: 10.1111/gcb.17502.

Yang, F., He, F., Li, S., Li, M., & Wu, P. (2023). A new estimation of carbon emissions from land use and land cover change in China over the past 300 years. Science of The Total Environment, 863, 160963. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.160963.



Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького. Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences

ISSN 2519–2698 print
ISSN 2707-5834 online

doi: 10.32718/nvlvet-a10306
https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture

UDC 636.2.034 / 57.087.01

Assessment of the influence of genetic and non-genetic factors on the days open in dairy cows (using the TTE-analysis)

O. S. Kramarenko, S. S. Kramarenko✉

Mykolayiv National Agrarian University, Mykolayiv, Ukraine

Article info

Received 11.06.2025
Received in revised form 14.07.2025
Accepted 15.07.2025

Mykolayiv National Agrarian University, George Gongadze Str., 9 Mykolayiv, 54008, Ukraine.
Tel.: +38-050-991-53-14
E-mail: kssnail0108@gmail.com

Kramarenko, O. S., & Kramarenko, S. S. (2025). Assessment of the influence of genetic and non-genetic factors on the days open in dairy cows (using the TTE-analysis). Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 27(103), 58–67. doi: 10.32718/nvlvet-a10306

Cow fertility is a major challenge in modern dairy farming worldwide. Low reproductive performance is one of the most common reasons for the early culling of dairy cows from the herd. It is generally accepted that a calving interval of approximately one year is an optimal indicator of both fertility and herd profitability. The primary aim of this study was to evaluate the influence of genetic and non-genetic factors on the days open (the calving to conception interval) in Holstein dairy cows using Time-to-Event analysis (the Kaplan-Meier survival curve and Cox proportional hazards model). The analysis was based on data from 463 Holstein cows calving between 2014 and 2017 at PJSC 'Stepnoy', situated in Kamiansko-Dniprovskyi district, Zaporizhzhia region. Days open ranged from 49 to 557 days, with a mean of 123.2 ± 3.5 days. The median, first (Q_1), and third (Q_3) quartiles were 98.0, 63.0, and 158.0 days, respectively. A significant effect of sire lineage was observed (P = 0.017). Cows sired by bull 9434213 Tandem had the shortest median days open (97.5 days), while those from bulls 7352184 Ungut and CA-94329 Rollingstone had the longest (118.0 days). Second-lactation cows had significantly longer days open than primiparous cows (median: 114.0 vs. 94.0 days; P = 0.003), while no significant difference was found between older cows (third lactation and beyond) and the other groups. The year of calving significantly affected days open (P = 0.001), with cows calving in 2017 showing a shorter duration compared to those calving in 2014–2016 (P = 0.002). Multivariate analysis revealed that cows calving in summer and autumn had significantly shorter days open than those calving in winter and spring – unlike in the univariate results. Improved methodologies for identifying cows with high and low fertility potential may serve as valuable tools in herd management and reproductive performance research.

Keywords: *Time-to-Event-analysis, Hazard Ratio, days open, genotypic and environmental factors, dairy cows.*

Оцінювання впливу генетичних та негенетичних факторів на тривалість сервіс-періоду молочних корів (з використанням TTE-аналізу)

О. С. Крамаренко, С. С. Крамаренко✉

Миколаївський національний аграрний університет, м. Миколаїв, Україна

Фертильність корів є основною проблемою сучасного молочного скотарства в усьому Світі. Низька репродуктивна ефективність – це одна з найпоширеніших причин раннього вибракування дійних корів зі стада. Загально прийнято, що інтервал між отеленнями близько одного року є оптимальним показником плодючості та рентабельності дійного стада. Головною метою даної роботи стало оцінювання впливу генетичних та не-генетичних факторів на тривалість сервіс-періоду молочних корів із використанням методів TTE-аналізу (крива виживаності Каплана-Мейєра та модель пропорційних ризиків Кокса). Матеріалом для виконання даної роботи були вихідні дані щодо корів голштинської породи, які отелились в умовах ПрАТ "Племзавод "Степной" Кам'янсько-Дніпровського району Запорізької області протягом 2014-2017 років (n = 463). Для корів голштинської породи в умовах ПрАТ "Племзавод "Степной" тривалість сервіс-періоду варіювала від 49 до 557 днів із середньою оцінкою – 123,2 ± 3,5 днів.

Оцінка медіани, першого (Q_1) та третього (Q_3) квартилів дорівнювали, відповідно, 98,0, 63,0 та 158,0 днів. Нами було виявлено вірогідний вплив походження корів (P = 0,017) на досліджувану ознаку. Найнижчу оцінку медіани тривалості сервіс-періоду мали корови, які походили від бугая-плідника 9434213 Тандем (97,5 днів), а найвищу – тварини, які походили від бугаїв плідників 7352184 Унгут та CA-94329 Роллінгстоун (118,0 днів). При цьому, тривалість сервіс-періоду тварин по II-й лактації вірогідно відрізнялася від відповідної оцінки для корів-первісток (медіанні значення – 114,0 та 94,0, відповідно; P = 0,003). У той час як тривалість сервіс-періоду повновікових корів (III-я лактація та більше) вірогідно не відрізнялися ані від первісток, ані від корів по II-й лактації. Було встановлено високо вірогідний вплив року отелення корів дослідної групи на тривалість їх сервіс-періоду (P = 0,001). В цілому, отримані оцінки мали дуже близькі значення для тварин, які отелились протягом 2014-2016 року (95,0-99,0 днів), а ось корови, чиї отелення прийшлися на 2017 рік, мали вірогідно (P = 0,002) коротшу тривалість сервіс-періоду. На відміну від результатів однофакторного аналізу, результати мультифакторного аналізу свідчать про те, що тварини, які отелилися влітку та восени вірогідно поступалися за тривалістю сервіс-періоду коровам із зимовими та весняними отеленнями. Методології, що уточнюють ідентифікацію корів з низьким та високим потенціалом фертильності, могли б стати цінними інструментами для досліджень у різних галузях управління.

***Ключові слова**: аналіз часу до певної події, відношення ризиків, тривалість сервіс-періоду, генетичні та не-генетичні фактори, молочна худоба.*

Вступ

Фертильність корів є основною проблемою сучасного молочного скотарства в усьому Світі. Низька репродуктивна ефективність – це одна з найпоширеніших причин раннього вибракування дійних корів зі стада. Загально прийнято, що інтервал між отеленнями близько одного року є оптимальним показником плодючості та рентабельності дійного стада. Для досягнення цього показника у корови після отелення повинна відновитися активність яєчників та потім вона повинна бути вчасно виявлена в статевій охоті. Біологічна можливість нового запліднення в цей час заснована на скоординованій роботі гіпоталамуса, гіпофіза, яєчників та матки, що призводить до нормальної інволюції матки та раннього відновлення функції яєчників (Temesgen et al., 2022).

Несприятлива (від'ємна) генетична кореляція між молочною продуктивністю та відтворювальними ознаками як за величиною, так і за напрямом показує, що будь-які зусилля щодо генетичного поліпшення ознак молочної продуктивності призведуть до негативного ефекту на відтворення високопродуктивних корів, внаслідок подовження сервіс-періоду та збільшенням індексу осіменіння (Habib et al., 2024).

Отже, на фоні складної мультифакторної природи мінливості тривалості сервіс-періоду дійних корів, що обумовлюється низкою генотипових та паратипових факторів, і тісно пов'язана із рівнем молочної продуктивності (як за попередню лактацію, так і за поточну), принципово нові методи та підходи потрібні для вирішення цієї проблеми. Одним з таких методів може бути запровадження TTE-аналізу до визначення факторів ризику тривалості сервіс-періоду, основні переваги якого було описано нами раніше (Kramarenko & Kramarenko, 2025).

Оцінка запліднювальної здатності корів (відсоток тільних корів) може давати завищені значення та серйозно переоцінити репродуктивний статус стада, якщо певні корови не будуть ще осіменінні і, тим більше, не запліднені на певний день їх наступної лактації. Тому інформація щодо медіани інтервалу від отелення до запліднення (тобто, тривалості сервіс-періоду) повинні бути доповнені даними щодо частки корів, які ще не осіменінні та/або запліднені. Одним з перших досліджень, в якому було запроваджено методи TTE-аналізу для оцінки відтворювальних ознак молочної худоби, була робота Івера Тайсена, опублікована у 1988 році (Thysen, 1988). А одним з перших досліджень, в якому було використано модель пропорційних ризиків Кокса (*the Cox proportional hazards model*) для аналізу факторів ризику (в першу чергу, впливу рекомбінантного бичачого соматотропну) на тривалість сервіс-періоду високопродуктивних молочних корів, є робота Еміліо Естебана зі співавторами, опублікована у 1994 році (Esteban et al., 1994).

В цьому ж році вийшла стаття Петера Фарина зі співавторами (Farin et al., 1994), в якій за допомогою методів TTE-аналізу було проаналізовано зв'язок тривалості сервіс-періоду з рівнем молочної продуктивності на фоні впливу таких важливих факторів, як номер лактації та сезон отелення корів голштинської породи. В цій роботі було показано, що порівняно з коровами, які отелилися восени, тварини, які отелилися влітку, мали на дві третини менше шансів стати заплідненими на певний момент часу. Навпаки, корови, які отелилися взимку чи навесні, мали більше шансів запліднитися. Надої понад 8025 кг знижували ризик запліднення корів. А взаємодія сезону та рівня молочної продуктивності була незначною, що вказує на те, що ці два фактори проявляються незалежно, впливаючи на фертильність корів дійного стада. В цій роботі також було використано модель пропорційних ризиків Кокса, а також криві виживаності Каплана-Мейєра (*Kaplan-Meier survival curves*).

Теоретичні аспекти запровадження TTE-аналізу для відтворювальних ознак молочної худоби (і, насамперед, тривалості сервіс-періоду), а також певні практичні поради також було розглянуто у двох публікаціях, що вийшли в кінці 90-х років минулого сторіччя (Harman et al., 1996; Vargas et al., 1998).

За допомогою пошукових систем Google Academy (https://scholar.google.com.ua/) та PubMed (https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/) було знайдено більше 110 статей, що опубліковано за останні 25 років у рецензованих (*peer review*) виданнях, в яких методи TTE-аналізу використовувалися для аналізу факторів ризику тривалості сервіс-періоду молочної худоби, і з них майже половина вийшли вже у 20-х роках XXI сторіччя.

Мета дослідження

Метою роботи стало оцінювання впливу генетичних та не-генетичних факторів на тривалість сервіс-періоду молочних корів дослідної групи із використанням методів TTE-аналізу.

Матеріал і методи досліджень

Вихідними даними для даної роботи була первинна інформація щодо корів голштинської породи (n = 463), які отелились в умовах ПрАТ "Племзавод "Степной" Кам'янсько-Дніпровського району Запорізької області протягом 2014–2017 років. В якості залежної змінної використано тривалість сервіс-періоду, що була розрахована як різниця між датою отелення та датою наступного плідного запліднення (у днях) для відповідної корови.

При перевірці гіпотези щодо впливу певних факторів ризику на тривалість сервіс-періоду було використано наступні незалежні змінні: індивідуальний номер та кличка бугая-плідника (із 14 градаціями), вік тварини у лактаціях (із трьома градаціями – перша, друга, третя та більше), рік отелення (із чотирма градаціями – 2014, 2015, 2016 та 2017 рр.), сезон отелення (із чотирма градаціями – зимовий, весняний, літній та осінній).

Було проведено чотири окремих однофакторних аналізів. Для цього було розраховано оцінки медіани та її 95 % довірчого інтервалу (*CI* – *confidence interval*) тривалості сервіс-періоду корів дослідної групи для кожної градації відповідних незалежних змінних окремо. Крім того, було проведено один мультифакторний аналіз, в який було включено всі градації всіх незалежних змінних одночасно.

Крім того, нуль-гіпотеза щодо відсутності впливу певної незалежної змінної перевірялася на підставі оцінки відношення ризиків (*HR* – *hazard ratio*) та його 95 % довірчого інтервалу між тваринами референтної субгрупи та кожної із решти субгруп. Крім того, для кожної незалежної змінної було розраховано оцінку тесту відношення правдоподібностей (*LTR* – *Likelihood Ratio Test*). Він має розподіл, близький до розподілу критерію узгодженості Пірсона хі-квадрат (χ^2) із k-1 ступенями свободи, де k – кількість градацій.

Всю статистичну обробку було проведено на підставі методик, що наведено в посібниках (Klein & Moeschberger, 2003; Kleinbaum & Klein, 2005; Machin et al., 2006) за допомогою програмного забезпечення JAMOVI v. 2.6.19 (Navarro & Foxcroft, 2025).

Результати та їх обговорення

В цілому для корів голштинської породи в умовах ПрАТ "Племзавод "Степной" тривалість сервіс-періоду варіювала від 49 до 557 днів із середньою оцінкою – 123,2 ± 3,5 днів. Гістограма розподілу вихідних даних (рис. 1) свідчить про наявність суттєвого відхилення емпіричного розподілу від нормального (Гауса-Лапласа), що підтверджується оцінками коефіцієнту асиметрії ($As \pm SE_{As}$ = 1,85 ± 0,11) та ексцесу ($Ex \pm SE_{Ex}$ = 4,69 ± 0,23). Оцінки медіани, першого (Q_1) та третього (Q_3) квартилів дорівнювали, відповідно, 98,0 63,0 та 158,0 днів.

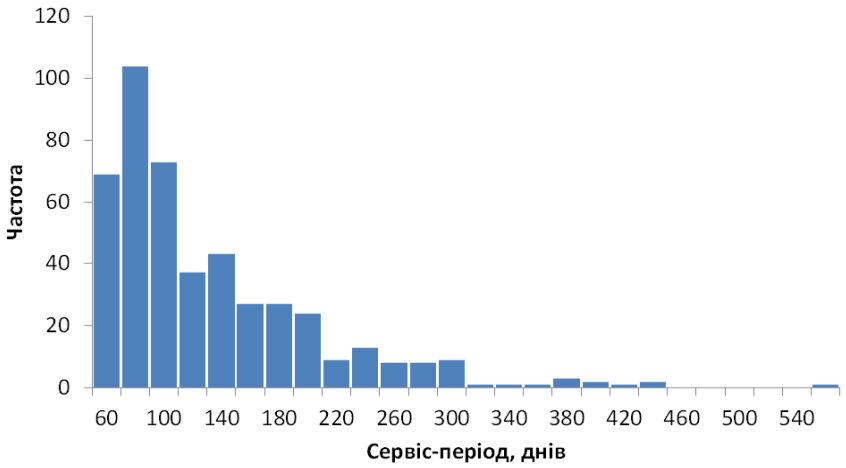


Рис. 1. Гістограма розподілу тривалості сервіс-періоду корів голштинської породи (n = 463)

На рисунку 2 наведено криву виживаності (та 95 % *CI*), побудовану за методом Каплана-Мейєра, тривалості сервіс-періоду для всіх 463 отелень корів голштинської породи, яких було включено до аналізу.

Аналіз отриманої кривої виживаності дає можливість оцінити, з якою ймовірністю тварини дослідної групи були запліднені (або, відповідно, не запліднені) на певний день поточної лактації. Наприклад, на 60-й день лактації ще не були запліднені 85,1 % корів (із 95 % *CI*: 81,9 – 88,4 %). На 100-й день лактації ще не були запліднені 46,9 % корів (із 95 % *CI*: 42,5 – 51,6 %). І, нарешті, на 200-й день лактації ще не були запліднені 12,7 % корів (із 95 % *CI*: 10,0 – 16,2 %).

Отже, з 50-го по 70-й день лактації для тварин дослідної групи має місце дуже виска вірогідність бути заплідненими – у цей період запліднювалися майже третина всіх тварин. З 70-го по 140-й день інтенсивність запліднюваності знижується – за цей інтервал часу також запліднилися біля третини всіх тварин. І нарешті, біля 30 % тварин запліднювалися після 140-го дня лактації. Навіть на 300-й день лактації 2,6 % корів (із 95 % *CI*: 1,5 – 4,5 %) ще не були запліднені.

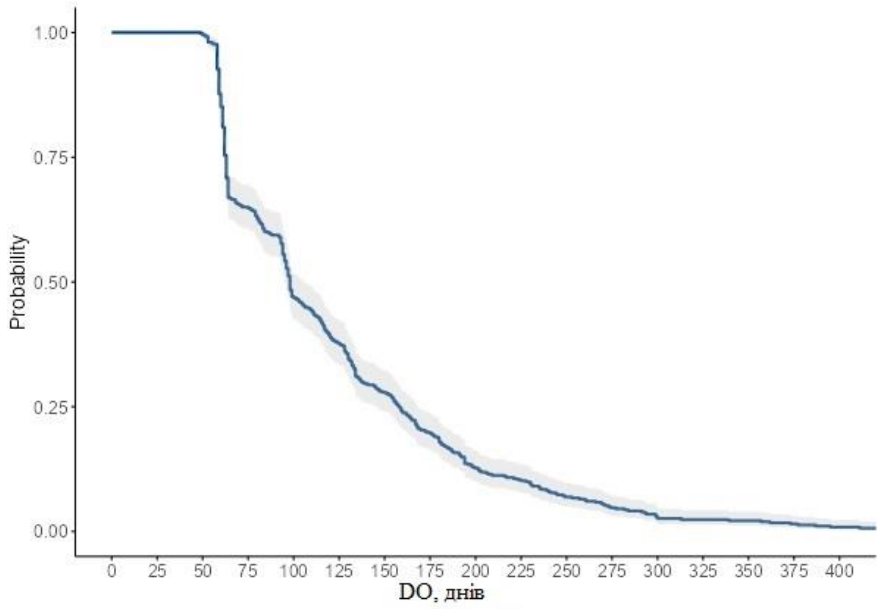


Рис. 2. Крива виживаності Каплана-Мейєра тривалості сервіс-періоду корів голштинської породи (n = 463)
Примітки: DO – тривалість сервіс-періоду. Probability – ймовірність того, що корова ще не запліднена. Наведено 95 % довірчий інтервал для оцінок виживаності

Основною перевагою TTE-аналізу є його здатність оцінити вплив факторів різної природи на ознаки, що представляють собою інтервал часу між двома подіями (у нашому випадку, між датою отелення та наступного запліднення).

В таблиці 1 наведено оцінки медіани (та 95 % *CI*) тривалості сервіс-періоду корів дослідної групи залежно від їх походження (тобто, впливу бугая-плідника). В цілому, було виявлено вірогідний вплив походження (тест відношення правдоподібностей: *TLR* = 25,94; *df* = 13; *P* = 0,017). Найнижчу оцінку медіани тривалості сервіс періоду мали корови, які походили від бугая-плідника 9434213 Тандем (97,5 днів), а найвищу – тварини, які походили від бугаїв плідників 7352184 Унгут та CA-94329 Роллінгстоун (118,0 днів).

Оцінка відношення ризиків (*HR*) дозволяє порівнювати попарно окремі субгрупи із тією субгрупою, яку обрано в якості референтної (у нашому випадку було обрано тварин, які походили від бугая-плідника 9434213 Тандем). Як бачимо, було виявлено три пари вірогідних відмінностей. Тварини, які походили від бугая-плідника 9434213 Тандем, мали вірогідно коротшу тривалість сервіс-періоду у порівнянні із тваринами, які походили від бугаїв-плідників 9498163 Гармоні, 207184648 Самуело та CA-94329 Роллінгстоун (у всіх випадках: $P < 0,05$).

Таблиця 1
Оцінки медіани (та 95 % *CI*) тривалості сервіс-періоду корів голштинської породи залежно від походження

Код	ID та кличка бугая-плідника	*n*	*ME* (днів)	95 % *CI* Low (днів)	95 % *CI* High (днів)	Hazard Ratio (*HR*)	*P*
A	9434213 Тандем	38	97,5	63,0	119,0	Ref	-
B	60700461 Хіатт	32	77,5	63,0	110,0	1,02 (0,64 – 1,64)	ns
C	us 40841 Клевеланд	30	70,0	63,0	115,0	1,09 (0,68 – 1,76)	ns
D	7418701 Твістер	26	82,5	62,0	118,0	1,13 (0,69 – 1,87)	ns
E	CA8641364 Пагевайр	26	92,5	64,0	115,0	0,83 (0,50 – 1,37)	ns
F	CA-10785322 Ломакс	10	62,5	59,0	NaN	1,13 (0,56 – 2,27)	ns
G	101709244 Нірвана	35	102,0	95,0	157,0	0,69 (0,44 – 1,10)	ns
H	7352184 Унгут	52	118,0	101,0	154,0	0,67 (0,44 – 1,02)	ns
I	CA 948124 Сідней	24	112,5	78,0	134,0	0,66 (0,40 – 1,11)	ns
J	9498163 Гармоні	36	105,5	93,0	155,0	0,59 (0,37 – 0,94)	0,027
K	207184648 Самуело	61	111,0	98,0	139,0	0,57 (0,38 – 0,86)	0,007
L	US 90982 Бахелор	32	96,5	66,0	152,0	0,64 (0,40 – 1,03)	ns
M	CA-94329 Роллінгстоун	48	118,0	84,0	155,0	0,60 (0,39 – 0,92)	0,020
N	UA948 Кингли	13	112,0	80,0	NaN	0,54 (0,29 – 1,02)	ns

Примітки: n – кількість записів; *ME* – оцінка медіани. 95 % *CI* Low, 95 % *CI* High – верхня та нижня межі 95 % довірчого інтервалу оцінки медіани. NaN – оцінку розрахувати неможливо. *HR* – відношення ризиків. ns – $P > 0,05$. Ref – референтна субгрупа

Оцінки відношення ризиків (*HR*) для останніх трьох субгруп були вірогідно нижче нуля (0,59, 0,57 та 0,60), що свідчить про більш низький шанс для тварини цих підгруп стати заплідненими на певний

день поточної лактації. Для ілюстрації цієї закономірності на рисунку 3 наведено криві виживаності тривалості сервіс-періоду корів голштинської породи, які походили від бугаїв-плідників 9434213 Тандем та 207184648 Самуело.

В таблиці 2 наведено оцінки медіани (та 95 % *CI*) тривалості сервіс-періоду корів дослідної групи залежно від номеру лактації.

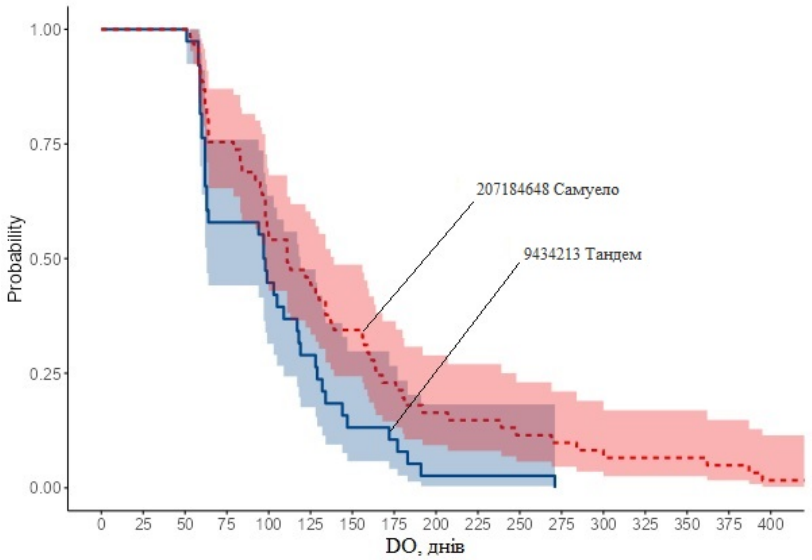


Рис. 3. Криві виживаності тривалості сервіс-періоду корів голштинської породи різних бугаїв-плідників (*n* = 99).
Примітки: DO – тривалість сервіс-періоду. Probability – ймовірність того, що корова ще не запліднена. Наведено 95 % довірчий інтервал для оцінок виживаності обох субгруп

Таблиця 2
Оцінки медіани (та 95 % *CI*) тривалості сервіс-періоду корів голштинської породи залежно від номеру лактації

Номер лактації	*n*	*ME* (днів)	95 % *CI* Low (днів)	95 % *CI* High (днів)	Hazard Ratio (*HR*)	*P*
I	237	94,0	83,0	97,0	Ref	-
II	165	114,0	98,0	129,0	0,74 (0,61 – 0,90)	0,003
III	61	105,0	96,0	128,0	0,89 (0,67 – 1,17)	ns

Примітки: n – кількість записів; *ME* – оцінка медіани. 95 % *CI* Low, 95 % *CI* High – верхня та нижня межі 95 % довірчого інтервалу оцінки медіани. *HR* – відношення ризиків. ns – *P* > 0,05. Ref – референтна субгрупа. I – перша лактація; II – друга лактація; III – третя та більше лактація

Було встановлено вірогідний вплив номеру лактації на тривалість сервіс-періоду корів дослідної групи (тест відношення правдоподібностей: *TLR* = 8,82; *df* = 2; *P* = 0,012). При цьому, тривалість сервіс-періоду тварин по II-й лактації вірогідно відрізнялася від відповідної оцінки для корів-первісток (медіанні значення – 114,0 та 94,0, відповідно; *P* = 0,003). У той час як тривалість сервіс-періоду повновікових корів (III-я лактація та більше) вірогідно не відрізнялися ані від первісток, ані від корів за II-у лактацію. Знову ж, оцінка відношення ризиків (*HR*), яка менше 1,0 для корів за II-у лактацію, свідчить про те, що вони мали більш низькі шанси стати запліднеными на певний день поточної лактації. Про це свідчать і результати, наведені на рисунку 4 із кривими виживаності тривалості сервіс-періоду корів голштинської породи залежно від номеру лактації.

У таблиці 3 наведено оцінки медіани (та 95 % *CI*) тривалості сервіс-періоду корів дослідної групи залежно від року отелення. Як бачимо, встановлено високо вірогідний вплив року отелення корів дослідної групи на тривалість їх сервіс-періоду (тест відношення правдоподібностей: *TLR* = 15,63; *df* = 3; *P* = 0,001).

В цілому, отримані оцінки мали дуже близькі значення для тварин, які отелилися протягом 2014-2016 року (95,0–99,0 днів), а ось корови, чиї отелення прийшлися на 2017 рік, мали вірогідно (*P* = 0,002) коротшу тривалість сервіс-періоду. Оцінка відношення ризиків для цієї субгрупи (*HR* = 1,94) свідчить про те, що вони мали шанси запліднитися в певний момент лактації у 1,94 рази вище, ніж тварин, інших субгруп, що і обумовило суттєве зниження тривалості їх сервіс-періоду.

Знову ж, це добре ілюструють результати, наведені на рисунку 5 із кривими виживаності тривалості сервіс-періоду корів голштинської породи залежно від року отелення.

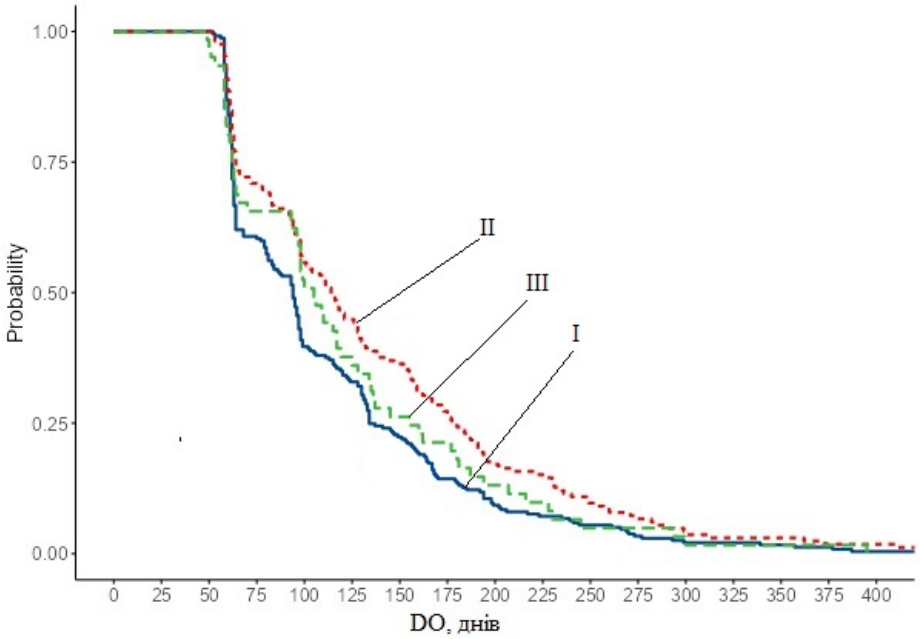


Рис. 4. Криві виживаності розподілу тривалості сервіс-періоду корів голштинської породи залежно від номеру лактації (n = 463)

Примітки: DO – тривалість сервіс-періоду. Probability – ймовірність того, що корова ще не запліднена. I – перша лактація; II – друга лактація; III – третя та більше лактація

Таблиця 3

Оцінки медіани (та 95 % *CI*) тривалості сервіс-періоду корів голштинської породи залежно від року отелення

Код	Рік отелення	*n*	*ME* (днів)	95 % *CI* Low (днів)	95 % *CI* High (днів)	Hazard Ratio (*HR*)	*P*
1	2014	63	95,0	84,0	131,0	Ref	-
2	2015	165	98,0	96,0	115,0	1,17 (0,87 – 1,57)	ns
3	2016	197	99,0	95,0	121,0	0,92 (0,69 – 1,22)	ns
4	2017	34	71,0	63,0	105,0	1,94 (1,27 – 2,96)	0,002

Примітки: *n* – кількість записів; *ME* – оцінка медіани. 95 % *CI* Low, 95 % *CI* High – верхня та нижня межі 95 % довірчого інтервалу оцінки медіани. *HR* – відношення ризиків. ns – $P > 0,05$. Ref – референтна субгрупа

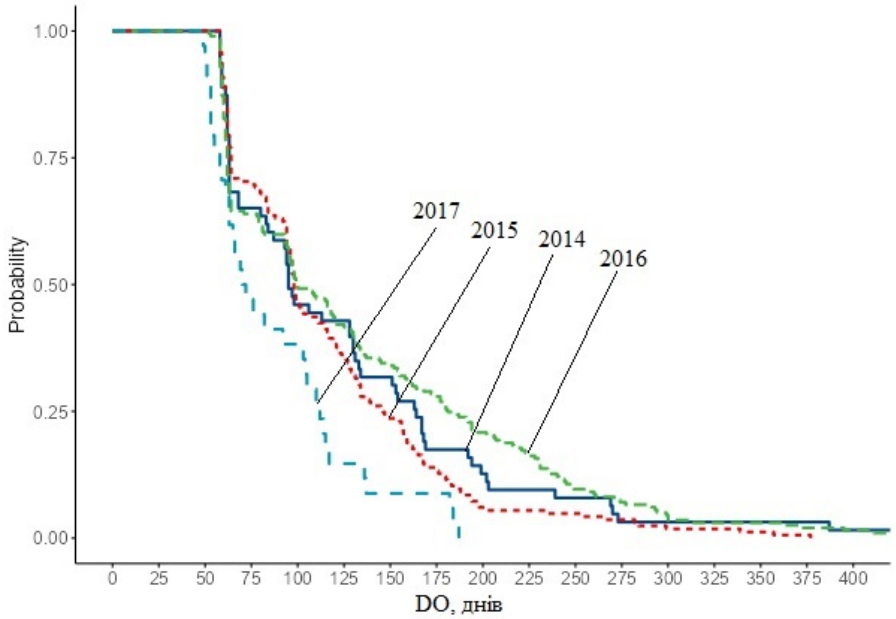


Рис. 5. Криві виживаності розподілу тривалості сервіс-періоду корів голштинської породи залежно від року отелення (n = 459)

Примітки: DO – тривалість сервіс-періоду. Probability – ймовірність того, що корова ще не запліднена

А ось у відношенні сезону отелення, нами не було виявлено вірогідних відмінностей оцінок медіани тривалості сервіс-періоду корів дослідної групи (табл. 4). Відповідні оцінки для тварин, які отелилися в різні сезони року, варіювали у дуже вузьких межах – від 93,0 днів (осінні отелення) до 111,0 днів (весняні отелення).

Відсутність суттєвих відмінностей для кривих виживаності тривалості сервіс-періоду корів голштинської породи залежно від сезону отелення можна відмітити на рисунку 6.

Таблиця 4

Оцінки медіани (та 95 % *CI*) тривалості сервіс-періоду корів голштинської породи залежно від сезону отелення

Код	Сезон отелення	*n*	*ME* (днів)	95 % *CI* Low (днів)	95 % *CI* High (днів)	Hazard Ratio (*HR*)	*P*
1	зимовий	87	100,0	93,0	117,0	Ref	-
2	весняний	125	111,0	97,0	132,0	1,01 (0,76 – 1,33)	ns
3	літній	166	98,0	93,0	113,0	1,12 (0,86 – 1,46)	ns
4	осінній	85	93,0	71,0	98,0	1,23 (0,91 – 1,66)	ns

Примітки: n – кількість записів; *ME* – оцінка медіани. 95 % *CI* Low, 95 % *CI* High – верхня та нижня межі 95 % довірчого інтервалу оцінки медіани. *HR* – відношення ризиків. ns – *P* > 0,05. Ref – референтна субгрупа

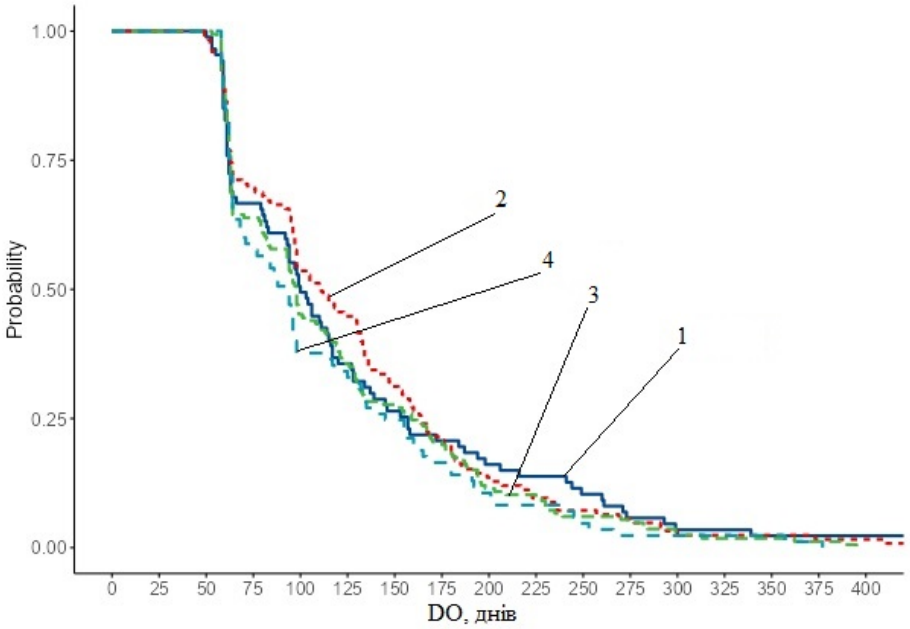


Рис. 6. Криві виживаності тривалості сервіс-періоду корів голштинської породи залежно від сезону отелення (*n* = 463)
Примітки: DO – тривалість сервіс-періоду. Probability – ймовірність того, що корова ще не запліднена. 1 – зимовий сезон; 2 – весняний сезон; 3 – літній сезон; 4 – осінній сезон

При побудові мультифакторної моделі тривалості сервіс-періоду нами було включено в аналіз всі градації всіх незалежних змінних – 14 градацій відповідно до бугая-плідника, три градації відповідно до номеру лактації, чотири градації відповідно до року отелення та чотири градації відповідно до сезону отелення. Не зважаючи на це, оцінка відношення ризиків для кожного фактора все одно була розрахована по відношенню до референтної групи, як і у випадку чотирьох незалежних однофакторних аналізів. Отримані результати цієї мультифакторної моделі наведено на рисунку 7.

Як бачимо, у випадку мультифакторної моделі відмічається певна взаємодія окремих факторів і в деяких випадках результати мультифакторної моделі відрізняються від результатів, отриманих для незалежних однофакторних моделей.

Так, для мультифакторної моделі вже більш суттєвим виявляється вплив бугаїв-плідників; на відміну однофакторної моделі, де лише три субгрупи корів різного походження вірогідно відрізнялися від тварин, які походили від бугая-плідника 9434213 Тандем (див. таблицю 1), для мультифакторної моделі вірогідні відмінності тривалості сервіс-періоду відмічено вже для шести субгруп та ще для однієї мала місце суттєва тенденція (*P* = 0,058).

Більше виражений був і вплив номеру лактації. Всі повновікові корови (II-ї лактації та більше) вірогідно переважали первісток за тривалістю сервіс-періоду.

Було ще раз підтверджено вплив року отелення. Тварини, які отелилися протягом 2017 року значно поступалися за тривалістю сервіс-періоду коровам із отеленнями у 2014–2016 рр.

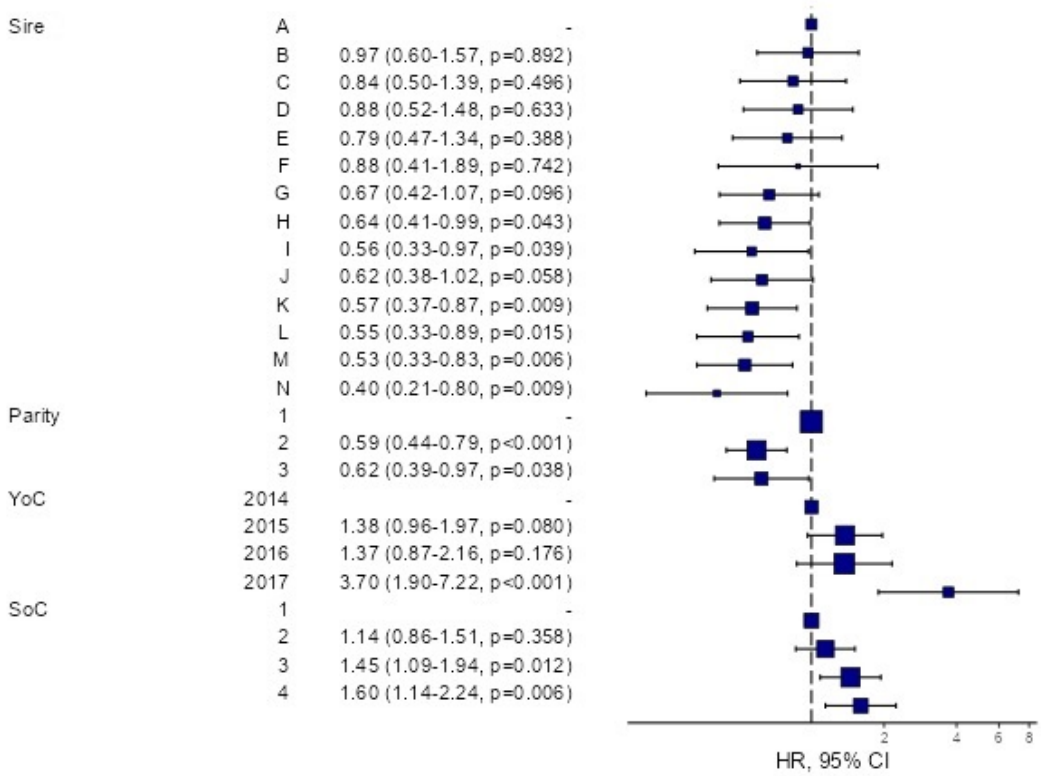


Рис. 7. Оцінки відношення ризиків (*HR* ± 95 % *CI*) виживаності розподілу тривалості сервіс-періоду корів голштинської породи для мультифакторної моделі

Примітки: DO – тривалість сервіс-періоду. Probability – ймовірність того, що корова ще не запліднена. Sire – код бугая-плідника, як у табл. 2. Parity – номер лактації; 1 – перша; 2 – друга; 3 – третя та більше. YoC – рік отелення. SoC – сезон отелення: 1 – зимовий сезон; 2 – весняний сезон; 3 – літній сезон; 4 – осінній сезон

І, на відміну від результатів однофакторного аналізу, результати мультифакторного аналізу свідчать про те, що тварини, які отелилися влітку та восени вірогідно поступалися за тривалістю сервіс-періоду коровам із зимовими та весняними отеленнями.

Якщо розглядати отримані нами результати у порівнянні з результатами інших дослідників, які також використовували для аналізу факторів ризику тривалості сервіс-періоду молочної худоби методи TTE-аналізу, то можна відмітити наступні закономірності.

В роботі N. Saranjam et al. (2020) було показано, що для молочної худоби сезон першого штучного осіменіння (AI) мав вірогідний вплив (*HR* = 0,47; *P* = 0,037) на тривалість сервіс-періоду корів-первісток. А в роботі F. M. Sahwan et al. (2021) було показано, що для корів голштинської породи в умовах Єгипту не було доведено вірогідного впливу номеру лактації на ймовірність запліднення на 400-й день поточної лактації, на відміну від сезону отелення; вірогідні відмінності (*P* = 0,025) було відмічено між зимовими та весняними отеленнями. Характерно, що в цій роботі також було доведено вірогідний вплив надою за 305 днів попередньої лактації на ймовірність запліднення корів на 400-й день поточної лактації. Так, у порівнянні із низькопродуктивними тваринами, корови з помірною та високою молочною продуктивністю мали менший ризик (*HR* = 0,77 та *HR* = 0,67, відповідно) запліднення на 400-й день поточної лактації і, відповідно, на 21 (*P* < 0,05) та 31 (*P* < 0,01) днів триваліше сервіс-період. Високо вірогідний вплив на цю ознаку було встановлено також для відмічених у тварин хвороб, таких як кульгавість, мастит та репродуктивні порушення. У порівнянні зі здоровими коровами, для корів з цими хворобами, ризик запліднення на 400-й день поточної лактації (*HR*) складав лише 0,72, 0,56 та 0,74 і, відповідно, вони мали триваліший сервіс-період (у всіх випадках: *P* < 0,001).

Крім того, в роботі M. Y. Temesgen et al. (2022) було показано, що для молочних корів в умовах Ефіопії головними факторами, що вірогідно (*P* < 0,05) впливали на тривалість сервіс-періоду, були сезон запліднення, система розведення та рівень молочної продуктивності в стаді. Відповідно, корови, які були осіменінні восени (*HR* = 4,45), взимку (*HR* = 2,12) та навесні (*HR* = 1,93) мали вірогідно вищий ризик запліднення, у порівнянні із тваринами, яких було осіменіно влітку. Відповідно, тривалість сервіс-періоду для тварин із літніми, осінніми, зимовими та весняними осіменіннями складала 69, 142, 154 і 151 днів, відповідно.

В роботі D. F. Pipino et al. (2023) було показано, що для тварин голштинської породи та помісних корів Swedish Red and White × Holstein не було доведено вірогідних відмінностей у тривалості сервіс-періоду для корів-первісток та повновікових корів (*P* > 0,05). Але при цьому було встановлено вірогідний вплив генотипового фактора (порода/породність корів), а також сезону отелення корів на тривалість їх сервіс-періоду. Оцінка *HR* для помісних корів Swedish Red and White × Holstein складала 1,4 (*P* < 0,001), тобто,

помісні тварини мали у 1,4 рази вище «ризик» запліднення, ніж чистопородні голштинські корови. Оцінки медіани тривалості сервіс-періоду у цих групах тварин складали 105,0 до 140,0 днів, відповідно. Крім того, оцінка *HR* складала 1,2 ($P < 0,005$) для корів, які отелилися в холодний сезон року у порівнянні із тваринами, які отелилися у теплий.

В роботі G. Constantin & R. Mihaela (2023) на коровах голштино-фризької породи (Румунія) було відмічено вірогідний вплив на тривалість сервіс періоду таких важливих характеристик, як стать теляти (*HR* = 0,93; $P = 0,003$), вік корови у лактаціях (*HR* = 0,89; $P < 0,01$) та наявність мертвонароджених телят (*HR* = 0,74; $P < 0,001$). Так, медіана тривалості сервіс-періоду для корів, які народили живих телят, складала 146,0 днів, у той час як для тварин із мертвонародженнями ця оцінка була значно вищою (178,0 днів).

В роботі T. W. Alemu et al. (2023) на канадських коровах голштинської породи також було встановлено вірогідний вплив номеру лактації, сезону отелення та рівня молочної продуктивності за попередню лактацію на тривалість їх сервіс-періоду. Так, «ризик» запліднення (тобто, оцінка *HR*) була нижчою (а тривалість сервіс-періоду, відповідно, вищою) для корів із середнім ($P = 0,004$) та високим ($P < 0,001$) рівнем молочної продуктивності за попередню лактацію у порівнянні із тваринами із низьким рівнем. Із збільшенням номеру лактації, оцінки *HR* також зменшувалися, а медіанна оцінка тривалості сервіс-періоду зростала – 120,0 днів (II-а лактація), 127,0 днів (III-я лактація), 139,0 днів (IV-а та більше лактація) у порівнянні із коровами-первістками (у всіх випадках: $P < 0,001$). Нарешті, корови, які отелилися навесні мали більш тривалий сервіс-період ($P = 0,002$), а корови, які отелилися влітку, навпаки, коротший ($P = 0,007$) у порівнянні із тваринами, які отелилися восени. Крім того, ці автори також встановили і вірогідний вплив року отелення на тривалість сервіс-періоду ($P < 0,001$), що також було відмічено і в нашому дослідженні.

В роботі L. Nan et al. (2023) було проведено аналіз впливу номеру лактації та сезону отелення китайських молочних корів на тривалість їх сервіс-періоду. Авторами було доведено вірогідний вплив як сезону отелення (лог-ранговий тест: $P < 0,001$), так і номеру лактації (лог-ранговий тест: $P = 0,023$). Медіанні оцінки тривалості сервіс-періоду складали 103,0, 91,0, 67,0 та 68,0 днів для корів, які отелилися навесні, влітку, восени та взимку, відповідно. Різниця оцінок тривалості сервіс-періоду в різні сезони року може бути викликана різним співвідношенням P/AI при першому TAI. Оскільки найчастіше перше TAI у стадах, що використовують стратегію синхронізації, в основному, відбувається на 50-70-й день лактації, це збігається з часовим вікном, що показало різке падіння кривої виживаності (див. рис. 1).

З іншого боку, в роботі U. Yáñez et al. (2024) було показано, що для іспанських корів голштинської породи не було доведено вірогідних відмінностей у тривалості сервіс-періоду залежно сезону отелення. Що стосується номеру лактації, то коровам по четвертій та п'ятій або наступних лактаціях потрібно було вірогідно більше ($P < 0,05$) часу для запліднення.

Висновки

Для корів голштинської породи в умовах ПрАТ "Племзавод "Степной" тривалість сервіс-періоду варіювала від 49 до 557 днів із середньою оцінкою – 123,2 ± 3,5 днів. Оцінка медіани, першого (Q_1) та третього (Q_3) квартилів дорівнювали, відповідно, 98,0 63,0 та 158,0 днів. Нами було виявлено вірогідний вплив походження корів ($P = 0,017$). Найнижчу оцінку медіани тривалості сервіс-періоду мали корови, які походили від бугая-плідника 9434213 Тандем (97,5 днів), а найвищу – тварини, які походили від бугаїв-плідників 7352184 Унгут та CA-94329 Роллінгстоун (118,0 днів). При цьому, тривалість сервіс-періоду тварин за II-у лактацію вірогідно відрізнялася від відповідної оцінки для корів-первісток (медіанні значення – 114,0 та 94,0, відповідно; $P = 0,003$). У той час як тривалість сервіс-періоду повновікових корів (III-я лактація та більше) вірогідно не відрізнялися ані від первісток, ані від корів за II-у лактацію. Було встановлено високо вірогідний вплив року отелення корів дослідної групи на тривалість їх сервіс-періоду ($P = 0,001$). В цілому, отримані оцінки мали дуже близькі значення для тварин, які отелилися протягом 2014-2016 року (95,0–99,0 днів), а ось корови, чиї отелення прийшлися на 2017 рік, мали вірогідно ($P = 0,002$) коротшу тривалість сервіс-періоду. На відміну від результатів однофакторного аналізу, результати мультифакторного аналізу свідчать про те, що тварини, які отелилися влітку та восени вірогідно поступалися за тривалістю сервіс-періоду коровам із зимовими та весняними отеленнями.

Перспективи подальших досліджень стосуються запровадження TTE-аналізу для інших ознак молочної худоби, що мають відповідний формат вихідних даних (тривалість лактації, сухостійного періоду, між отельного періоду, тривалості господарського використання, тощо).

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо викладу результатів досліджень.

References

Alemu, T. W., Santschi, D. E., Cue, R. I., & Duggavathi, R. (2023). Reproductive performance of lactating dairy cows with elevated milk β-hydroxybutyrate levels during first 6 weeks of lactation. Journal of Dairy Science, 106(7), 5165–5181. DOI: 10.3168/jds.2022-22406.

Constantin, G., & Mihaela, R. (2023). Causes and Effects of Stillbirths on Days Open and Cow Herd Survival in Holstein Friesian Cows. Open Journal of Veterinary Medicine, 13(3), 23–32. DOI: 10.4236/ojvm.2023.133003.

Esteban, E., Kass, P. H., Weaver, L. D., Rowe, J. D., Holmberg, C. A., Franti, C. E., & Troutt, H. F. (1994). Interval from calving to conception in high producing dairy cows treated with recombinant bovine somato-

tropin. Journal of Dairy Science, 77(9), 2549–2561. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(94)77196-4.

Farin, P. W., Slenning, B. D., Correa, M. T., & Britt, J. H. (1994). Effects of calving season and milk yield on pregnancy risk and income in North Carolina Holstein cows. Journal of Dairy Science, 77(7), 1848–1855. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(94)77126-5.

Habib, A. A, Gouda, G. F., El-Sayed, M., & Shemeis, A. R. (2024). Partial restricted selection indexes to fix the length of days open in high – yielding dairy cows. International Journal of Veterinary Science, 13(6), 833–840. DOI: 10.47278/journal.ijvs/2024.177.

Harman, J. L., Casella, G., & Gröhn, Y. T. (1996). The application of event-time regression techniques to the study of dairy cow interval-to-conception. Preventive Veterinary Medicine, 26(3–4), 263–274. DOI: 10.1016/0167-5877(95)00553-6.

Klein, J. P., & Moeschberger, M. L. (2003). Survival Analysis: techniques for censored and truncated data. New York : Springer. URL: https://link.springer.com/book/10.1007/b97377.

Kleinbaum, D. G., & Klein, M. (2005). Survival Analysis: a self-learning text. New York : Springer, 590 p.

Kramarenko, O. S., & Kramarenko, S. S. (2025). Assessment of the influence of genetic and non-genetic factors on the gestation length in dairy cows (using the TTE analysis). Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 27(102), 10–18. DOI: 10.32718/nvlvet-a10202.

Machin, D., Cheung, Y. B., & Parmar, M. (2006). Survival Analysis: A Practical Approach. John Wiley & Sons Ltd. URL: https://content.e-bookshelf.de/media/reading/L-580322-6dd58d8343.pdf.

Nan, L., Du, C., Fan, Y., Liu, W., Luo, X., Wang, H., Ding, L., Zhang, Y., Chu, C., Li, C., Ren, X., Yu, H., Lu, S. & Zhang, S. (2023). Association between days open and parity, calving season or milk spectral data. Animals, 13(3), 509. DOI: 10.3390/ani13030509.

Navarro, D. & Foxcroft, D. R. (2025). Learning Statistics with JAMOVI : A Tutorial for Beginners in Statistical Analysis. Cambridge, UK : Open Book Publishers. DOI: 10.11647/OBP.0333.

Pipino, D. F., Piccardi, M., Lopez-Villalobos, N., Hickson, R. E., & Vazquez, M. I. (2023). Fertility and survival of Swedish Red and White × Holstein crossbred cows and purebred Holstein cows. Journal of Dairy Science, 106(4), 2475–2486. DOI: 10.3168/jds.2022-22403.

Sahwan, F. M., Elmaghraby, M. M., Ngounndji, A., & Fathalla, M. M. (2021). Factors Affecting Days Postpartum to First Service, Days Open and Pregnancy Hazard in Holstein Cows Kept under the Subtropical Conditions of Egypt. Alexandria Journal of Veterinary Sciences, 71(2), 45–55. DOI: 10.5455/ajvs.29722.

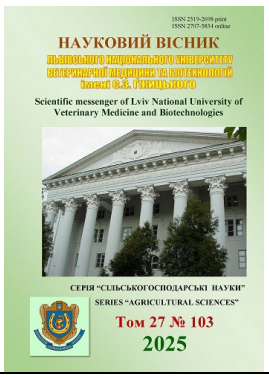
Saranjam, N., Moghaddam, M. F., Akbari, G., Mohammadsadegh, M., & Farzaneh, N. (2020). Associations between milk fat, protein and fat-to-protein ratio with some reproductive indices in dairy cows. Indian Journal of Animal Sciences, 90(5), 764–767. DOI: 10.56093/ijans.v90i5.104622.

Temesgen, M. Y., Assen, A. A., Gizaw, T. T., Minalu, B. A., & Mersha, A. Y. (2022). Factors affecting calving to conception interval (days open) in dairy cows located at Dessie and Kombolcha towns, Ethiopia. PLoS ONE, 17(2), e0264029. DOI: 10.1371/journal.pone.0264029.

Thysen, I. (1988). Application of event time analysis to replacement, health and reproduction data in dairy cattle research. Preventive Veterinary Medicine, 5(4), 239–250. DOI: 10.1016/0167-5877(88)90010-4.

Vargas, B., Van der Lende, T., Baaijen, M., & Van Arendonk, J. A. M. (1998). Event-time analysis of reproductive traits of dairy heifers. Journal of Dairy Science, 81(11), 2881–2889. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(98)75848-5.

Yáñez, U., Álvarez, J., Lorenzo, G., Caínzos, J., Dubuc, J., Becerra, J. J., Herradón, P. G., Peña, A. I., & Quintela, L. A. (2024). Effect of recombinant bovine granulocyte colony-stimulating factor treatment during the peripartum period on postpartum diseases, reproductive performance, and milk production in Holstein cattle. Research in Veterinary Science, 177, 105368. DOI: 10.1016/j.rvsc.2024.105368.



Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького. Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences

ISSN 2519–2698 print
ISSN 2707-5834 online

doi: 10.32718/nvlvet-a10307
https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture

UDC 636/637:631.1:331.45(477)

Occupational injuries in animal husbandry and crop production as major suppliers of raw materials for the processing industry in Ukraine

R. V. Mylostyvyi[1]✉, T. M. Dubov[1], V. O. Sapronova[1], B. V. Gutyj[2], N. A. Begma[1]

[1]*Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine*
[2]*Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, Lviv, Ukraine*

Article info

Received 11.06.2025
Received in revised form 14.07.2025
Accepted 15.07.2025

Dnipro State Agrarian and Economic University, S. Efremov Str., 25, Dnipro, 49600, Ukraine.
Tel.: +38-097-280-88-19
E-mail: mylostyvyi.r.v@dsau.dp.ua

Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, Pekarska Str., 50, Lviv, 79010, Ukraine.

Mylostyvyi, R. V., Dubov, T. M., Sapronova, V. O., Gutyj, B. V., & Begma, N. A. (2025). Occupational injuries in animal husbandry and crop production as major suppliers of raw materials for the processing industry in Ukraine. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 27(103), 68–73. doi: 10.32718/nvlvet-a10307

Occupational injuries in animal husbandry, crop production, and the processing industry remain a significant challenge for the agro-industrial sector of Ukraine. According to the analysis, animal husbandry demonstrates a decreasing share of injuries within the overall structure, reflecting the effects of technical modernization and the implementation of preventive measures. In contrast, crop production, after a period of decline, shows a renewed increase in injury rates, associated with a higher proportion of manual labor, the seasonal nature of work, and war-related risks. The most common causes of occupational accidents in animal husbandry are injuries resulting from direct contact with animals (up to 37 % of cases), technogenic factors (up to 26 %), and safety violations. In crop production, high rates of technogenic injuries (up to 44 %), road traffic accidents, and incidents related to burial or collapse of soil prevail. In the processing industry, the injury structure remains relatively stable, with the predominance of technogenic injuries, electrical traumas, and accidents during the movement of raw materials. The increasing share of injuries linked to military activities highlights the relevance of further improvement of occupational safety systems, strengthening preventive measures, and introducing modern risk monitoring tools. Future research should focus on developing effective risk management algorithms and integrating digital technologies to ensure worker safety in the context of dynamic industry changes.

Keywords: *occupational injuries, animal husbandry, crop production, processing industry, war-related risks, monitoring, prevention.*

Виробничій травматизм у тваринництві та рослинництві як основних постачальників продукції для переробної промисловості України

Р. В. Милостивий[1]✉, Т. М. Дубов[1], В. О. Сапронова[1], Б. В. Гутий[2], Н. А. Бегма[1]

[1]*Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна*
[2]*Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Ґжицького, м. Львів, Україна*

Виробничий травматизм у тваринництві, рослинництві та переробній промисловості залишається суттєвою проблемою для агропромислового комплексу України. За результатами аналізу, в тваринництві відмічається тенденція до зниження частки травм у загальній структурі, що відображає вплив технічної модернізації та впровадження профілактичних заходів. Водночас у рослинництві, після деякого періоду скорочення, спостерігається повторне зростання рівня травматизму, що пов'язано із підвищенням частки ручної праці, сезонним характером робіт і впливом воєнних ризиків. Найпоширенішими причинами нещасних випадків у тваринництві є травми від прямого контакту з тваринами (до 37 % випадків), техногенні ушкодження (до 26 %) та порушення правил безпеки. Для рослинництва характерні високі показники техногенних травм (до 44 %), дорожньо-транспортних

пригод і аварій, пов'язаних із засипанням чи обвалом ґрунту. У переробній галузі структура травматизму залишається відносно стабільною, із домінуванням техногенних травм, електротравм і випадків під час переміщення сировини. Зростання частки виробничих травм, пов'язаних із воєнними діями, підкреслює актуальність подальшого вдосконалення системи охорони праці, посилення профілактичних заходів і впровадження сучасних інструментів моніторингу виробничих ризиків. Подальші дослідження мають бути спрямовані на розробку ефективних алгоритмів управління ризиками і інтеграцію цифрових технологій для забезпечення безпеки працівників в умовах динамічних змін галузі.

Ключові слова: *виробничий травматизм, тваринництво, рослинництво, переробна промисловість, воєнні ризики, моніторинг, профілактика.*

Introduction

Occupational injuries in animal husbandry and crop production remain among the most pressing challenges for Ukraine's agro-industrial sector, as these fields supply the main volume of raw materials for the processing industry (Horodetskyi et al., 2024). Specific organizational features such as the seasonality of work, predominance of manual labor, physical overload, the use of uncertified equipment, and insufficient staff training significantly increase the risk of accidents (Ekmekci & Yaman, 2024).

In animal husbandry, injuries are most often associated with handling cattle, pigs, or horses, while the most fatal cases are linked to the use of technical equipment (Agnihotri et al., 2024; Nielsen & Norup, 2024). Similarly, in crop production, the leading causes of injuries are violations of safety regulations, operation of agricultural machinery, and neglect of personal protective equipment requirements (Mucci et al., 2020; Noroozi & Taherian, 2023).

Age and occupational characteristics of employees play a significant role in the risk structure. Increased vulnerability is observed among young people, older workers, and employees with chronic diseases (Ouattara et al., 2022; Weichelt et al., 2022). Most injuries affect the upper limbs, and the most severe injuries are associated with operating machines and mechanisms (Das, 2013; Markkanen et al., 2021).

The rising frequency of occupational injuries in the main branches of agriculture directly impacts human resources, production continuity, and the competitiveness of the processing industry (Evtushenko & Siryk, 2019; Michael & Gorucu, 2023). Considering labor market transformation, the effects of military actions, climate change, and socio-economic challenges, there is an urgent need for in-depth analysis of production risks and the implementation of systemic preventive measures (Nadvodniuk, 2023; Tsarenko & Khalin, 2025).

Recent studies emphasize the importance of quantitative risk assessment methods, insurance tools, and the introduction of innovative technologies in occupational safety systems (Mahmoud et al., 2021). The integration of approaches for preventing occupational risks is essential for the sustainable development of the agro-industrial complex.

Aim of the study

The aim of this study is to analyze the dynamics, structure, and causes of occupational injuries in animal husbandry, crop production, and the processing industry as the main sectors of Ukraine's agro-industrial complex, and to identify key areas for improving occupational safety systems in the context of current sectoral challenges.

Materials and Methods

This study is based on official statistical data from the State Labor Service of Ukraine (https://dsp.gov.ua/operatyvna-informatsiia/) that cover the dynamics of occupational injuries, the number of accidents, fatalities, and affected workers across various sectors of the agricultural industry (animal husbandry, crop production, and processing industry) for the period from 2014 to 2025. The data are structured according to the sectoral classification (KVED) with further detail by sub-sectors of the agro-industrial complex.

A comparative analysis was conducted on the dynamics and structure of occupational injuries in the main sectors of the agro-industrial complex, particularly in animal husbandry, crop production, and enterprises involved in agricultural product processing. For greater detail, thematic reports from the State Labor Service, analysis of typical accident cases, as well as results from scientific studies and international reviews were used, especially those addressing the causes and circumstances of occupational injuries and the influence of organizational and social factors.

To describe the most common causes of accidents, generalized information was used regarding the circumstances and mechanisms of injury, including types of activities, level of technical equipment, seasonality, characteristics of the production process, and the human factor.

Data processing, calculation of proportions, and the construction of tables and graphs were performed using Microsoft Excel and Statistica 12, followed by statistical summarization of key indicators.

Results and Discussion

The analysis of the dynamics of occupational injuries in animal husbandry and crop production over the period from 2014 to 2025 (see Table 1) demonstrates a general trend towards a reduction in the proportion of incidents in animal husbandry. This may be attributed to both technical modernization and the implementation of preventive measures. In contrast, after a marked decrease in the number of injuries in crop production during 2019–2021, there has been a renewed increase in indicators in 2022–2025, which is likely related to the impact of military operations, the seasonal nature of work, and a rising share of manual labor.

Table 1
Dynamics of occupational injuries in animal husbandry and crop production in Ukraine (2014–2025)

Period	Animal husbandry (cases / deaths / injured)	Share of APC (%)	Crop production (cases / deaths / injured)	Share of APC (%)
2014–2018	30 / 8 / 36	24.4	56 / 14 / 63	45.5
2019–2021	12 / 3 / 15	16.4	29 / 8 / 34	39.7
2022–2025*	15 / 3 / 17	6.3	45 / 11 / 52	18.9

Note. Data for 2025 are preliminary (as of August). The "Share of APC (%)" refers to the percentage of cases in the respective sector out of the total number of occupational injuries in the agro-industrial complex (APC) for the given period. APC in this context includes animal husbandry, crop production, fisheries, veterinary, and processing industries.

In both animal husbandry and crop production, most injuries are non-fatal, but any increase in the frequency of occupational accidents negatively affects workforce stability and the continuity of production. The reduction of the share of injuries in animal husbandry to a minimum level in the most recent period is considered a positive trend, whereas crop production remains characterized by a high level of risk, which requires further attention and improvement of occupational safety measures.

The main causes of accidents in animal husbandry during 2019–2025 (see Table 2) are primarily associated with direct contact with animals and technogenic factors. Injuries caused by cattle, pigs, or horses remain the most common, while the highest proportion of fatal cases is observed due to technogenic accidents, falls from heights, and road traffic accidents during the transportation of animals or feed. A significant share of incidents is related to violations of safety procedures and the absence or improper use of personal protective equipment.

Table 2
Most common causes of occupational accidents in animal husbandry (2019–2025)

Cause / Circumstance	Cases (%)	Fatalities (%)	Typical examples
Animal contact	~37 %	~19 %	Injuries from cattle, pigs, horses
Technogenic injuries	~26 %	~33 %	Falls from heights, machinery-related injuries, vehicle impact
RTA	~14 %	~17 %	RTAs during animal or feed transportation
Safety violations	~12 %	~15 %	Lack or improper use of PPE, carelessness
Electrical injuries	~5 %	~8 %	Electric shock, contact with faulty equipment
Burial/collapse of soil	~2 %	~3 %	Work in silage pits, storage facilities
Other (poisoning, fires, etc.)	~4 %	~5 %	Poisoning from disinfectant vapors, smoke inhalation, fires

Note. PPE – personal protective equipment; RTA – road traffic accident

Less common but potentially hazardous are electrical injuries, soil collapses during operations in storage facilities and silage pits, as well as cases of poisoning and fires. This structure of risks highlights the necessity of improving safety culture, technical equipment, and targeted accident prevention, especially in high-risk operations.

In crop production, the predominant causes of occupational accidents (see Table 3) are technogenic injuries, particularly those occurring while working with combines, tractors, and other agricultural machinery. These factors most often lead to fatal outcomes. A considerable proportion is also represented by road traffic accidents associated with the transportation of harvest and seeds, as well as cases of burial or collapse of soil in grain storage and pits.

Table 3
Most common causes of occupational accidents in crop production (2019–2025)

Cause / Circumstance	Cases (%)	Fatalities (%)	Typical examples
Technogenic injuries	~44 %	~35 %	Injuries from combines, tractors, falls from machinery
RTA	~19 %	~28 %	RTAs during harvest or seed transport
Burial/collapse of soil	~10 %	~17 %	Collapse of silos, pits, grain storage
Safety violations	~14 %	~13 %	Lack of PPE, carelessness during work
Electrical injuries	~4 %	~4 %	Contact with faulty electrical devices, electric shock
Other (poisoning, fires, etc.)	~9 %	~3 %	Chemical poisoning from crop protection products, fires, drowning during fieldwork

Note. PPE – personal protective equipment; RTA – road traffic accident

Violations of safety protocols are particularly noteworthy, including the lack of or improper use of personal protective equipment and carelessness during operations. Less common but still significant are electrical injuries and cases of poisoning by chemicals or fires, which, despite their lower frequency, may have severe consequences for workers. This risk structure underscores the importance of machinery modernization, strict adherence to occupational safety regulations, and regular staff training.

The dynamics of occupational injuries in the processing sector of the agro-industrial complex (see Table 4) demonstrate a relatively stable but low incidence

rate in both livestock and crop processing sectors. Over the analysed period, the share of injuries in these subsectors remains within the range of 7–12% of the total number of occupational injuries in agriculture.

At the same time, the frequency of occupational injuries in processing enterprises has not decreased as significantly as in primary production. This trend may be attributed to the specific nature of technological processes, the complexity of equipment, and the influence of human factors. Compared to livestock and crop production, the mortality rate in the processing sector remains relatively high, particularly at enterprises with a high concentration of mechanized operations and the use of powerful machinery. This highlights the ongoing need for modernization of production, improvement of safety training, and enhancement of occupational safety control systems at processing facilities.

Within the processing sector of the agro-industrial complex (see Table 5), technogenic injuries predominate and account for the largest share of both total and fatal cases. The main contributing factors are falls from height, injuries sustained while operating equipment, and accidents during the transportation of raw materials or finished products.

Table 4

Occupational injuries in livestock and crop processing (2014–2025) and share of the agro-industrial complex

Period	Livestock processing: cases / fatalities / affected	Share of AIC, %	Crop processing: cases / fatalities / affected	Share of AIC, %
2014–2018	11 / 3 / 13	8.9	15 / 4 / 18	12.2
2019–2021	7 / 2 / 8	9.6	9 / 3 / 11	12.3
2022–2025*	9 / 2 / 10	7.1	13 / 3 / 16	10.2

Note. The share of AIC (%) indicates the percentage of cases in the respective sub-sector out of the total number of occupational injuries in the agro-industrial complex (AIC) for the given period. The AIC figures for each period include the sum of cases across all agricultural domains, including crop production, livestock, fisheries, veterinary medicine, and processing industries. Livestock processing comprises meat processing plants, dairies, etc. Crop processing includes elevators, groat mills, oil-extraction, sugar and bread factories, as well as other agricultural processing enterprises. Data for 2025 are preliminary as of August

Table 5

The most common causes of occupational accidents in the processing sector of the agro-industrial complex (2019–2025)

Cause / Circumstance	Cases (%)	Fatal (%)	Typical incidents
Technogenic injuries	~41	~36	Falls from height, injuries during equipment operation, transport
Safety violations	~18	~21	Absence or improper use of PPE, non-compliance with regulations
Electrical injuries	~13	~16	Electric shock, work with faulty electrical installations
Burial or collapse of bulk materials	~8	~12	Burial in grain elevators, silos, or bunkers
Road traffic accidents (RTA)	~8	~6	Accidents during transportation of raw materials or products
Fires and explosions	~6	~7	Fires, explosions due to equipment malfunction or emergencies
Other (poisoning, chemical injuries)	~6	~2	Ammonia vapor poisoning, disinfectant exposure, contact with chemicals

Note. Road traffic accidents (RTA) refer to incidents occurring during the transportation of raw materials or products within the enterprise premises, as well as during logistical operations between individual units of the processing industry

Violations of safety regulations and electrical injuries associated with the operation of faulty electrical installations play a significant role. Additional risk factors include incidents involving bulk materials, particularly burial in elevators and silos, as well as road traffic accidents within the premises of enterprises. Although fires, explosions, and chemical poisoning are less frequent, such incidents can also result in severe consequences for employees. Overall, the structure of occupational injuries in the processing sector highlights the necessity of comprehensive technical safety measures, equipment upgrades, and strict compliance with operational regulations.

In the period from 2022 to 2025, according to operational reports and accident registries, occupational injuries directly related to military activities (such as shelling, mining, armed clashes, and unexploded ordnance) accounted for approximately 7 to 12 percent of all cases across Ukraine. These results are consistent with current trends in occupational injury within the agricultural sector, especially in Ukraine, where the risk profile is significantly exacerbated by the impact of military events (Grigorian, 2023). Resource constraints and an additional background of stress underscore the need to implement adaptive occupational safety management strategies that incorporate both organisational and technological aspects of safety.

The impact of the human factor, deficiencies in training, and organisational shortcomings is confirmed by both international and national studies (Mahmoud et al., 2021; Johnson et al., 2021). A systematic approach to monitoring and analysing production operations, with consideration for the type of equipment, spatial organisation, and the level of staff training, enables the identification of the most hazardous areas and the development of targeted preventive measures (Mylostyvyi, 2023; Qi et al., 2024).

The high rate of occupational injuries in the livestock sector is attributable not only to the use of machinery, but also to a significant proportion of injuries sustained during animal handling, in accordance with the findings of Damroth et al. (2019) and Tulloch et al. (2023). An insuf-

ficient level of staff training, disregard for safety standards, and the absence of regular instruction contribute to serious incidents among both experienced workers and younger employees, as also reflected in the studies by Weichelt et al. (2022).

A similar pattern is observed in crop production, where most injuries occur during the operation of machinery, and fatal incidents are frequently associated with non-compliance with safety instructions, as evidenced by Kim et al. (2016) and Bhattarai et al. (2016). The most vulnerable body parts remain the upper limbs, with negligence, inadequate use of personal protective equipment, and excessive physical workload being dominant risk factors.

In the processing industry, the risk profile is also consistent with global trends: injuries sustained while working with equipment, breaches of technological discipline, insufficient enforcement of standards, and poor instruction remain the main causes of occupational accidents (Prasetyo et al., 2022; Hösükler, 2022). An important contributing factor is the involvement of inexperienced or elderly staff in hazardous work (Ouattara et al., 2022).

According to Kjestveit et al. (2021), effective injury prevention requires a comprehensive sociotechnical approach that takes into account both technological and behavioural factors, in particular the safety culture, regular training, and support at all levels of the organisation.

A significant contribution to contemporary risk management systems is provided by the implementation of insurance (Tsarenko & Khalin, 2025), the continuous monitoring of compliance with instructions, and the multifactorial assessment of the production environment (Davoudi Kakhki et al., 2019). The integration of analytical and digital technologies, risk factor analysis using advanced models (Davoudi Kakhki et al., 2019; Wrzecińska et al., 2023), and increased staff awareness—all these measures contribute to reducing both the frequency and severity of injuries across all segments of the agro-industrial complex.

Finally, systematic analysis and monitoring of the causes of occupational injuries, as emphasised by Horodetskyi et al. (2024), enable the optimisation of risk management systems and the enhancement of personnel awareness, which is a key factor in reducing the overall incidence of injuries and fatalities within the sector.

Conclusion

The analysis of occupational injuries in the livestock and crop production sectors of Ukraine demonstrates an increase in their incidence during 2022–2025. This trend is primarily attributed to a higher proportion of manual labour, the seasonal nature of agricultural work, and the impact of military activities. In livestock production, the leading causes of accidents remain direct contact with animals, technogenic factors, and breaches of safety regulations. In crop production, technogenic injuries during the operation of agricultural machinery, road traffic accidents, and cases of burial or collapse of soil are most prevalent. The processing industry maintains a relatively steady level of occupational injuries, with the structure dominated by technogenic injuries, electrical traumas, accidents involving bulk materials, and incidents during the movement of raw materials and products. The increasing share of injuries related to military risks, particularly in recent years, highlights the necessity for further improvement of occupational safety systems, modernisation of production processes, and the strengthening of preventive and educational measures across all branches of the agro-industrial complex.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest.

References

Agnihotri, L., Chaudhary, S., & Manu, A. (2024). A Case Series of Cattle-Related Injuries in Northern Hilly Areas. Indian Journal of Surgery, 87(3), 595–601. DOI: 10.1007/s12262-024-04101-1.

Bhattarai, D., Singh, S. B., Baral, D., Sah, R. B., Budhathoki, S. S., & Pokharel, P. K. (2016). Work-related injuries among farmers: a cross-sectional study from rural Nepal. Journal of Occupational Medicine and Toxicology, 11(1), 48. DOI: 10.1186/s12995-016-0137-2.

Damroth, K., Damroth, R., Chaudhary, A., Erickson, A., Heneghan, L., Hellenthal, N., Monie, D., Cooper, S., Anderson, M., & Kaufman, T. (2019). Farm Injuries: Animal Most Common, Machinery Most Lethal: An NTDB Study. The American Surgeon™, 85(7), 752–756. DOI: 10.1177/000313481908500737.

Das, B. (2013). Agricultural work related injuries among the farmers of West Bengal, India. International Journal of Injury Control and Safety Promotion, 21(3), 205–215. DOI: 10.1080/17457300.2013.792287.

Davoudi Kakhki, F., Freeman, S. A., & Mosher, G. A. (2019). Evaluating machine learning performance in predicting injury severity in agribusiness industries. Safety Science, 117, 257–262. DOI: 10.1016/j.ssci.2019.04.026.

Ekmekci, M., & Yaman, S. (2024). Occupational health and safety among farmers: a comprehensive study in Central Anatolia, Turkey. BMC Public Health, 24(1), 2732. DOI: 10.1186/s12889-024-20249-7.

Evtushenko, O., & Siryk, A. (2019). Analysis of cause, consequences and circumstances of manufacturing injury in food industry enterprises. Food Industry, 26, 127. DOI: 10.24263/2225-2916-2019-26-18.

Grigorian, R. (2023). Peculiarities of the manifestation of risks in the activity of agricultural enterprises in modern of conditions. Ekonomìka Ta Upravlìnnâ APK, 1(181), 111–123. DOI: 10.33245/2310-9262-2023-181-1-111-123.

Horodetskyi, I., Tymochko, B., Mahats, M., Mazur, I., Berezovetskyi, A., & Mazurak, M. (2024). Analysis of the state of occupational injury as a prerequisite for managing the processes of dangerous events formation. Bulletin of Lviv National Environmental University. Series Agroengineering Research, 27, 127–137. DOI: 10.31734/agroengineering2023.27.127.

Hösükler, E. (2022). Analysis of Injuries and Deaths by Trauma Scores due to Occupational Accidents. Turk-

ish Journal of Trauma and Emergency Surgery, 28, 1258–1269. DOI: 10.14744/tjtes.2022.22796.

Johnson, A., Baccaglini, L., Haynatzki, G. R., Achutan, C., Loomis, D., & Rautiainen, R. H. (2021). Agricultural Injuries among Farmers and Ranchers in the Central United States during 2011-2015. Journal of Agromedicine, 26(1), 62–72. DOI: 10.1080/1059924x.2020.1845268.

Kim, H., Lee, K., & Räsänen, K. (2016). Agricultural injuries in Korea and errors in systems of safety. Annals of Agricultural and Environmental Medicine, 23(3), 432–436. DOI: 10.5604/12321966.1219182.

Kjestveit, K., Aas, O., & Holte, K. A. (2021). Occupational injury rates among Norwegian farmers: A sociotechnical perspective. Journal of Safety Research, 77, 182–195. DOI: 10.1016/j.jsr.2021.03.001.

Mahmoud, N., Leck Jensen, A., Topp, C. F. E., Sørensen, C. A. G., Nørremark, M., Eory, V., & Hutchings, N. J. (2021). A Method to Quantify the Detailed Risk of Serious Injury in Agricultural Production. Sustainability, 13(7), 3859. DOI: 10.3390/su13073859.

Markkanen, P., Peters, S. E., Grant, M., Dennerlein, J. T., Wagner, G. R., Burke, L., Wallace, L., & Sorensen, G. (2021). Development and application of an innovative instrument to assess work environment factors for injury prevention in the food service industry. Work, 68(3), 641–651. DOI: 10.3233/wor-203399.

Michael, J. H., & Gorucu, S. (2023). Severe injuries from product movement in the U.S. food supply chain. Journal of Safety Research, 85, 234–241. DOI: 10.1016/j.jsr.2023.02.007.

Mucci, N., Traversini, V., Lulli, L. G., Baldassarre, A., Galea, R. P., & Arcangeli, G. (2020). Upper Limb's Injuries in Agriculture: A Systematic Review. International Journal of Environmental Research and Public Health, 17(12), 4501. DOI: 10.3390/ijerph17124501.

Mylostyvyi, R. V. (2023). Veterinary, economic and social aspects of cattle welfare: a review. One Health Journal, 1(IV), 28–36. DOI: 10.31073/onehealthjournal2023-iv-03.

Nadvodniuk, O. (2023). Current state and priorities of sustainable development of agricultural enterprises. Ekonomìka Ta Upravlìnnâ APK, 2(185), 111–123. DOI: 10.33245/2310-9262-2023-185-2-111-123.

Nielsen, K. J., & Norup, M. (2024). Causes and prevention of cattle-handling injuries: An interview study. Safety Science, 170, 106365. DOI: 10.1016/j.ssci.2023.106365.

Noroozi, E., & Taherian, A. R. (2023). Occupational Injury and Its Management in Food and Beverage Industry. Occupational Health and Safety in the Food and Beverage Industry, 165–202. DOI: 10.1201/9781003303152-6.

Ouattara, B. S., Beseler, C. L., & Rautiainen, R. H. (2022). Agricultural Injuries: Risk Factors and Severity by Affected Body Part among US (Midwest) Farmers. Journal of Agromedicine, 28(2), 214–223. DOI: 10.1080/1059924x.2022.2089421.

Prasetyo, Y. T., Garcia, M. M., Dewi, R. S., Chuenyindee, T., Kurata, Y. B., & Widia, M. (2022). Accident patterns and prevention measures for occupational injuries in the Philippine food and beverage manufacturing industry. Work, 73(4), 1307–1324. DOI: 10.3233/wor-210662.

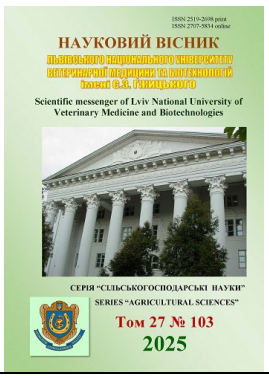
Qi, X., Yao, X., Cong, X., Li, S., Han, M., Tao, Z., Yang, X., Qi, X., Shi, F., & Wang, S. (2024). Profile and risk factors in farmer injuries: a review based on Haddon matrix and 5 E's risk reduction strategy. Frontiers in Public Health, 12. DOI: 10.3389/fpubh.2024.1322884.

Tsarenko, D. H., & Khalin, S. V. (2025). Insurance as a Risk Management Tool in Agribusiness. The Problems of Economy, 1(63), 254–260. DOI: 10.32983/2222-0712-2025-1-254-260.

Tulloch, J. S. P., Fleming, K. M., Pinchbeck, G., Forster, J., Lowe, W., & Westgarth, C. (2023). Audit of animal-related injuries at UK veterinary schools between 2009 and 2018. Veterinary Record, 193(7), e3171. DOI: 10.1002/vetr.3171.

Weichelt, B. P., Gorucu, S., Burke, R. R., Salzwedel, M. A., Murphy, D. J., & Lee, B. C. (2022). Agricultural youth injuries: An updated review of cases from U.S. news media reports, 2016–2021. Frontiers in Public Health, 10. DOI: 10.3389/fpubh.2022.1045858.

Wrzecińska, M., Czerniawska-Piątkowska, E., Kowalewska, I., Kowalczyk, A., Mylostyvyi, R., & Stefaniak, W. (2023). Agriculture in the face of new digitization technologies. Ukrainian black sea region agrarian science, 27(3), 9–17. DOI: 10.56407/bs.agrarian/3.2023.09.



Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького. Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences

ISSN 2519–2698 print
ISSN 2707-5834 online
doi: 10.32718/nvlvet-a10308
https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture

UDC 636.084:636.2

Standardized feeding rations for replacement heifers from birth to mating

I. Y. Semchuk✉, O. S. Naumyk, D. O. Naumyk, V. Yu. Kachor

Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, Lviv, Ukraine

Article info

Received 13.06.2025
Received in revised form 15.07.2025
Accepted 16.07.2025

Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, Pekarska Str., 50, Lviv, 79010, Ukraine.
Tel.: +38-098-430-40-42
E-mail: semchuk.iryna@gmail.com

Semchuk, I. Y., Naumyk, O. S., Naumyk, D. O., & Kachor, V. Yu. (2025). Standardized feeding rations for replacement heifers from birth to mating. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 27(103), 74–79. doi: 10.32718/nvlvet-a10308

The inhabitants of Ukraine have traditionally been engaged in dairy cattle breeding since the times of the Trypillian culture. In the 1980s, Ukraine consistently ranked fourth in the world in per capita production of milk and butter. However, during the period of perestroika, animal husbandry in Ukraine declined significantly, as prices for livestock and industrial products, as well as fuel, were disrupted. There was a sharp reduction in the number of all types of animals, including cows. This led to a considerable decrease in the cattle population, particularly replacement heifers, in our country, which threatens the emergence of food insecurity. At the present stage of the development of dairy cattle breeding, it is necessary to use all possible means to lift this important branch of animal husbandry out of stagnation and decline. In addition to improving dairy cattle breeds themselves, a special role is played by proper balanced feeding of cows, taking into account the physiological states of animals as well as housing conditions (season, microclimate, etc.). An important factor is the preparation of heifers for mating and the formation of a dairy herd, i.e., future cows, including their feeding and management. Improper feeding at this stage may lead to a significant decrease in future milk yields. Therefore, we conducted comparative studies of calves from birth to the age at which fertilization can be carried out. The methods of rearing young stock significantly influenced their growth and development up to successful fertilization. It was found that calves of the experimental group exceeded their peers in live weight by 11.95 %. Thus, those raised up to six months of age under the intensive technology according to our feeding scheme (using the BEST MIX premix) grew better and, by the time of mating, reached a live weight of 364.0 kg at 16 months of age, compared to the control group, 339.5 kg, which was lower by 24.5 kg (6.7 %). The economic effect of raising heifers using the proposed technology amounts to 11.9 %. Dairy cattle breeding is labor-intensive but also highly technological and intensive. With proper labor organization, along with automation and digitalization of technological lines, it can become a profitable, highly efficient, and highly cost-effective sector.

Keywords: *calves, heifers, rearing, average daily gains, feeding, ration, premix.*

Нормовані раціони годівлі ремонтних телиць від народження до спаровування

І. Я. Семчук✉, О. С. Наумюк, Д. С. Наумюк, В. Ю. Качор

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Ґжицького, м. Львів, Україна

Мешканці України традиційно займаються молочним скотарством ще з часів трипільської культури. У 80-ті роки минулого століття Україна постійно займала четверте місце в світі за виробництвом на душу населення молока і масла. Проте в час перебудови тваринництво в Україні значно підупало, оскільки порушились ціни на тваринницьку і промислову продукцію та пальне. Відбулося різке зменшення поголів'я всіх видів тварин, серед них і корів. Це призвело до значного скорочення кількості голів великої рогатої худоби, і зокрема ремонтних телиць, в нашій державі, що загрожує виникненням продовольчої небезпеки. На сучасному

етапі розвитку молочного скотарства необхідно застосувати всі шляхи, які би могли дозволити підняти із застою та спаду цю важливу галузь тваринництва. Крім удосконалення самої породи молочної худоби, особливе місце займає правильна нормована годівля корів із врахуванням фізіологічних станів тварин, а також умов утримання (сезон року, мікроклімат тощо). Важливим фактором є підготовка телиць до спаровування та створення дійного стада, тобто майбутніх корів, їхнє утримання, тобто організація їх годівлі. Неправильна їхня годівля в цей час може призвести до значного недобору молока у майбутньому. Тому нами проведено порівняльні дослідження телят від народження до віку, коли можна проводити запліднення. Способи вирощування молодняку істотно вплинули на зростання та розвиток їх до успішного запліднення. Встановлено, що телята дослідної групи перевищували за живою масою своїх однолітків на 11,95 %. Отже, вирощені до піврічного віку за інтенсивною технологією за схемою годування, представленою нами (із застосуванням преміксу BEST MIX), зростали краще і до злучки досягли живої маси 364,0 кг до 16-місячного віку, порівняно з контрольною групою – 339,5 кг, що було нижче на 24,5 кг (6,7 %). Економічний ефект при вирощуванні телиць за запропонованою технологією становить 11,9 %. Молочне скотарство є трудомісткою, але високотехнологічною, інтенсивною і при правильній організації праці з процесами автоматизації та цифровізації технологічних ліній – прибутковою, високоефективною і високорентабельною галуззю.

Ключові слова: *телята, нетелі, вирощування, середньодобові прирости, годівля, раціон, премікс.*

Вступ

Україна, будучи аграрною країною, повинна розвивати молочне скотарство. На це є всі можливості: кормові, людські, фінансові ресурси, які дозволяють перетворити молочне скотарство на рентабельну галузь та займатися впровадженням ефективних елементів інтенсивної технології з автоматизацією та цифровізацією виробничих процесів у молочних фермах країни (Vus & Kozenko, 2019; Smychok et al., 2023; Gutyj et al., 2024; Sidashova et al., 2024).

Правильний вибір нормованого живлення новонароджених телят впливає на їх інтенсивність зростання і розвиток, на молочну продуктивність майбутніх корів дійного стада. В даний час у господарствах застосовуються індивідуальні та групові методи утримання телят за віковими групами.

На підставі проведених дослідів нами встановлено, що в господарствах країни утримують телят у індивідуальних клітках різних розмірів, ширина яких від 145 см до 114 см. При утриманні у дуже вузьких клітках понад два тижні у телят розвиваються хвороби ніг і вони відстають у рості та розвитку, а також починають втрачати генетичний потенціал. Тому клітка повинна бути обладнана годівницею для сипучих та грубих кормів, напувалкою, окремо потрібна годівниця для крейди, солі та преміксів. Такі клітки розбірні та збірні, що легко переносяться з одного місця в інше, зручні для дезінфекції. Їх можна поставити у секційних профілакторіях чи корівниках, телятниках, але не на проходах (Sobolev et al., 2018; Fedorovych et al., 2021; Phillips, 2023).

За літературними даними німецьких вчених Бригіта Рудольфі, Яна Хармс, відсоток відходу телят віком від 1 до 60 днів становить 5 %, а від 2 до 4 місяців менше ніж 2 %. Від народження до 2 місяців хворіють на пневмонію 10 %, а від 2 до 4 місяців – до 15 %. Також вони пишуть, що телята від народження до 2-місячного віку подвоюють живу масу при народженні (Phillips, 2023).

Отже, останнім часом приділяється велика увага вивченню особливостей зростання телиць та можливості їх запліднення у ранньому віці. Однак у вчених поки що не склалося єдиної думки про інтенсивність вирощування ремонтного молодняку.

Багато вчених вважають, що при вирощуванні ремонтних телиць слід застосовувати дуже високий рівень годівлі, що призведе до дещо менших витрат кормів і дозволить отримати корів з майбутньою високою молочною продуктивністю (Fedorovych et al., 2021).

Мета дослідження

Вивчити вплив вирощування, утримання та годування для досягнення віку при першому заплідненні телиць у 14–16 місяців.

Нами пропонується утримувати новонароджених телят у молочний період вирощування індивідуально, а пізніше у спеціальних клітках із розробленою схемою годівлі, яка ґрунтується на забезпеченні тварин всіма поживними речовинами, зокрема за допомогою преміксу BEST MIX.

Матеріал і методи досліджень

Досліди проводили у ТзОВ “Молочні ріки” Шептицького району Львівської області. Групи були сформовані з телят чорно-рябої порід по 8 голів у кожній. Вивчали ріст та розвиток телят від народження до 6 місяців. А потім після оцінювання стану здоров’я тварин їх поставили на продовження дослідження вже із 6-місячного віку і до досягнення ними 16-місячного віку.

Вони вчасно отримували перші порції молозива, в першу добу випоювали 5 разів з інтервалом 3–4 години.

У таблиці 1 наведено схему годівлі двох груп тварин від народження і до досягнення ними 16-місячного віку.

З метою визначення впливу нормованої годівлі новонароджених телят і до досягнення 16-місячного віку ми вели спостереження за телятами, проводили середньодобові та щомісячні зважування.

Телята контрольної групи вже з перших двох місяців почали відставати у живій вазі на кілька кілограмів, а телята дослідної групи дуже добре реагували на додавання у їх раціон премікса BEST MIX.

Таблиця 1
Раціони годівлі піддослідних тварин

Група	Вік, місяців	Жива маса, кг	Середньодобова даванка кормів					
			Конц-корми	Сіно	Силос	Сіль	Крейда	Премікс BEST MIX
I	7–8	184–210	2,0	4,0	8,0	20,0	20,0	–
II	7–8	184–210	2,0	4,0	8,0	–	–	20,0
I	9–10	235–259	2,5	5,0	10,0	25,0	20,0	–
II	9–10	235–259	2,5	5,0	10,0	–	–	20,0
I	11–12	284–308	2,5	5,0	12,0	30,0	20,0	–
II	11–12	284–308	2,5	5,0	12,0	–	–	25,0
I	13–14	331–354	3,0	6,0	14,0	35,0	20,0	–
II	13–14	331–354	3,0	6,0	14,0	–	–	30,0
I	15–16	376–391	3,0	7,0	16,0	35,0	25,0	–
II	15–16	376–391	3,0	7,0	16,0	–	–	35,0

Результати та їх обговорення

В перші місяці життя у телят поряд з інтенсивним ростом ідуть процеси перебудови, якісні зміни в житті новонароджених. Перехід до післяутробного життя, початок живлення молозивом та молоком, початок функціонування органів травлення, дихання, кровообігу та органів виділення. Найбільші зміни проходять в органах травлення. Як ні в одного виду тварин, у жуйних існує принципова різниця між процесами травлення у новонароджених, молодняку та дорослих тварин. Незважаючи на те, що анатомія однакова як у дорослих, так і молодняку, але травлення іде по принципу тварин з однокамерним шлунком. Тобто спочатку основну роль в перетравленні відіграє сичуг, його об'єм в цей час в 2 рази більший, ніж попередніх шлунків, а за масою він складає їх половину, тимчасом як в дорослих тварин – лише 6–8 % ємкості. Молозиво і молоко поступає спочатку в сичуг по харчовому жолобу, який має мускульні складки, і таким чином корм проходить мимо попередніх шлунків. Перші 4 доби належать до молозивного періоду життя телят. Вони мають величезне біологічне значення, оскільки в цей час за рахунок особливого складу молозива у телят утворюється пасивний імунітет. Уже через чотири години після отелення різко знижується вміст білка й жиру в молозиві, а через 24 години різниця між молозивом і молоком – незначна. Паралельно зі зміною складу молозива змінюється і фізіологія травлення у телят. Зразу після народження білкові фракції молозива в незмінному вигляді проникають через кишкову стінку, а вже через 20 годин ефективність всмоктування імунних глобулінів складає лише 12 %, а через 36 19 годин взагалі втрачається можливість всмоктування гама-глобулінів в незмінному вигляді. Це обумовлене тим, що імунні білки, як білки з великою молекулярною вагою через 36 годин не можуть уже всмоктуватись через кишкову стінку і вони просто перетравлюються, а при перетравленні втрачаються їх імунні властивості (Provatorov, 2019; Kramarenko, 2024).

Шляхом щомісячного зважування ми визначали інтенсивність росту та середньодобові, абсолютні прирости телят за періодами вирощування. Динаміку живої маси телят у ТзОВ "Молочні ріки" наведено у таблиці 2, 3.

Таблиця 2
Динаміка зміни живої маси телят від народження до 6-місячного віку

Група / вік, місяців	Жива маса, кг							
	При народженні	1	2	3	4	5	6	0–6
I контрольна	36,3 ± 0,62	53,7 ± 0,81	73,5 ± 0,68	95,6 ± 0,71	117,0 ± 0,74	146,1 ± 0,72	159,0 ± 0,96	+122,7
II дослідна	36,2 ± 0,68	54,9 ± 1,05	76,8 ± 0,98	100,6 ± 1,14	121,5 ± 1,12	150,9 ± 1,17	165,0 ± 1,05	+128,8

Різниця в живій масі телят дослідної групи від контрольних за профілактичний період становила 3,2 кг, а до 3-місячного віку це різниця склала 5,0 кг. Таким чином, телята до 6-місячного віку досягли живої маси в контрольній групі 159 кг, а дослідної групи – 165 кг. При цьому телята у дослідній групі перевершували за живою масою своїх контрольних однолітків на 6 кг, або на 4,73 %

Висока інтенсивність росту телиць молочної худоби проявляється особливо у період від 7-місячного до однорічного віку. В цей період у них інтенсивно ростуть м'язові тканини. Тому повноцінне, збалансоване годування телиць у цей період має велике значення для подальшого зростання та розвитку, раннього досягнення статевої зрілості, що позитивно впливає на молочну продуктивність майбутніх корів (Semchuk, 2017, 2022; Phillips, 2023; Kramarenko, 2024).

Правильно розраховані процеси годівлі вважаються дуже важливими, особливо для майбутньої продуктивності корів. Помилки в живлені або зміна корму може, крім іншого, призвести до того, що імунна система тварин буде ослаблена. І тут репродуктивна здатність виявиться під загрозою, і навіть здоров'я тварини загалом. Наприклад, підвищується ризик у майбутньому отримати захворювання на ацидоз або

запалення вимені чи маститу (Fedorovych et al., 2021; Kramarenko, 2024).

При споживанні корму дуже важливо враховувати наявність у ньому багатої структурою сирої клітковини, щоб запобігти зниженню pH-величини в рубці і таким чином – перекислення рубця, що призведе до ацидозу. Таким чином, чим більше в кормі клітковини, тим швидше стимулюється пережовування та пов'язане з ним слиноутворення у телят (Pivtorak et al., 2015; Provatorov, 2019; Semchuk, 2022; Kramarenko, 2024).

При надмірній годівлі телят можуть проявитися симптоми у вигляді здуття живота, розлади шлунка та гострого здуття шлунка.

Крім того, бактеріальні види, такі як Clostridium welchii, зазвичай виявляються у вмісті кишечнику тварин в умовах перегодовування з надлишковим виробленням токсинів у кишечнику, абсорбція яких викликає хвороби (Provatorov, 2019; Semchuk, 2022; Kramarenko, 2024).

Тривалий дефіцит вітамінів і мінералів у раціонах телят зазвичай призводить до розвитку так званих хвороб живлення, які можуть завдати шкоди здоров'ю ВРХ. А дефіцит інших факторів, таких як помірна енергетична або білкова недостатність, має тенденцію сповільнювати зростання, але не є особливо шкідливим, якщо не продовжуватиметься надто довго, особливо якщо тварина не є ні вагітною, ні очікуваною для продуктивного виробництва (Semchuk, 2017; Phillips, 2023; Kramarenko, 2024).

Однак у племінних тварин недостатня годівля може значно знизити їхню нормальну репродуктивну активність. Теличка, що часто недоїдає, може нерегулярно приходити в охоту, а при вагітності може бути ризик викиднів, або телята з'являться на світ дуже слабкими (Bomko et al., 2010; Provatorov, 2019; Kramarenko, 2024).

При подрібненні кормів часто покращує споживання корму, а також у процесі можна додавати різні корисні елементи, такі як залізо, цинк, мідь, натрій та марганець. Подрібнення у деяких випадках може негативно впливати на процеси, пов'язані із засвоюваністю корму залежно від ступеня подрібнення. Засвоюваність сухої речовини сіна грубого, середнього та дуже дрібного помелу знижується на 3,2 %, 7,6 % та 15,1 % відповідно порівняно з сіном, отриманим у неподрібненому вигляді (Fedorovych et al., 2021; Semchuk, 2022; Petrovska et al., 2022; Phillips, 2023).

Отже, не подрібнене сіно не тільки краще засвоюється, але й прийнятніше для живлення ВРХ. Адже воно забезпечує триваліше жування, більшу кількість слини та вище відношення ацетату до пропіонату в рубці, що особливо важливо для молочних корів, оскільки ацетат є основним попередником синтезу молочного жиру (Provatorov, 2019).

Головною метою нашого науково-виробничого дослідження було створення комфортних умов утримання та годівлі для досягнення телицями до 16-місячного віку живої маси 360 кг за умов молочних господарств.

Для вивчення поставленого завдання було сформовано дві групи чорно-рябої породи по 7 голів з числа телиць, що досягли 7-місячного віку, дані наведені в таблиці 3.

Таблиця 3

Динаміка зміни живої маси телиць від 7-місячного віку до 16 місяців

Група / вік, місяців	Жива маса, кг									
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
I контрольна	168,6 ± 1,33	185,9 ± 2,51	207,4 ± 3,5	230,1 ± 2,5	248,7 ± 2,6	263,0 ± 2,2	289,5 ± 2,8	298,0 ± 4,2	316,7 ± 3,8	339,5 ± 3,5
II дослідна	168,7 ± 2,2	184,8 ± 1,5	211,0 ± 2,1	236,9 ± 1,7	260,0 ± 1,7	283,0 ± 1,4	306,9 ± 1,3	328,4 ± 1,6	349,5 ± 1,4	364,0 ± 1,2

Утримували телиць обох груп в однакових умовах, різниця була у годівлі. Теличок контрольної групи годували за раціоном, складеним нами та запропонованим у даному господарстві.

З таблиці 3 видно, що телички всередині групи росли порівняно добре і особливо не відрізнялися інтенсивністю зростання. Жива маса телиць контрольної групи до 9-місячного віку були в межах 207,4 кг, а дослідної групи відповідно 211,0 кг при інтенсивності 3,6 або на 1,71 % вище. Абсолютні прирости від 7 місяців до 16 місяців становив 195,3 кг за інтенсивності 1,967.

Це показує, що технологія вирощування телиць потребує вдосконалення з урахуванням результатів дослідів. Таким чином, телиці контрольної групи до однорічного віку досягли живої маси 263,0 кг у середньому по групі, а дослідні телиці досягли в цьому віці 283,0 кг, що на 20,0 кг вище. До 14-місячного віку вони досягли відповідно 298 кг та 328,4 кг живої маси.

Варто зазначити, що зоотехнічні показники телиць дослідної групи були набагато вищі, ніж у контрольної. Так, телички дослідної групи до віку 16 місяців досягли 364,0 кг, а контрольної – 339,5 кг, що нижче на 38,5 кг (11,7 %).

Більш детально були вивчені ріст та розвиток телиць, рівні середньодобових приростів кожної телиці в обох групах шляхом щомісячного зважування. Показники середньодобових приростів наведено у табл. 4. З табл. 4 видно, що зростання телиць усередині групи було приблизно однаковим. Середньодобові прирости від 7-місячного до 12-місячного віку в дослідних телиць склали в середньому 770 г, а у контрольних були в межах 570 г, або на 26 % нижче у контрольних групах по відношенню до дослідних. Від 12- до 16-місячного віку у дослідних було 704,2 г, а в контрольних – 637,5 г.

Таблиця 4
Динаміка зміни середньодобових приростів від 7-місячного віку до віку спаровування

Група / вік, місяців	Жива маса, кг								
	8	9	10	11	12	13	14	15	16
I контрольна	593,3 ± 42,9	646,6 ± 55,4	523,3 ± 41,1	653,3 ± 33,9	433,3 ± 33,9	583,3 ± 43,8	650 ± 52,8	690 ± 48,8	626,6 ± 66,4
II дослідна	550 ± 62,7	883,3 ± 17,4	833,3 ± 41,1	816,6± 24,9	766,6 ± 25,9	760± 21,5	736,6 ± 16,9	703,3 ± 20,3	616,6 ± 14,1

При подальшому вирощуванні контрольна група отримувала корми за прийнятим раціоном годівлі господарства з розрахунку досягнення живої маси до 16-місячного віку 339,5 кг та більше, а у дослідній групі живої маси 365–373 кг.

Висновки

При своєчасному отриманні телятами молозива матері в перші години життя та строгому дотриманні санітарно-гігієнічних норм технології випоювання захворюваності телят та зниження імунітету можна уникнути чи довести до мінімуму при правильній годівлі та нормуванні раціонів мінеральними речовинами. Таким чином, отримані результати досліду дозволяють стверджувати, що при вирощуванні телиць у хороших умовах утримання та збалансованому деталізованому годуванні можна запліднити у віці 14–16 місяців і пропонувати таку годівлю молочно-товариним господарствам.

При годівлі телят 5–6 разів на день у рубці буде стабільний рівень pH в межах від 5,5 до 5,8, але при годівлі тільки 1–2 рази на день значення pH змінюватиметься приблизно від 5,1 до 7,1 протягом того ж дня.

При стабільному значенні pH у рубці засвоюваність харчових волокон підвищуватиметься через підвищену мікробну активність у рубці, що є результатом підвищеного рівня енергії, необхідного для такої діяльності.

Крім того, таке живлення зменшує кількість аміаку, що утворюється в рубці після перетравлення білка, що вказує на низькі швидкості утворення білка, що розкладається, і високі показники білка, що не розкладається, який використовується для продуктивної мети.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів.

References

Bohdanov, H. O., Kandyba, V. M. (2012). Normy i ratsiony povnotsinnoi hodivli vysokoproduktyvnoi velykoi rohatoi khudoby. K.: Ahrarna nauka (in Ukrainian).

Bomko, V. S., Babenko, S. P., & Moskalyk, O. Yu. (2010). Hodivlia silskohospodarskykh tvaryn: pidruchnyk. Kyiv : Ahrarna osvita (in Ukrainian).

Byrhyt, R., & Kharms, Y. (2011). Vidtvorennia stada: problemy ta rishennia – Stratehiia zrostannia. NDI s-h ta rybnytstva zemli Maklenburh – Perednia Pomeranii a, FRH (in Ukrainian).

Fedorovych, E. I., Fedorovych, V. V., Semchuk, I. Y., Fedak, N. M., Ferenents, L. V., Mazur, N. P., Bodnar, P. V., Kuziv, M. I., Fedorovych, O. V., Orihivskyi, T. V., Gutyj, B. V., Slusar, M. V., Petriv, M. D., & Fyl, S. I. (2021). Genetic potential and breeding value of animals – an essential component of the genetic progress in dairy cattle. Ukrainian Journal of Ecology, 11(2), 306–312. DOI: 10.15421/2021_115.

Gutyj, B., Goralskyi, L., Mylostyvyi, R., Sokulskyi, I., Stadnytska, O., Vus, U., Khariv, I., Martyshuk, T., Leskiv, K., Vozna, O., Adamiv, S., & Petrychka, V. (2024). The influence of "Butaselmevit" on the antioxidant status of the cows' organisms during the development of endotoxicosis. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences, 26(114), 210–216. DOI: 10.32718/nvlvet11431.

Kramarenko, O. S. (2024). Hodivlia tvaryn i tekhnolohiia kormiv. Metodychni rekomendatsii dlia samostiinoi roboty dlia zdobuvachiv pochatkovoho (molodshyi bakalavr) rivnia vyshchoi osvity 2 roku dennoi formy navchannia spetsialnosti 204 «TVPPT». Mykolaiv. URL: https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/17626/1/godivlya-tvarin-tehnologiya-kormiv-mb-204.pdf (in Ukrainian).

Nazarenko, A. (2019). Efektyvne vyroshchuvannia teliat praktychnyi posibnyk za red. Agroexpert (in Ukrainian).

Petrovska, I., Salyha, Yu., & Vudmaska, I. (2022). Statystychni metody v biolohichnykh doslidzhenniakh : navchalno-metodychnyi posibnyk. Kyiv : Ahrarna nauka (in Ukrainian).

Phillips, C. (2023). The Encyclopedia of Animal Nutrition CABI Publishing. URL: https://www.cabidigitallibrary.org/doi/book/10.1079/9781789247282.0000.

Pivtorak, Y., Semchuk, I., Naumuk, O., Petrishak, R., & Goloduk, I. (2015). Growing bull by the same type of year-round feeding. Naukovyi visnyk Nubip Ukrainy: Seriia "Tekhnolohiia vyrobnytstva i pererobky produktsii tvarynnytstva", 188–195. URL: https://agris.fao.org/search/en/providers/122317/records/6473a47796fdec8b71b490fa (in Ukrainian).

Provatorov, H. V. (2019). Normy hodivli, ratsiony i pozhyvnist kormiv dlia riznykh vydiv silskohospodarskykh tvaryn. Kyiv : Universytetska knyha (in Ukrainian).

Semchuk, I. (2017). Standardized repair organization of feeding heifers. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agri-

cultural Sciences, 19(79), 169–172. URL: https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture/article/view/2802.

Semchuk, I. (2017). Standardized repair organization of feeding heifers. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 19(79), 169–172. URL: https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture/article/view/2802.

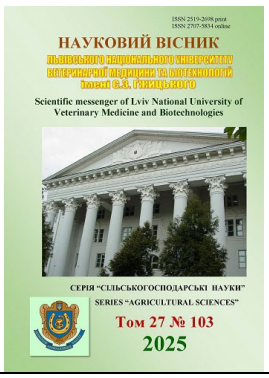
Semchuk, I. (2022). Organization and feeding normalized growing repair heifers. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 24(97), 58–62. DOI: 10.32718/nvlvet-a9710.

Sidashova, S., Gutyj, B., Magrelo, N., Martyshuk, T., Dvylyuk, I., Sus, H., Vus, U., & Todoriuk, V. (2024). Evaluation of the signals of the comfort of keeping dairy cows in the conditions of an industrial dairy complex. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences, 26(114), 78–85. DOI: 10.32718/nvlvet11412.

Smychok, L., Gutyj, B., Sachuk, R., Khalak, V., Ilchyshyn, M., Vus, U., Stadnytska, O., Todoriuk, V., Martyshuk, T., Sobolta, A., Vysotskyi, A., & Magrelo, V. (2023). System of antioxidant protection of young cattle under cadmium load. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 25(99), 182–189. DOI: 10.32718/nvlvet-a9930.

Sobolev, O., Gutyj, B., Petryshak, R., Pivtorak, J., Kovalskyi, Y., Naumyuk, A., Petryshak, O., Semchuk, I., Mateusz, V., Shcherbatyy, A., Semeniv, B. (2018). Biological role of selenium in the organism of animals and humans. Ukrainian Journal of Ecology, 8(1), 654–665. DOI: 10.15421/2017_263.

Vus, U., & Kozenko, O. (2019). Dynamics of changes in protein metabolism rates in cows depending on the season of the year and the location of the farm. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences, 21(93), 164–168. DOI: 10.32718/nvlvet9329.



Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького. Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences

ISSN 2519–2698 print
ISSN 2707-5834 online
doi: 10.32718/nvlvet-a10309
https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture

UDC 636:636,084.422:636.7/.8

Analysis of feeding of German Shepherd dogs using BARF for the prevention of constipation (in the conditions of the Canine Training Center of the State Border Guard Service of Ukraine in the city of Velyki Mosty, Lviv region)

O. M. Sloboda✉, I. Ya. Semchuk, A. V. Oleksiuk, I. M. Holovko, D. M. Petruk

Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, Lviv, Ukraine

Article info

Received 14.06.2025
Received in revised form 15.07.2025
Accepted 16.07.2025

Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, Pekarska Str., 50, Lviv, 79010, Ukraine.
Tel.: +38-067-261-66-87
E-mail: oleh.sloboda@gmail.com

Sloboda, O. M., Semchuk, I. Ya., Oleksiuk, A. V., Holovko, I. M., & Petruk, D. M. (2025). Analysis of feeding of German Shepherd dogs using BARF for the prevention of constipation (in the conditions of the Canine Training Center of the State Border Guard Service of Ukraine in the city of Velyki Mosty, Lviv region). Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 27(103), 80–87. doi: 10.32718/nvlvet-a10309

The materials of the publication analyze the effect of feeding German Shepherd dogs using BARF for the prevention of constipation, as well as the health and performance of experimental service dogs in the conditions of the Canine Training Center of the State Border Guard Service of Ukraine, located in the city of Velyki Mosty, Lviv region. The feeding ration of service dogs adopted at the KNC of the State Border Guard Service of Ukraine generally meets the needs of young German Shepherds and provides a sufficient level of energy, proteins, vitamins and minerals for normal growth, development and service loads of dogs. Their live weight increased by 4.1 kg, height at the withers by 3.2 cm. The animals of the experimental group that received the experimental diet increased their live weight by 5.1 kg and their height at the withers by 4.2 cm, which indicates that the proposed feeding of dogs using BARF is a better diet for the health of animals and their productive qualities than that accepted at the Canine Training Center of the State Border Guard Service of Ukraine. BARF (Bones And Raw Food diet or Biologically Appropriate Raw Food diet) is a dog nutrition system based on raw natural products. That is, BARF stands for "biologically appropriate raw food". That is, it is natural food for dogs and cats that corresponds to their natural way of consumption. BARF diets are based on the recommendations of FEDIAF (European Pet Food) – the European Guide to Animal Nutrition and Responsible Animal Care – the main book of feed ration recipes. All leading companies produce BARF food lines and offer them to pet owners. BARF also does not involve heat treatment of products – all rations consist exclusively of raw, fresh and frozen products. In particular, food does not require further heat treatment – to feed the animal, it is enough to defrost the food package. Heat-treated products lose useful and nutritious elements; At the same time, the body of carnivorous animals (dogs and cats) is not designed to digest heat-treated products, so the level of digestibility of boiled, baked, etc. dishes will be significantly lower. BARF or raw feeding is becoming increasingly popular among dog lovers in Canada and Germany. BARF is a complete product containing raw meat, fresh vegetables, fruits and additives such as oils and herbs.

Keywords: *feeding, rations, German Shepherd, constipation, BARF.*

Аналіз годівлі собак породи німецька вівчарка з використанням БАРФ для профілактики закрепів (в умовах Кінологічного навчального центру Державної прикордонної служби України у м. Великі Мости Львівської області)

О. М. Слобода✉, І. Я. Семчук, А. В. Олексюк, І. М. Головко, Д. М. Петрук

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Ґжицького, м. Львів, Україна

У матеріалах публікації проаналізовано вплив годівлі собак породи німецька вівчарка з використанням BARF для профілактики закрепів, а також здоров'я та працездатність піддослідних службових собак в умовах Кінологічного навчального центру Державної прикордонної служби України, що у м. Великі Мости Львівської області. Прийнятий у КНЦ ДПСУ раціон годівлі службових собак загалом відповідає потребам молодняку німецьких вівчарок та забезпечує достатній рівень енергії, білків, вітамінів та мінеральних речовин для нормального росту, розвитку та службових навантажень собак. Їхня жива маса збільшилася на 4,1 кг, висота в загривку на 3,2 см. Тварини дослідної групи, які отримували дослідний раціон, збільшили живу масу на 5,1 кг, а висоту в загривку на 4,2 см, що свідчить про те, що пропонована годівля собак з використанням БАРФ є кращою годівлею для здоров'я тварин та їх продуктивних якостей, ніж прийнятна у Кінологічному навчальному центрі Державної прикордонної служби України. BARF (Bones And Raw Food diet або Biologically Appropriate Raw Food diet) – це система харчування собак, заснована на сирих натуральних продуктах. BARF означає "біологічно відповідну сиру їжу". Тобто це натуральна їжа для собак та котів, яка відповідає їхньому природному способу споживання. Раціони BARF засновані на рекомендаціях FEDIAF (European Pet Food) – Європейського керівництва з харчування тварин та відповідального поводження з тваринами – основної книги рецептів кормових раціонів. Всі провідні компанії випускають лінійки кормів BARF та пропонують їх власникам домашніх тварин. BARF також не передбачає термічну обробку продуктів — усі раціони складаються виключно із сирих, свіжих та заморожених продуктів. Зокрема, корм не потребує подальшої термічної обробки – щоб нагодувати тварину, достатньо розморозити пакет із кормом. Термооброблені продукти втрачають корисні та поживні елементи; водночас організм м'ясоїдних тварин (собак і кішок) не розрахований на перетравлення термічно оброблених продуктів, тому рівень засвоюваності варених, запечених тощо страв буде істотно нижчим. BARF або сире годування стає все більш популярним серед любителів собак у Канаді та Німеччині. BARF – це повноцінний продукт, що містить сире м'ясо, свіжі овочі, фрукти та добавки, такі як олії та трави. Для того щоб тварини жили здоровим та щасливим життям, ми можемо годувати їх природним та відповідним виду способом. Ми можемо зробити це якнайкраще з BARF. Сире годування – основа раціону собак та кішок. Сире м'ясо BARF із магазинів BARF та постачальників кормів містить необхідні поживні речовини у їхній природній формі, складність якої неможливо відтворити штучно.

Ключові слова: *годівля, раціони, німецька вівчарка, закрепи, BARF.*

Вступ

Собаки *(Canis familiaris)* – найдавніша тварина, приручена людиною (понад 20 тис. років тому). Вона належить до загону хижаків (*Carnifora*), родини собачих (*Canidae*), походить від двох пращурів – шакала (в південних країнах) і вовка (в північних країнах).

На сьогодні існує понад 400 порід собак, які умовно поділяють на службові та декоративні. З давніх часів собака займає особливе місце в житті людини. Вона є відданим другом, захисником і помічником людини у багатьох сферах життя і праці (Tsvihun et al., 2020).

Тому хвороби собак завдають людині не тільки значних економічних, а й відчутних моральних збитків.

В даний час собаківництво набуває все більшого значення в різних галузях народного господарства. Щоб тварини могли вести здоровий спосіб життя, ми хочемо годувати їх природним і відповідним для виду способом. Ми можемо зробити це найкраще з BARF. Сире годування є основою раціону для собак. Сире м'ясо та інші інгрaдієнти BARF містить необхідні їм поживні речовини в їхній натуральній формі, складність якої неможливо відтворити синтетично.

Німецька вівчарка багато років є найпопулярнішою породою в Європі (Said et al., 2020).

Щоб собака була здоровою, її раціон повинен бути регулярним і збалансованим, а їжа має бути насичена необхідними вітамінами та мікроелементами. Раціон німецької вівчарки залежить від віку тварини, пори року, клімату та низки інших факторів. Раціон повинен складатися з різних продуктів, бути смачним для собак та обов'язково включати їжу тваринного походження. Собака привчається до правильної годівлі з першого дня праці з кінологом. Правильна годівля має на увазі не тільки правильне співвідношення та кількість і якість кормів, а й частоту годівлі. (Yevstafiieva et al., 2020; Sobol, 2020).

Для того, щоб собака залишався здоровим, йому потрібен постійний догляд: регулярні гігієнічні процедури допомагають запобігти різноманітним захворюванням собак та проблемам, пов'язаним з травленням, шерстю, слухом, нюхом та зором (Semchuk & Naumyk, 2023).

Сьогодні годівля молодих службових собак відіграє важливу роль, особливо в ситуації, коли кінологи потребують професійних навичок роботи з собаками під час ведення бойових дій. Тому збалансована годівля службових собак за всіма показниками поживності сприяє підвищенню ефективності їх службових обов'язків (Pivtorak et al., 2023).

Мета дослідження

Метою наших досліджень було проаналізувати вплив годівлі BARF на стан здоров'я та працездатність службових собак.

Завдання:

- вивчити найбільш поширені проблеми зі здоров'ям у тварин шляхом опитування співробітників КНЦ;
- проаналізувати теоретичну частину, провести огляд літератури за обраною темою;
- вивчити адекватність раціонів годівлі молодняку німецьких вівчарок (контрольна, дослідна групи);
- вивчити динаміку живої маси собак та їх приросту;
- надати висновки та пропозиції для КНЦ на основі проведених досліджень.

Матеріал і методи досліджень

Дослідження проводились у 2024–2025 роках в умовах Кінологічного навчального центру Державної прикордонної служби України (в/ч 2418) – державного навчального закладу третього рівня сертифікації, підпорядкованого Державній прикордонній службі України. Центр надає послуги з підготовки, дресиру-

вання та лікування собак та розташований у м. Великі Мости Львівської області.

Для досягнення поставленої мети нами було проведено органолептичний аналіз якості кормів, проаналізовано дати виготовлення та зберігання основних кормів, якими годують собак в умовах Кінологічного навчального центру ДПС України. Проаналізовано господарську діяльність, динаміку живої маси піддослідного молодняку собак. В результаті отриманих даних дано висновки та практичні рекомендації. Практична значущість роботи полягає в тому, що отримані у дослідах матеріали мають практичну цінність й можуть дозволити Кінологічному навчальному центру використовувати їх у подальшій роботі зі службовими собаками.

Об'єкт дослідження був чистопорідний племінний молодняк німецьких вівчарок, що міститься в умовах Кінологічного навчального центру Державної прикордонної служби України.

Предметом дослідження були найпоширеніші захворювання собак, корми та добавки, що використовуються при годівлі собак в умовах Кінологічного навчального центру.

У роботі використані такі методи дослідження:

• зоотехнічний (аналіз годівлі, продуктивності, робочих якостей);

• аналітичне (опитування кінологів, огляд літератури);

- клінічний (аналіз загального стану здоров'я собак).

Для дослідження нами було відібрано 20 голів німецьких вівчарок. Середній вік у групах становив 9 місяців, середня жива маса – 24 кг, висота у загривку – 52 см. Було сформовано дві однотипні групи собак: перша – контрольна та друга – дослідна. У кожній групі було 10 голів. Схема експерименту наведена у табл. 1.

Таблиця 1

Схема досліду, n = 10

Періоди	Мінімальна тривалість, діб	Група	Характер годівлі
Підготовчий	10	1 – контрольна	ОР*
		2 – дослідна	ОР*
Основний	30	1 – контрольна	ОР*
		2 – дослідна	ДР*

**Примітка*: OR – основний раціон (сухий корм); ДР – дослідний раціон (BARF)

Як видно з цієї таблиці, підготовчий період досліду собак обох груп тривав 10 днів. У цей період тварини перебували в однакових умовах годування та утримання. В основний період 1 – контрольна група тварин – отримувала до раціону сухий корм Josera – Jose Dog преміум класу, 2 – дослідна група – експериментальний раціон (BARF).

Потреба в кормах визначається, виходячи зі способу утримання, призначення, фізіологічного стану, сезону року та живої маси собак (Bohdanova, 2000; Shuteiko & Krasokha, 2008).

Корми, що зіпсувалися у процесі приготування чи зберігання, тваринам не згодовуються. На території навчальної лабораторії є кухня, де відбувається процес приготування кормів для собак. Підлоги та стіни викладені плиткою та легко миються.

У приміщенні, де зберігається продукція, є холодильник і 4 промислові морозильні камери для зберігання риби, фаршу, м'яса та м'ясних субпродуктів, що закуповуються на м'ясокомбінатах та бійнях регіону, а також у великих гіпермаркетах міст. Кухня обладнана полицями та шафами для круп та овочів. Існує велика кількість інвентарю (каструлі, полоники, виделки, ложки), який використовується для приготування корму для собак.

У табл. 2 наведено корми та добові норми споживання, що становлять основу раціону службових собак в умовах кінологічного навчального центру.

Таблиця 2

Витрата кормів для службових собак (у середньому)

Назва корму	Кількість, г
Тваринного походження:	
м'ясо 2 категорії (яловичина, конина)	415
субпродукти	490
молоко, сироватка	350
жир тваринний	27
жир риб'ячий	18
Рослинного походження:	
крупа ячмінна	515
крупа вівсяна	490
пшоно	500
морква, картопля, буряк, зелень	155–258
риба морська	350
Мінеральні добавки:	
кісткове борошно	23
сіль кухонна	27
Вітамінні препарати:	
тетравіт	1 млн на 10 кг ж. маси
катозал	1 млн на 10 кг ж. маси

Як видно з даної таблиці, основу раціону службових собак дослідної групи становлять корми тваринного походження (субпродукти, м'ясо, молоко та молочні продукти, тваринний жир), рослинного походження (вівсянка, ячмінь, просо, овочі), морська риба або морепродукти, мінеральні добавки та вітамінні препарати.

Результати та їх обговорення

Результати опитувань кінологів та частота закрепів у піддослідних тварин. Ми провели опитування кінологів, за якими закріплені собаки обох груп, про частоту закрепів у тварин обох груп у підготовчий та дослідний періоди. Результати наших досліджень показали, що службові собаки Кінологічного навчального центру ПСУ України у Львівській області масово (56,25 % від загальної чисельності) страждають на закрепи при годівлі сухими кормами. У тому числі закрепи виявлено в 47,23 % самців, в 52,79 % самок. Найчастіше закрепами страждали тварини віком 5–11 місяців. Поширеність закрепів серед тварин цього віку становила 77,9 %. Не менш висока частота закрепів спостерігалася серед тварин віком 5–7 років (76,47 %).

Результати наших досліджень для обох дослідних груп наведені у табл. 3.

Таблиця 3
Кількість закрепів у собак обох груп у дослідний період

Група тварин	Кількість закрепів в підготовчий період	Кількість закрепів у підготовчий період, %	Кількість закрепів в дослідий період	Кількість закрепів у дослідний період %
1 – контрольна	6	60	7	70
2 – дослідна	7	70	1	10

Як видно з даних табл. 3, у підготовчий період закрепи спостерігалися у собак, які споживали сухий корм, на 60 % у контрольній групі проти 70 % у дослідній групі. При заміні сухого корму в дослідній групі на корм BARF закрепи спостерігалися у 70 % собак контрольної групи, тимчасом як у дослідній групі, яка споживала корм BARF, закрепи спостерігалися лише у 10 % тварин.

Аналіз утримання молодняку піддослідних собак та методики годування. Утримання молодняку в літній період у вигульних майданчиках, а в зимовий період – у закритих приміщеннях (зимовниках).

Двір центру обгороджений парканом висотою 2,5 м. Приміщення для службових собак збудовано з урахуванням забезпечення собак світлом та захисту від холодних північних вітрів.

До раціону харчування собаки слід включати їжу з високим вмістом білків, жирів, вуглеводів (табл. 4).

Таблиця 4
Добова потреба в енергії, білках, жирах та вуглеводах у службових собак

Маса тіла, кг	Енергія, МДж	Білок, г	Жир, г	Легкозасвоювані вуглеводи, г	Клітковина, г
20	6764	135,2	30,3	141,9	18
25	8038	168,7	37,8	302,5	20
30	9169	180,5	45,4	300,5	24
35	11349	270,7	59,8	483,9	35
40	13327	338,9	75,8	604,9	47
45	14829	405,7	90,4	725,6	54
50	16384	472,5	104,6	846,9	63
55	18259	535,8	124,7	965,9	69

Примітка. Потреба в енергії у самки масою 30 кг становить: у першу половину вагітності – 9160 кДж, у другу – 11963, у перші 2 тижні лактації – 17595, у третьому–п'ятому тижні – 24640 кДж; при масі 40 кг відповідно 11 330; 14820;21790 та 30515 кДж

При органолептичній оцінці кормів та субпродуктів в умовах Кінологічного центру Державної пограничної служби України, що у м. Великих Мостах, варто зазначити, що всі вони є якісними та придатними до вживання.

Овочі зберігаються у складі, у прохолодному місці з вентиляцією. М'ясна та рибна продукція зберігається в холодильниках та морозильниках. Крупи зберігаються у спеціальних шафах. Потреба в енергії службових собак (на 1 кг маси тіла) подано в табл. 5.

Норми у мінеральних речовинах та вітамінах для молодняку та дорослих собак на 1 кг маси тіла подані в табл. 6.

Починаючи з 180–200 днів, молоді німецькі вівчарки поступово переводилися на раціони харчування дорослих особин згідно з рекомендаціями. В ході експериментальних досліджень ми проаналізували два раціони, які використовувалися для годування молодих німецьких вівчарок: 1 – побутовий (сухий корм) (30 днів), 2 – експериментальний (BARF) (30 днів).

Поживність основних кормів для собак подана в табл. 7.

Таблиця 5
Потреба в енергії молодняку службових собак (на 1 кг маси тіла)

Маса тіла, кг	Енергія, кДж	Маса тіла, кг	Енергія, кДж
3–4	575	15–20	375
4–5	530	20–25	340
5–6	495	25–30	320
6–7	475	30–40	305
7–8	460	40–50	285
8–9	440	50–60	265
9–10	425	60–70	250
10–15	410	>70	235

Таблиця 6
Норми для собак у мінеральних речовинах та вітамінах (на 1 кг маси тіла) *

Мінерали, мг	Молодняк	Дорослі	Вітаміни	Молодняк	Дорослі
Кальцій	528	264	А, МО	200	100
Фосфор	440	220	Д3, МО	20	7
Натрій	120	60	Е, мг	3,0	2
Хлор	440	180	К, мг	0,06	0,03
Калій	440	220	В1, мг	0,04	0,02
Магній	22	11,0	В2, мг	0,09	0,04
Залізо	1,3	1,3	В3, мг	0,2	0,05
Мідь	0,16	0,13	В4, мг	55	33
Кобальт	0,05	0,05	В5, мг	0,4	0,24
Марганець	0,2	0,11	В6, мг	0,05	0,02
Цинк	0,2	0,11	В12, мг	0,7	0,7
Йод	0,06	0,03	Вс, мг	15	8
Фтор	0,16	0,08	Н, мг	0,5	0,5
Кухонна сіль	530	220	С, мг	1,0	1,0

* (Habib et al., 2023)

Таблиця 7
Поживність основних кормів для собак

Корм	Вміст у 100 г продукту, г			Кількість обмінної енергії в 100 г корму, ккал
	протеїну	жиру	вуглеводів	
М’ясо кінське середнє	19,4	5,7	0,6	143
Яловичина пісна	18,9	3,6	–	119
Яловичина середня	18,5	5,2	–	132
Свинина середня	18,1	6,3	–	140
Кролик пісний	19,4	2,9	–	114
Кролик середній	19,4	5,7		140
Печінка яловича	16,0	2,9	3,7	114
Печінка бараняча	17,2	2,7	4,1	119
Печінка свиняча	17,3	3,3	3,3	122
Серце яловиче	13,5	2,9	1,4	93
Рубець середній	12,7	4,9	0,4	106
Вуха яловичі	21,9	2,0	1,4	123
Вуха свинячі	18,3	4,5	2,2	133
Вим’я	10,7	11,6	0,4	158
Голова свиняча	12,4	23,7	–	276
Голова яловича	13,8	8,8	0,2	145
Легені	13,1	5,3	1,1	113
Минтай	13,8	2,8	–	88
Ставрида	16,2	5,8	–	130
Щука	14,2	3,0	–	92
Борошно м’ясо-кісткове	36,5	6,4	–	213
Борошно кров’яне	72	0,6	1,1	312
Борошно рибне	43,7	72	–	268
Молоко коров’яче	3,1	3,5	3,3	60
Сир нежирний	14,5	0,45	2,2	78
Горох	14,0	1,6	23,9	116
Овес	7,7	3,5	40,5	233
Висівки пшеничні	9,9	1,3	18,8	132
Картопля	1,9	–	15,7	74

Морква	–	1,1	5,6	21
Жир	–	98	–	887
Дріжджі	38	1,9	19,5	257

(Klever, 2002)

Собаки споживали звичайні сухі корми фірми Josera, зокрема Josi Dog, який належить до преміум-класу. Це досить якісні корми. Ціна 1 кг корму складає 131 грн, упаковка 15 кг коштує 1875 грн. Але в них високий вміст білка, що своєю чергою може призвести до захворювань сечостатевої системи та нирок. Такі корми часто містять барвники та підсолоджувачі, які можуть викликати алергічні реакції та запори у собак. Через використання в таких кормах синтетичних підсилювачів смаку та ароматизаторів наші вихованці їдять такі корми з більшим задоволенням, ніж менш якісні (Serkhovets et al., 2020; Varkholiak et al., 2021).

До раціону BARF другої дослідної групи входили такі корми: яловичина 2 категорії, легені, голови риб, пшенична крупа, овочі: буряк, морква, картопля. Як добавки для збалансування раціону в раціон вводили кухонну сіль, тваринний жир, кісткове борошно. При аналізі раціону варто зазначити, що містить достатню кількість обмінної енергії, білка, жиру, кальцію, фосфору, вітамінів. Аналізований раціон показав, що є дефіцит клітковини.

Добова норма годівлі молодих собак, які споживають експериментальний раціон, становить 1315 г. Раціон годівлі BARF піддослідного молодняку німецької вівчарки наведено в табл. 8.

Таблиця 8

Раціон годівлі BARF піддослідного молодняку німецької вівчарки

Склад раціону	Кількість корму, г	Міститься в раціоні								
		енергія, кДж	білок, г	жир, г	легкоперетравні вуглеводи, г	клітковина, г	Са, г	Р, г	Віт. А, г	Віт. Д, г
Норма		6250	125	40,5	250	25	173	170	42,5	42
м’ясо яловичини 2 категорії	200	1204	40,2	14	–	–	20	32	15	3,0
субпродукти 1 категорії	300	1155	46	10,5	8,0	–	10	35	9,8	3,3
крупа пшенична	300	301	36	5,7	205	4,4	38	40	3,65	9,9
картопля	50	173	1	0,1	10	1	5	2,6	–	–
морква	100	135	1,4	0,15	7,5	1,1	20	23	5,2	–
буряк столовий	100	201	1,8	-	10,0	0,8	19	13	–	–
риба морожена	150	250	8,5	2,5	5	–	20	37	3,1	1,9
сіль кухонна	18	–	–	–	–	–	–	–	–	–
тваринний жир	13	40,0	0,03	13	–	–	2	1,1	5	20,0
кісткове борошно, г	10	103	0,9	2,2	0,4	–	26	14	-	–
всього міститься в раціоні, г	1315	6362	136,73	48,2	246,0	7,3	140	211,7	41,8	38,1
± до норми	–	+10	+10,07	+7,7	-3,3	-17,7	-0,7	+27,7	-0,75	-3,9

Цей дослідний раціон для службових собак відповідає потребам молодих німецьких вівчарок та забезпечує достатній рівень енергії, білка та вітамінів для нормального росту та розвитку собак (Demchuk et al., 2005; Haiduk, 2017).

В умовах Кінологічного навчального центру Державної прикордонної служби України, що у м. Великі Мости, годівля молодих службових собак здійснюється двічі на день: вранці та ввечері, за 1,5–2 години до дресирування та через 1–1,5 години після її закінчення. Час годування залежить від порядку дня. Якщо вівчарка працює у першій половині дня, її годують одразу після повернення з тренування, друга годівля – увечері (Schmidt & Koch, 2000).

Варто зазначити, що готову їжу собакам дають лише у свіжому вигляді. Категорично забороняється залишати її до наступної годівлі, особливо влітку. Вона швидко псується, може викликати сильне отруєння або й смерть. Якщо їжа піддається тепловій обробці, її температура має бути близькою до температури тіла собаки. На кухні для приготування їжі встановлено 5 холодильників та 4 морозильники. Собакам видається якісна питна вода. У середньому у спеку молоді собаки можуть випивати близько двох-трьох літрів води на добу, взимку – удвічі менше. (Tsvihun et al., 2020; Sloboda et al., 2023, Shynkar & Mamchenko, 2023).

Динаміка живої маси піддослідних собак. Для коректної оцінки росту та розвитку молодих німецьких вівчарок ми проаналізували їх живу масу та висоту у загривку під час досліджень. Зміну маси та зростання молодих службових собак визначали шляхом зважування та проведення промірів тіла.

Собаки, що перебували на раціоні, прийнятому в НКЦ, добре розвивалися, за час досліджень їхня жива маса збільшилася на 4 кг, а висота в загривку – на 3 см. Тварини з дослідної групи, які отримували експериментальний раціон, збільшили живу масу на 5 кг, а висоту в загривку – на 4 кг (табл. 9).

Таблиця 9
Ріст та розвиток піддослідного молодняку німецької вівчарки, n = 10

Група	Характер годівлі	Жива маса, кг		Зріст в загривку, см	
		на початку досліду	в кінці досліду	на початку досліду	в кінці досліду
1 – контрольна	ОР – сухий корм	24	28	52,1	54,1
2 – дослідна	ДР (BARF)	24	29	52,5	55,1

Варто зазначити, що тварини дослідної групи, які утримувалися на дослідному раціоні, мали кращі показники росту та розвитку (жива маса – 29 кг та висота в загривку – 55,1 см, що на 1 кг та 1 см більше, ніж в аналогів відповідно).

При загальному клінічному огляді собак контрольної групи вони були активні під час виконання службових обов'язків. Порушень із боку шлунково-кишкового тракту не спостерігалося (Burlaka et al., 2013).

Собаки контрольної групи не дуже активно виявляли свої якості й під час службових обов'язків. У деяких собак у групі спостерігалися проблеми зі шлунково-кишковим трактом, зокрема закрепи та ознаки раннього ожиріння.

Отримані результати досліджень свідчать про те, що собак дослідної групи краще використовувати для виконання службових обов'язків, тому що їх годування збалансоване за енергією, протеїном та вітамінами із натуральних кормів. Тварини клінічно здорові, закрепів та ознак ожиріння не мають.

Добрі результати у дресурі собак можна отримати лише за умов суворого дотримання усіх зоогігієнічних норм годівлі та утримання при доброму клінічному здоров'ї тварини (Muravs'ka, 2022).

За даними спеціальної літератури, закрепи в собак є дуже розповсюдженими захворюваннями, які трапляються найчастіше. В усьому світі закрепи собак мають надзвичайно широке поширення та являють собою серйозну загрозу при годівлі тварин сухими кормами. (Bohdanova, 2000; Stybel et al., 2021; Varkholiak et al., 2021).

Висновки

Результати наших досліджень показали, що службові собаки КНЦ ПС України у Львівській області масово – 56,25 % від загального поголів'я страждають на закрепи при годівлі їх сухими кормами. З них закрепи в псів було виявлено 47,22 %, а в сук 52,78 %. Найбільш масовою групою, яка страждала від закрепів, виявились тварини віком 5–11 місяців.

Екстенсивність закрепів серед тварин цього віку склала 77,8 %. Не менш висока кількість закрепів спостерігалась серед тварин віком 5–7 років (76,47 %).

Вартість сухого корму на 1 гол. у дослідний період склали 244,7 гривень в дослідній групі проти 224,0 грн у контрольній, що повністю компенсується користю для здоров'я собак, тобто відсутністю масових закрепів в собак дослідної групи, або всього 10 %, закрепів в дослідній групі проти 70 % закрепів в контрольній групі, яку годували сухими кормами.

Щоб уникнути виникнення порушень в здоров'ї службових собак, потрібно слідкувати, щоб їхня годівля була доброякісною, з використанням різноструктурних раціонів, зокрема з використанням кормів BARF як способу запобігання закрепів у службових собак Кінологічного навчального центру ПСУ, що в м. Великі Мости.

Пропонований раціон BARF для годування службових собак відповідає потребам молодняку німецьких вівчарок та забезпечує достатній рівень енергії, протеїну та вітамінів для нормального росту, розвитку, та тренінгу собак.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів.

References

Bohdanova, I. B. (2000). Kharchuvannia kishok i sobak. M.: TOV "Hamma Pres 2000" (in Ukrainian).

Burlaka, V. A., Horalskyi, L. P., & Zasiekin, D. A. (2013). Kinolohiia: utrymannia, hodivlia, dresyruvannia sobak: pidruchnyk. Zhytomyr : ZhNAEU (in Ukrainian).

Demchuk, M. V., Rudenko, V. P., & Staiennyi, O. V. (2005). Zakhvoriuvanist sobak v umovakh pleminnykh rozplidnykiv. Naukovyi visnyk Lvivskoi natsionalnoi akademii veterynarnoi medytsyny imeni S. Z. Hzhytskoho, 7(3(26), 28–32 (in Ukrainian).

Habib, R., Becker, K. S., Liebl, E. (2023). Der Anti-Aging-Code für Ihren Hund: So bleibt Ihr Vierbeiner mit individuellem Ernährungsprogramm und gesunder Lebensweise lange an Ihrer Seite (German Edition). Munchen–GOLDMANN. URL: https://www.amazon.com/-/he/Rodney-Habib-ebook/dp/B091LDYB2H#.

Haiduk, S. V. (2017). Osnovy dresyruvannia, hihiieny ta hodivli sluzhbovykh sobak: navchalnyi posibnyk. Kyiv (in Ukrainian).

Haiduk, S. V. (2024). Osnovy dresyruvannia, hihiieny ta hodivli sluzhbovykh sobak. Navchalnyi posibnyk. Lviv.:Vydavets FOP Marchenko T. V. URL: https://magnolia.lviv.ua/wp-content/uploads/2024/08/Osnovy-dresyruvannia_Zmist.pdf (in Ukrainian).

Klever, U. (2002). Mein Hund. Das Standardwerk zur artgerechten Hundehaltung. Gondrom Verlag.

Muravska, D. (2022). Vplyv zhyttia na pratsezdatnist sluzhbovykh sobak. Naukovi zdobutky u vyrishenni aktualnykh problem vyrobnytstva i pererobky produktsii tvarynnytstva : zb. materialiv II Vseukr. nauk.-prakt. konf. molodykh vchenykh ta zdobuvachiv osvity, 17 hrud. 2022 r. Zhytomyr : Poliskyi natsionalnyi universytet, 53–54 (in Ukrainian).

Pivtorak, Y., Semchuk, I., & Naumyk, O. (2023). Organization of rationed feeding and feeding of dogs. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 25(98), 87–91. DOI: 10.32718/nvlvet-a9815.

Said, W. S., Stybel, V. V., Gutyj, B. V., Pryima, O. B., & Mazur, I. Y. (2020). Protein-synthesizing func-tion and functional state of the liver of dogs at experimental toxocariasis. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary sciences, 22(98), 132–137. DOI: 10.32718/nvlvet9823.

Said, W. S., Stybel, V. V., Gytyj, B. V., Pryima, O. B., Sob-olta, A. G., Leskiv, K. Y., & Dytiuk, M. P. (2020). The state of the immune system of dogs in experimental toxo-cariasis. Ukrainian Journal of Veterinary and Agricultural Sciences, 3(3), 20–24. DOI: 10.32718/ujvas3-3.04.

Said, W., Stybel, V., Gutyj, B., & Prijma, O. (2020). Antiox-idant protection system of dog organism at experimental toxocariasis. Bulletin of Poltava State Agrarian Academy, 3, 233–240. DOI: 10.31210/visnyk2020.03.27.

Schmidt, M., & Koch, W. (2000). Poradnik podstawowego szkolenia psow. Warszawa: Wydawnictwo Delta WZ.

Semchuk, I., & Naumyk, O. (2023). Theoretical aspects of the organization of standard and dietary nutrition for dogs. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 25(98), 194–199. DOI: 10.32718/nvlvet-a9831.

Semchuk, I., Naumyk, O., & Lunyk, Y. (2024). Nutritional aspects of the organization of standard nutrition for dogs. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 26(101), 18–24. DOI: 10.32718/nvlvet-a10103.

Serkhovets, S., Mazur, N., & Dymchuk, A. (2020). Working qualities of search dogs of German and Belgian shepherd breeds. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 22(93), 113–118. DOI: 10.32718/nvlvet-a9319.

Shuteiko, O. O., & Krasokha, Ya. V. (2008). Osnovy sluzhbovoi kinolohii: navchalnyi posibnyk dlia pidhotovky fakhivtsiv-kinolohiv. K.: DP "Drukarnia MVS Ukrainy" (in Ukrainian).

Shynkar, D. V., & Mamchenko, V. Yu. (2023). Vplyv normovanoi hodivli na orhanizm ta zdorovia sobaky. Tekhnolohiia vyrobnytstva ta pererobky vyrobnytstva tvarynnytstva: istoriia, problemy, perspektyvy: materialy 6 Vseukr. Internet–konf., 11-12 trav. 2023 r. Sumy. Sumskyi natsionalnyi ahrarnyi universytet, 51–52 (in Ukrainian).

Sloboda, O. M., Naumiuk, O. S., Petryshak, R. A., & Semchuk, I. Ia. (2023). Osoblyvosti hodivli sobak: navchalno-metodychnyi posibnyk. Lviv (in Ukrainian).

Sobol, O. M. (2020). Vykorystannia riznykh typiv hodivli sobak u zviazku z yikh rozmirom ta porodnoiu nalezhnistiu. Suchasni vyklyky i aktualni problemy nauky, osvity ta vyrobnytstva: mizhhaluzevi dysputy : zb. nauk. pr.: materialy V mizh nar. nauk.-prakt. internet-konf. m. Kyiv, 3 chervnia 2020 r. Kyiv, 301–306 (in Ukrainian).

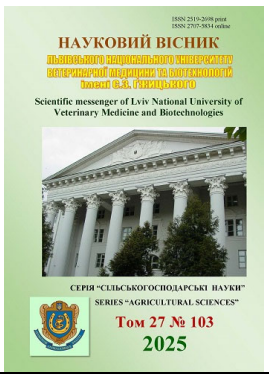
Stybel, V. V., Gutyj, B. V., Said, W. S., Kubiak, K., Jankowski, M., Maksymovych, I. A., Guta, Z. A., Martyshuk, T. V., & Karpovskiy, V. I. (2021). The effect of fenbensyl and fenbendazole on the antioxi-dant status of dogs during experimental invasion with the pathogen toxocariasis. Ukrainian Journal of Veterinary Sciences, 12(2). URL: http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Veterenarna/article/view/15141.

Stybel, V., Gutyj, B., Gufriy, D., Slivinska, L., Kushnir, I., Kushnir, V., Prijma, O., Said, W., & Guta, Z. (2021). The effect of fenbenzyl and fenbendazole on the morphological parameters of the blood of dogs, with experimental infestation with the pathogen Toxocariasis. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences, 23(104), 148–155. DOI: 10.32718/nvlvet10424.

Tsvihun, A. T., Buchkovska, V. I., & Yevstafiieva, Yu. M. (2020). Do istorii kinolohii. Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy, 2(84). URL: https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewByFileId/1021891.pdf (in Ukrainian).

Varkholiak, I. S., Gutyj, B. V., Gufriy, D. F., Sachuk, R. M., Mylostyvyi, R. V., Radzykhovskyi, M. L., Sedilo, H. M., & Izhboldina, O. O. (2021). The effect of the drug "Bendamine" on the clinical and morphological parameters of dogs in heart failure. Ukrainian Journal of Veterinary and Agricultural Sciences, 4(3), 76–83. DOI: 10.32718/ujvas4-3.13.

Yevstafiieva, Yu. M., & Buchkovska, V. I. (2020). Teoretychni aspekty orhanizatsii hodivli sluzhbovykh sobak. Tavriiskyi naukovyi visnyk. Seriia: Silskohospodarski nauky, 116(1), 148–153 (in Ukrainian).



Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького. Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences

ISSN 2519–2698 print
ISSN 2707-5834 online
doi: 10.32718/nvlvet-a10310
https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture

UDC 575.113.2:57.064

Ordering of alleles "without specific nomenclature" of BoLA-DRB3 exon 2 gene obtained by PCR-RFLP

V. V. Bandura, T. M. Suprovych✉

Higher Educational Institution "Podillia State University" Kamianets-Podilskyi, Ukraine

Article info

Received 16.06.2025
Received in revised form 17.07.2025
Accepted 18.07.2025

Higher Educational Institution "Podillia State University" Kamianets-Podilskyi, Shevchenko Str., 12, Kamianets-Podilskyi, 32316, Ukraine.
Tel.: +38-098-57-63-018
E-mail: suprovycht@gmail.com

Bandura, V. V., & Suprovych, T. M. (2025). Ordering of alleles "without specific nomenclature" of BoLA-DRB3 exon 2 gene obtained by PCR-RFLP. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 27(103), 88–96. doi: 10.32718/nvlvet-a10310

*The taxonomy of large-scale information systems that combine a significant number of elements is a logically ordered structure with identifiably marked elements. This structure allows researchers to avoid confusion and effectively use the information obtained. At the DNA level, the major histocompatibility complex, in particular the BoLA-DRB3 gene, exhibits an extremely high level of variability. Exon 2 of this gene is responsible for the immune response and is highly polymorphic. The study of the variability of the BoLA-DRB3 gene primarily relied on the PCR-RLFP method, where PCR amplification products of exon 2 were restricted with the enzymes RsaI, BstYI, and HaeIII. This approach enabled the establishment of the standard nomenclature system "locus.exon*allele" which encompasses 54 "standard" alleles (Van Eijk et al.). The method had five stages: The following steps were taken: DNA extraction, amplification of specific fragments of exon 2 of the DRB3 locus with a size of 284 bp, restriction, electrophoresis, and decoding of the phoregrams. We determined patterns for three endonucleases based on the size of the restriction sites, and we determined the corresponding allele number based on the triplets we obtained. The article clearly details the sequence of BoLA-DRB3.2 allele identification in a blood sample from a Ukrainian Red Dairy breed. This is the definitive text on the subject. The PCR-RFLP method had a number of advantages: simplicity, accessibility, versatility, no need for complex specialized equipment and software, and low cost per sample. This led to the widespread use of this method in the study of polymorphism of the major histocompatibility complex among different breeds of cattle. As a result, a large array of information was accumulated, and triplets of patterns that did not fit into the structure of "standard" alleles were identified. Analysis of scientific sources has identified 66 more alleles "without an established nomenclature" and the need for their systematization. The proposed paper puts forth the argument for the continuation of the nomenclature currently employed for "standard" alleles. For the homogeneous array of alleles that has been identified, the digital variant is deemed most suitable, i.e., the classic variant in the format "locus.exon*allele". To circumvent any potential ambiguity, the numbering of alleles has been perpetuated, commencing from position 55. The identified variants are arranged in alphabetical order, sequentially for the RsaI, XhoII, and HaeIII patterns, in accordance with the letter designations in triplets. The unified BoLA-DRB3.2 allele designation system will allow clear tracking of polymorphism changes in different populations, simplify genetic diversity monitoring, and avoid duplication and errors. Some BoLA-DRB3 alleles are linked to disease susceptibility or animal performance. It allows us to present "allele-phenotype" DNA markers in a simple and understandable format. This will be useful for developing breeding programs aimed at improving disease resistance and increasing cattle productivity.*

Keywords: *Ukrainian Red dairy breed, polymorphism, BoLA-DRB3 gene, alleles, PCR-RLFP, phoregrams, restriction enzymes RsaI, BstVI (XhoII), HaeIII.*

Упорядкування алелів гена BoLA-DRB3 екзон 2 "без визначеної номенклатури" отриманих методом ПЛР-ПДРФ

В. В. Бандура, Т. М. Супрович✉

Заклад вищої освіти "Подільський державний університет", м. Кам'янець-Подільський, Україна

*Таксономія великих за обсягом інформативних систем, які об'єднують значний обсяг елементів – це логічно впорядкована структура з позначеннями сприйнятливими для ідентифікації, що дозволяє дослідникам уникнути плутанини та ефективно використовувати отриману інформацію. На рівні ДНК вкрай високий рівень варіабельності має головний комплекс гістосумісності, зокрема ген BoLA-DRB3. Екзон 2 цього гену формує імунну відповідь і є надзвичайно поліморфним. Головний метод дослідження варіабельності гена BoLA-DRB3 ґрунтувався на використанні методу ПЛР-ПДРФ шляхом рестрикції продуктів ПЛР-ампліфікації екзону 2 рестриктазами RsaI, BstVI та HaeIII, що дозволило запропонувати класичну систему номенклатури "locus.exon*allele", яка налічувала 54 "стандартних" алеля (Van Eijk et al.). Метод включав 5 етапів: виділення ДНК, ампліфікація специфічних фрагментів екзону 2 DRB3-локусу розміром 284 п.н., рестрикція, електрофорез та дешифровка фореграм. За розміром сайтів рестрикції визначалися патерни за трьома ендонуклеазами, і на основі отриманих триплетів відповідний номер алеля. В статті деталізовано послідовність ідентифікації алелів BoLA-DRB3.2 на зразку крові української червоної молочної породи. Метод ПЛР-ПДРФ мав ряд переваг: простота, доступність, універсальність, відсутність у використанні складного спеціалізованого обладнання та програмного забезпечення, низьку вартість типування на один зразок. Це зумовило широке використання даного способу при дослідженні поліморфізму головного комплексу гістосумісності серед різних порід ВРХ і, відповідно, накопичення великого масиву інформації, в якій виявлялися триплети, що не вписувалися в структуру "стандартних" алелів. Аналіз наукових джерел дозволив ідентифікувати ще 66 алелів "без встановленої номенклатури" та необхідність їх систематизації. В роботі пропонується продовжити номенклатуру прийняту для "стандартних" алелів. Для однорідного масиву виявлених нами алелів, найкраще підходить цифровий варіант, тобто класичний варіант у форматі "locus.exon*allele". Для уникнення плутанини нумерацію алелів продовжено починаючи з 55 позиції. Виявлені варіанти розташовані в алфавітному порядку, послідовно для патернів RsaI, XhoII і HaeIII у відповідності до буквених позначень в триплетах. Уніфікована система позначень алелів BoLA-DRB3.2 дозволить чітко відстежувати зміни поліморфізму в різних популяціях, спростити моніторинг генетичного різноманіття, уникнути дублювання та помилок. Деякі алелі BoLA-DRB3.2 можуть бути асоційовані з чутливістю до захворювань або з продуктивністю тварин, що дозволяє представляти ДНК-маркери типу "алель – фенотип" в простому і зрозумілому форматі та буде корисною для розробки селекційних програм, спрямованих на покращення резистентності до захворювань та підвищення продуктивності ВРХ.*

Ключові слова: *українська червона молочна порода, поліморфізм, ген BoLA-DRB3, алелі, ПЛР-ПДРФ, фореграма, рестриктази RsaI, BstVI (XhoII), HaeIII*

Introduction

The term "nomenclature" is employed to denote a list, inventory, or classification in various fields of activity. The application of nomenclature is instrumental in preventing disorder within voluminous databases, enhancing the efficiency of data processing and storage methodologies, and establishing a standardized framework for their recognition by all relevant parties.

Molecular genetics, which studies the mechanisms of the transmission and realization of hereditary information at the DNA level, is characterized by an extremely large amount of data that needs to be ranked. In mammals, the most variable region of DNA is the major histocompatibility complex (MHC), which is responsible for the formation of the immune response. The main feature of the complex is its significant polygenicity (the presence of several non-allelic closely related genes whose protein products are structurally similar and perform identical functions) and pronounced polymorphism. All genes of the complex are inherited in a codominant manner. Polygenicity and polymorphism determine the antigenic individuality of individuals of a given species. Variability of MHC molecules is realized at the population equal. An individual can have no more than two varieties of products of each gene, therefore, cannot fully recognize the entire spectrum of protein peptides, but for the population as a whole, this possibility is guaranteed by the diversity of the MHC molecule repertoire.

In jawed vertebrates, it consists of a group of loci that encode molecules regulating the immune response (Klein et al., 2007). Class I and II genes constitute one subset of these loci, encoding cell surface glycoproteins required by T-lymphocytes to recognize antigenic peptides on the cell surface (Rock et al., 2016). Class II molecules are expressed by professional antigen-presenting cells and present peptides derived from extracellular proteins to CD4+ T-cells, thereby playing a key role in protection against pathogens (Neefjes et al., 2011).

The bovine leukocyte antigen (BoLA) genes are located on autosome 23. There are three DRB gene loci: DRB1, DRB2, and DRB3. The DRB1 gene is a pseudogene, DRB2 is transcribed at a low level, and DRB3 is highly polymorphic. Of all the genes studied in *Bos indicus* and *Bos taurus*, DRB3 is without question the most variable (Abdel Hameed et al., 2006; Behl et al., 2012). As of the beginning of 2022, the IPD-MHC database (https://www.ebi.ac.uk/ipd/mhc/group/BoLA) recorded 384 alleles of this gene. In 2024, 390 variants of BoLA-DRB3 out of 644 known class II alleles have already been validated. Advances in typing methods are constantly increasing this number, making a single, universal nomenclature system necessary (Galdino Andrade et al., 2024). These polymorphisms are predominantly situated within the peptide-binding region (PBR) of the β1 domain, which is encoded by exon 2 and is employed for the identification of BoLA-DRB3 alleles. As the amino acids that form the PBR are known to characterize the binding affinity of MHC-presented peptides, it can be inferred that different alleles combine different peptide repertoires, thereby influencing the variability of the immune response (Baxter et al., 2009).

BoLA gene polymorphism has been studied since the mid-1980s, and a nomenclature system was proposed in the early 1990s. Analysis of the first published sequences for the BoLA-DRB3 gene (Sigurdardottir et al., 1991) enabled the search for endonuclease restriction sites (patterns). Three specific enzymes allowed the differentiation of 14 major alleles (Joosten et al., 1992). Based on this, a classical nomenclature in the format "locus.exon*allele" (e.g., DRB3.2*24) was offered.

The BoLA class II genotyping system using PCR-RFLP developed by van Eijk et al. requires only small amounts of DNA for analysis. It is characterized by high polyvalency and high polymorphism and plays a significant role in the formation of immunity. The study by Van Eijk et al. definitively identified 30 alleles (hereinafter referred to as BoLA-DRB3.2 alleles) through restriction of PCR amplification products of exon 2 of the BoLA-DRB3 gene with endonucleases *RsaI*, *BstVI*, and *HaeIII* (Van Eijk et al., 1992). The results of the study by Gelhaus et al. clearly identified 14 previously unknown DRB3.2 alleles (Gelhaus et al., 1995). Four new PCR-RFLP patterns detected by cleavage with the *RsaI* endonuclease were assigned the letters "v", "w", "x" and "y" to designate the patterns, in accordance with the accepted nomenclature (Maillard et al., 1999). After thorough validation, 54 alleles have been confirmed, commonly known as "nomenclature" or "standard" alleles.

A substantial body of research has emerged in this area over the past two decades. As a result, many BoLA-DRB3.2 alleles have been identified that do not belong to the "standard" ones. A significant expansion of their repertoire requires the nomenclature to be reorganized. The systematization of "non-standard" variants is necessary for ease of accounting, effective control and reporting, unification of information to avoid duplication and confusion, simplification of mathematical calculations, etc.

Material and Methods

We declare that all ethical standards were met in the preparation of this article. Permission to use animals was granted by the Higher Educational Institution "Podillia State University" in accordance with the European Convention for the Protection of Vertebrate Animals Used for Experimental and Other Scientific Purposes.

The method of polymerase chain reaction of restriction fragment length polymorphism (RFLP). The learning of the diversity of BoLA-DRB3 gene exon 2 alleles is based on a genetic technology called restriction fragment length polymorphism. The RFLP method (restriction fragment length polymorphism) is a method of studying genomic DNA by treating it with restriction enzymes, followed by electrophoretic separation of the resulting mixture and determination of the lengths of the resulting fragments after blot hybridization with a specific labeled probe. Endonucleases have highly specific cleavage sites. Therefore, genetic differences in DNA nucleotide sequences between individuals (polymorphism at the DNA level) leads to different distribution of restriction sites along the respective DNA molecules and to the production of restriction products in which the number and length of homologous fragments will be different. Thus, DNA polymorphism will be tested as the presence of restriction sites of different lengths.

The study of the BoLA-DRB3 locus using the PCR-RFLP method became possible after the nucleotide sequences of BoLA genes were determined. The PCR-RFLP method is an enzymatic method for analyzing SNPs (Single Nucleotide Polymorphisms). It is similar to the RFLP method, but it is based on the use of PCR (Sigurdardottir et al., 1991). In this case, amplification products are subjected to restriction (by one or more restriction enzymes), rather than genomic DNA. This method was used to analyze the polymorphism of the DRB3 gene (exon 2) associated with amino acid substitutions.

The determination of BoLA locus polymorphism based on PCR-RFLP is performed in several stages:

1. The DNA must be isolated from the blood sample. The isolation method is chosen based on the type of material being processed (blood, semen, etc.).
2. The amplification of specific DNA fragments is essential. The presence of short specific DNA fragments of exon 2 of the DRB3 locus, 284 bp in size, is necessary for further detection.
3. Separate the mixture of amplification products obtained in the previous stage by restriction enzymes (restriction site 5'-3'). The following restriction enzymes are used: *RsaI* (GT → AC), *HaeIII* (GG → CC), and *BstVI* (analogous to *XhoII*) (A/G) → GATC(C/T).
4. Horizontal electrophoresis in agarose gel or vertical electrophoresis in polyacrylamide gel of restriction products.
5. The process of deciphering and determining alleles requires precise reading of phoregrams.

The first three stages are described in detail in scientific articles presenting the practical results of research into BoLA-DRB3 gene polymorphism (Van Eijk et al., 1992; Gelhaus et al., 1995; Maillard et al., 1999; Oprzadek et al., 2012; Suprovych et al., 2021, etc.). Some deviations in the described methods are explained by improvements in detection methods, the development of technical facilities (equipment), the characteristics of DNA and electrophoresis kits, etc.

Procedure for determining BoLA-DRB3.2 alleles. The most problems arise at the final stage, where the quality of the phoregrams and the subjective factor (the researcher's experience) play a significant role.

Let's detail the procedure for determining the animal's genotype based on the detection results. For example, consider a fragment of a phoregram obtained from a blood sample of the Ukrainian red dairy breed (Fig. 1).

During the analysis, it should be noted that the total length of the bands should be 284×2 = 568 bp (562 bp in the presence of a deletion), and wide bands indicate the presence of the same patterns or they have slight deviations in size. For example, the restriction sites of patterns "*d*" and "*g*" are 143 and 141 bp long, which makes it difficult to detect» the results (Fig. 2). Alternative options occur when deciphering the phoregrams by *BstYI* and *HaeIII* restriction enzymes.

Decoding should begin with the most informative and complex track obtained with *RsaI* restriction enzyme. In Fig. 1, a single 156-bp site of the "*k*" pattern is clearly readable, joined by sites of 78 and 50 bp (the presence of

the latter is indicated by a wide band. The remaining sites fit into the 78+69+54+50+33 bp scheme, which corresponds to *the* "*w*" pattern (Table 1). The analysis of the restriction enzyme *XhoII* track shows two possible variants of the sites 199+85 bp, which has the "*a*" pattern and 197+87 bp – the "*d*" pattern. Reading of the third track gives an unambiguous result of 219+65 bp and 167+65+52 bp, which corresponds to patterns "*a*" and "*c*".

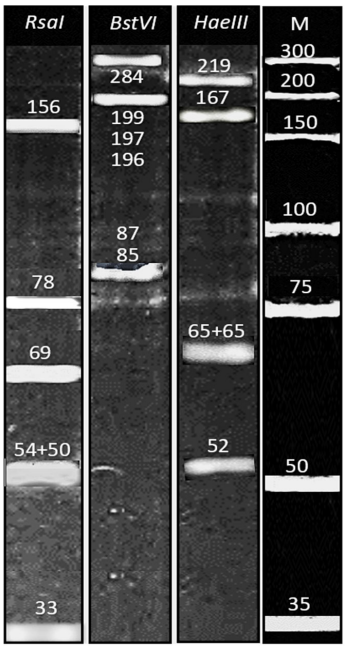


Fig.1. Fragment of phoregram of amplification products of the BoLA-DRB3 gene (exon 2) from Ukrainian red dairy breed cow's blood sample: *RsaI*, *XhoII*, and *HaeIII* – endonucleases, M – molecular weight marker (GeneRuler™ Ultra Low Range DNA Ladder)

As a result of the combination of the three patterns, triplet sequences are formed that define the allele. For the above example, 6 alleles and 12 genotypes are possible (Table 1). Among them, in Table 2, we find only 2 nomenclature alleles of BoLA-DRB3.2*47 (*waa*) and BoLA-DRB3.2*48 (*wba*), and a reasonable question arises about the true alleles of BoLA-DRB3.2 in this sample.

Table 1
Variants of BoLA-DRB3.2 patterns and alleles

Restrictases	Patterns, Length of bands	Triplets and alleles variants	
		allele 1	allele 2
RsaI	k 156+78+50 w 78+69+54+50+33	kba	wac wdc
		kbc	*47 waa wda
		kda	wbc wac
BstVI	b 284 a 199+85 d 197+87	kdc	*48 wba *47 waa
		kaa	wbc wdc
HaeIII	a 219+65 c 167+65+52	kac	*48 wba wda

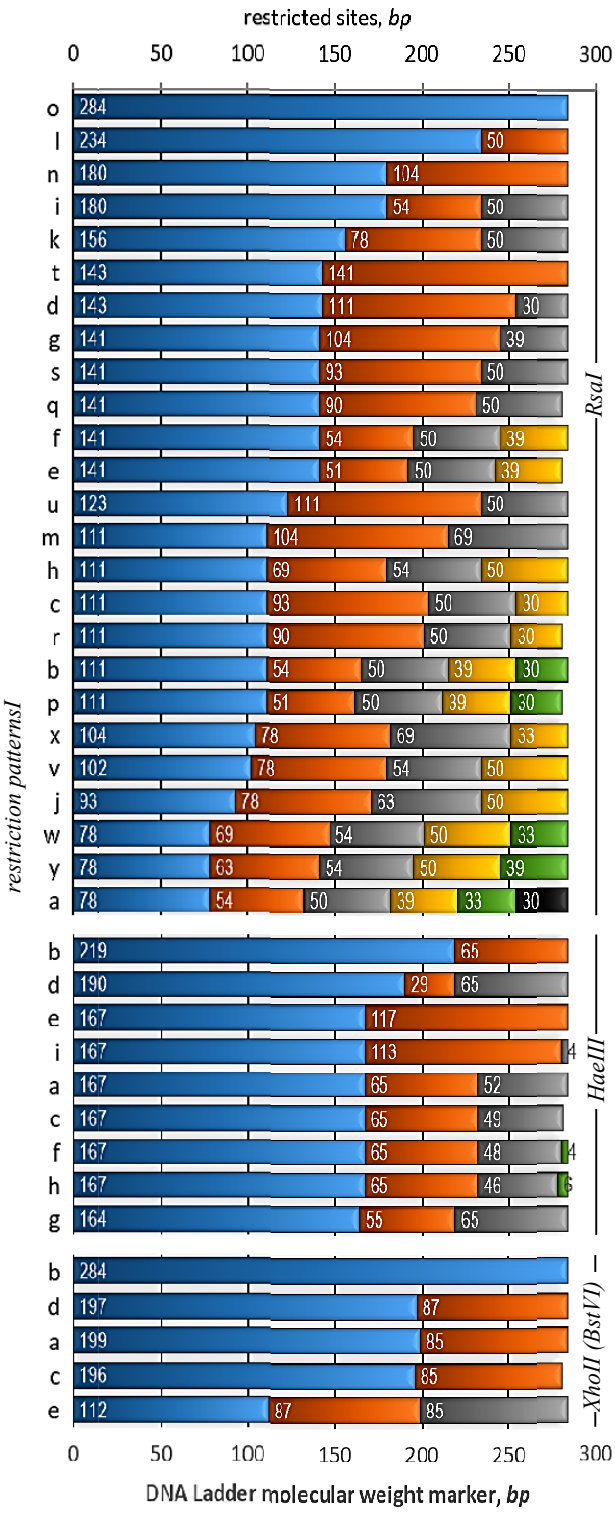


Fig.2. Map of restriction sites of the BoLA-DRB3 exon 2 gene fragment with a length of 284 bp (281 bp with deletion). Maximum number of pattern variants for endonucleases: *RsaI* - 25, *HaeIII* - 9, *XhoII* - 5.

Improving genotyping methods. There are a number of ways to avoid ambiguity in identifying possible animal genotypes.

The first and most accurate method is to perform specific PCRs. In most cases, two endonucleases are sufficient for restriction analysis of amplification products: *RsaI* and *HaeIII*. Their combination allows genotyping up

to 4/5 animals. In some cases, allele recognition based on DNA patterns is difficult, especially for variants with deletions and due to the presence of restriction fragments of similar size. In these cases, the analysis of amplification products using endonuclease *XhoII* or AS-PCR (allele-specific polymerase chain reaction) should be included in the analysis (Suprovych & Suprovych, 2020).

The development of the AS-PCR method for typing BoLA-DRB3 gene alleles became possible after analyzing their nucleotide sequence in the study of the molecular mechanisms responsible for susceptibility or resistance to leukemia. It has been shown that all alleles associated with leukemia resistance have a common sequence encoding the amino acid sequence Glu-Arg at the 70–71 position of the protein molecule, and alleles closely associated with high susceptibility to leukemia have common nucleotide sequences encoding amino acids: Val-Asp-Thr-Tyr (Val) in the 75–78th position. Amino acids located in the 70–71 position of the class II molecule are part of the antigen-recognizing site of class II molecules, i.e., determine the specificity of interaction with the antigen.

Thus, the Glu-Arg sequence, which was detected in leukemia-resistant animals by PCR analysis of the DRB3 gene, is responsible for recognizing the antigen of bovine leukemia virus and determines the body's full immune response to viral infection. The amino acid sequence Val-Asp-Thr-Tyr (Val) is common to all alleles that carry increased susceptibility to leukemia and is located in the binding site of T-cell receptors (Xu et al., 1993).

The presence of sequence motifs common to alleles of resistance and susceptibility to leukemia led to the development of a method for determining BoLA-DRB3 allele variants using AS-PCR, which allows animals to be tested based on electrophoretic analysis of amplification products with HLO-30 primers. The developed allele-specific PCR method does not always give unambiguous results. Therefore, new AS-PCRs developed that improve the differentiation of "screened" alleles (Suprovych et al., 2021).

The second method is to use different gels for restriction of amplification products, their variants with higher concentration, which allows to "stretching" the bands of sites or an additional marker. Fig. 3 shows the result of re-restriction of the Ukrainian red dairy cow blood sample (see Fig. 2) using two new markers that "stretch" the image more than twice due to the use of gels with a different concentration. As a result, the phoregram clearly shows "*a*" 199-bp variant of the site, which, together with the "*w*" (*RsaI*) and "*a*" (*HaeIII*) patterns, indicates the presence of the *waa* spectrum in the cow's genotype, which defines the standard BoLA-DRB3.2*47 allele.

The third option, which is widely used nowadays, is based on PCR-SBT (Sequence Based Typing), An improved sequencing technique for BoLA typing has been developed, which uses primers DRB3FRW and DRB3REV, which initiate the amplification of the 319 bp BoLA-DRB3 gene locus. This method is currently the most widely used by researchers because it allows for the rapid and accurate genotyping of a large number of DNA samples (Takeshima et al., 2011).

Table 2
Alleles of the BoLA-DRB3 gene and their corresponding restriction patterns (triplets) according to the restrictases *RsaI+XhoII+HaeIII*

Allele	DNA pattern	Allele	DNA pattern	Allele	DNA pattern	Allele	DNA pattern	Allele	DNA pattern	Allele	DNA pattern
1	aaa	21	lbe	41	aba	61	fab	81	kaa	101	qaa
2	bba	22	mba	42	hbf	62	fbb	82	kba	102	qab
3	bbb	23	nba	43	kbf	63	fbd	83	kbd	103	qba
4	caa	24	nbb	44	kbi	64	fbe	84	kha	104	qbb
5	rcc	25	oaa	45	sdb	65	fdb	85	laa	105	raa
6	daa	26	oab	46	vba	66	gba	86	lbd	106	rba
7	ecc	27	obf	47	waa	67	gbb	87	mab	107	rbd
8	faa	28	obb	48	wba	68	iaa	88	mbb	108	saa
9	fda	29	pcc	49	wbe	69	iab	89	mdb	109	sba
10	fba	30	qcc	50	xba	70	iae	90	naa	110	sbd
11	gea	31	ibf	51	gaa	71	ibb	91	nab	111	seb
12	haa	32	maa	52	sda	72	ibd	92	nad	112	taa
13	hba	33	nbf	53	yba	73	ibe	93	nbd	113	tbb
14	hbb	34	lab	54	jdb	74	iea	94	nbe	114	tbd
15	iba	35	cbb	55	abb	75	jaa	95	nda	115	ubb
16	jbd	36	lba	56	baa	76	jab	96	neb	116	ubd
17	kbb	37	oba	57	cab	77	jad	97	obd	117	vad
18	lbf	38	bda	58	cba	78	jba	98	obe	118	vbd
19	sbb	39	tba	59	dba	79	jbb	99	oeb	119	wda
20	lbb	40	uba	60	dbb	80	jnn	100	pba	120	xbb

SNP detection technologies have improved significantly due to the emergence of new methods of reporter systems, fluorescent probes, the introduction of enzymatic assays, the use of highly sensitive equipment and, above all, the rapid development of high-throughput sequencing and bioinformatics tools. To date, the accuracy and sensitivity of these methods have increased significantly, largely due to the introduction of cost-effective detection solutions.

Results and discussion

Organizing the array of "non-standard" alleles. The "standard" repertoire was sufficient to describe the entire spectrum of alleles detected using the PCR-RFLP method at the initial stage of research into the polymorphism of the BoLA-DRB3 gene. This situation was explained by the fact that the array of "standard" alleles was formed on the basis of studies of the Holstein breed (Dietz et al., 1997; Sharif et al., 1998). For these breeds, allele frequencies in different populations were described in at least 19 countries. However, early studies contain data on alleles that do not correspond to the declared nomenclature. One of the first studies to validate 11 "non-standard" alleles (12.4 %) concerned Jersey cows (Gilliespie et al., 1999). Subsequently, such alleles, whose designations were formed on the basis of the letter codes of the restriction sites of three restriction enzymes, were named "without established nomenclature" (Oprzadek et al., 2012).

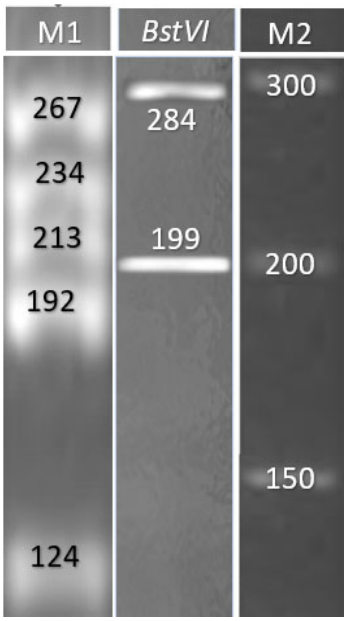


Fig. 3. The piece of the BoLA-DRB3 gene amplification products (exon 2) from a blood sample of a red Ukrainian dairy cow that was obtained using the endonuclease *BstVI* (*XhoII*). Molecular weight markers: M1 – GeneRuler™ Ultra Low Range DNA Ladder (0,5 mg/lane, 20 cm length gel, IXTBE, 8V/cm, 3h; 10% polyacrylamide); M2– pBR322 DNA/BsuRl (*Haelll*) Marker, 5 (0,5 mg/lane, 20 cm length gel, IXTAE, 8V/cm, 3h; 5% polyacrylamide)

The study of BoLA-DRB3 gene polymorphism using PCR-RFLP has significant advantages over other methods of detecting allelic diversity:

- simplicity: it is a relatively simple and cost-effective tool for genetic research:
- availability: does not require specialized equipment;
- versatility: it can be used for a wide range of studies.

In addition, data processing does not require special software, and the cost of typing per blood sample is one of the lowest for such studies.

It is worth noting that these advantages have led to a sharp increase in scientific interest in this method of detecting the DRB3.2 allele spectrum. A great deal of attention has been dedicated to the promotion of local and regional breeds. It is worth noting that such livestock possesses a number of noteworthy phenotypic traits and has retained unique genes and their combinations that have been lost in modern commercial breeds. This aspect certainly merits attention when considering its use in breeding programs. Therefore, the BoLA-DRB3 gene is increasingly being used to study the genetic diversity of such breeds. It seems reasonable to conclude that alleles "without an established nomenclature" often appear in their genotypes. For example, two studies have identified as many as 46 such alleles in the Creole local breeds of Mexico (Fernández et al., 2008; Fernández et al., 2015). In the Sahival breed of India, 12 "non-standard" alleles accounted for 22.4 % (Chakraborty et al., 2015). In the Grey Ukrainian autochthonous breed, 5 alleles with a total frequency of 8.9 % were identified (Suprovych et al., 2021), etc.

We have collected information on "non-standard" alleles from more than 20 literature sources. We selected 14 of them for analysis (Table 3), which contain information on the PCR-RFLP triplet patterns that identify alleles, their number, proportion among other variants, etc.

A total of 66 «non-standard» alleles were identified. This array of information must be organized to make further analysis understandable, convenient, and accessible.

Among the options for organizing arrays of genetic information, which is done by labeling elements, the following is most often uses:

- numeric → non-human MHC nomenclature Na-mu-DRB1*001:02:01:01 - ***001*** (allele group) ***:02*** (allele subgroup) ***:01*** (synonymous substitutions) ***:01*** (differences in the non-coding region) (Maccari et al., 2018);
- letter → ***HLA-A***, ***HLA-B***, ***HLA-C***, etc;
- mixed → histocompatibility antigens of the BoLA class I system: BoLA W2-11, MSU A12-A41 (Nilsson, 1994);
- special → genetic symbols: *P* - parents: ♂ – male ♀ – female; *F* – offspring (F_1, F_2- hybrids of the first and second generation); *G* – gametes; × – crossing symbol; *A*, *a* – dominant and recessive alleles, etc.

Obviously, for a homogeneous array, which is what the alleles we have identified are, the digital option is best, i.e., it is necessary to use the classic nomenclature in the format "locus.exon*allele". To avoid confusion, it is best to continue numbering the alleles. It is better to arrange the identified variants in alphabetical order. Ranking is performed according to letter designations in triplets: first for *RsaI* patterns, then for *XhoII* and *HaeIII*. The ranking results are shown in Table 2, starting from position 55. Now this table can be used as a decoder for "non-standard" alleles identified in studies. For example, the triplet ***wda***, identified in the blood sample of a red Ukrainian dairy cow, now fits into the standard nomenclature as the BoLA-DRB3.2*119 allele.

Table 3
Search results for alleles "without established nomenclature"

Breed	Country	Number of animals	Alleles				Source
			in total	"without established nomenclature"			
				in total	%	list	
Kankrej	India	50	24	3	3,0	kaa, xbb, iea	Behl et al., 2007
Hariana Sahiwal Rathi		35 45 51	16 20 13	3 5 1	9,4 8,0 3,84	baa (5.71), dbb, dba (2.86), iaa (12,2), baa, dbb, wda, kba, dba (3.92)	Behl at al., 2009
Gahiwal		112	36	12		baa (2.23), gba, dba, sba, naa, mbb, iaa (2.23), ibe, laa, fbb, saa, mab (2.69)	Chakraborty et al., 2015
Creole	Mexica	154 (56+98)	70	46	-	dba, dbb, fbb, gba, gbb, ibb, ibe, jbb, kbd, laa, mab, mbb, naa, nbd, nbe, obd, sba, seb, taa, tbb, tbd, ubb, ubd, vbd, xbb, cab,cba, ibd, rbd, sbd, vad, jaa, jab, jad, jba, jnn, lbd, nab, pba, qaa, qab, qba, qbb, qbd, raa, rba	Fernández et al., 2008; Fernández et al., 2015
Jersey	USA	172	24	11	26,1	fab, fbb, fbe, iaa, ibb, ibe (6,1), laa, iae, kba, nbe, obe	Gilliespie et al., 1999
Gray	Ukraine	88	28	5	0,89	jba (3.0), jab (5.1), jbb, nad, nda	Suprovych et al., 2021
White-Headed	Ukraine	49	29	5	0,71	nab, iab, gbb, mdb, naa	Suprovych 2021a
Holstein	Colombia	500	36	7		kba, abb, dbb, gbb, ibb, ibe, kaa	Úsuga-Monroy et al., 2016
Holstein	Colombia	506	42	9		iaa, gbb, ibb, ibe, kaa, kha, dbb, fdb, fbb	Morales et al., 2020
Holstein	Poland	808	17	6	>2%	jbd, nbd, gba, neb, jba, oeb	Oprzadek et al., 2018
Holstein-Friesian	Poland	752	40	12		gba (3.76), jba (2.65), jbb (2.88), nbd (3.76), gba (3.21), jbb (3.02), nbe (3.12)	Oprzadek et al., 2012
Holstein, Holstein + Jersey and other crosses	Colombia	996	149	3	2–5	jba (2.7), mbb (2.8), gba (3.1)	Zambrano et al., 2014
Holstein		66	23	1	3	kba (3.0)	

Note. The frequencies of alleles above 2 % are shown in parentheses in the "list" column

Conclusions

The paper systematized 66 "non-standard" BoLA-DRB3.2 alleles in the "locus.exon*allele" format, identified in the literature with data on the study of polymorphism of this gene by PCR-RFLP. The classical nomenclature proposed by Van Eijk et al. was taken into account, with the numbering continuing from position 55. The total number of DRB3.2 alleles was 120 variants.

The use of a unified system of BoLA-DRB3 allele designations allows for more accurate tracking of changes in their frequencies in different populations, avoiding duplication and confusion. Such a system greatly simplifies the monitoring of genetic diversity, and given that certain BoLADRB3 alleles may be associated with disease resistance or animal productivity, it allows to present DNA markers of the "allele-phenotypic trait" type in a simple and understandable format. The proposed nomenclature will be useful for the development of breeding programs aimed at improving disease resistance and increasing cattle productivity.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest.

References

Abdel Hameed, K. G., Sender, G., & Mayntz, M. (2006). Major histocompatibility complex polymorphism and mastitis resistance – A review. Animal Science Papers and Reports, 24(1), 11–25. URL: https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20063218759.

Baxter, R., Craigmile, S. C., Haley, C., Douglas, A. J., Williams, J. L., & Glass, E. J. (2009). BoLA-DR peptide binding pockets are fundamental for foot-and-mouth disease virus vaccine design in cattle. Vaccine, 28(1), 28–37. DOI: 10.1016/j.vaccine.2009.09.131.

Behl, J. D., Verma, N. K., Behl, R., & Sodhi, M. (2009). Genetic variation of the major histocompatibility complex DRB3.2 locus in the native Bos indicus cattle breeds. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 22(11), 1487–1494. URL: https://www.animbiosci.org/upload/pdf/22-193.pdf.

Behl, J. D., Verma, N. K., Behl, R., Mukesh, M., & Ahlawat, S. P. (2007). Characterization of genetic polymorphism of the bovine lymphocyte antigen DRB3.2 locus in Kankrej cattle (*Bos indicus*). Journal of dairy science, 90(6), 2997–3001. DOI: 10.3168/jds.2006-547.

Behl, J. D., Verma, N. K., Tyagi, N., Mishra, P., Behl, R., & Joshi, B. K. (2012). The major histocompatibility complex in bovines: a review. ISRN veterinary science, 2012, 872710. DOI: 10.5402/2012/872710.

Chakraborty, D., Gingh, A., Tantia, M.G., Verma, A., & Chahrawarty, A.K. (2015). Genetic polymorphism of BoLA-DRB3.2 locus in Sahiwal cattle. Animal Science Reporter, 91(1), 33–40. URL: https://www. cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20153062157.

Dietz, A. B., Cohen, N. D., Timms, L., & Kehrli, M. E. (1997). Bovine lymphocyte antigen class II alleles as risk factors for high somatic cell counts in milk of lactating dairy cows. Journal of Dairy Science, 80(2), 406–412. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(97)75951-4.

Fernández, I. G., Leyva-Baca, I., Rodríguez-Almeida, F., Ulloa-Arvizu, R., Ríos-Ramírez, J. G., Gayosso-Vázquez, A., & Alonso-Morales, R. A. (2015). Creole cattle from northwestern Mexico has high genetic diversity in the locus DRB3.2. Animal Genetic Resources/ Resources génétiques animales/Recursos genéticos animales, 57, 31–38. DOI: 10.1017/S2078633615000211.

Fernández, I. G., Ramírez, J. G. R., Vázquez, A. G., Arvizu, R. U., & Morales, R. A. (2008). Polymorphism of locus DRB3.2 in populations of Creole Cattle from Northern Mexico. Genetics and Molecular Biology, 31(4), 880–886. DOI: 10.1590/S1415-47572008005000020.

Galdino Andrade, T. E., Scavassini Peña, M., Fiorotti, J., de Souza Bin, R., Rodrigues Caetano, A., Connelley, T., & Ferreira de Miranda Santos, I. K. (2024). Graduate Student Literature Review: The DRB3 gene of the bovine major histocompatibility complex-Discovery, diversity, and distribution of alleles in commercial breeds of cattle and applications for development of vaccines. Journal of dairy science, 107(12), 11324–11341. DOI: 10.3168/jds.2023-24628.

Gelhaus, A., Schnittger, L., Mehlitz, D., Horstmann, R. D., & Meyer, C. G. (1995). Sequence and PCR-RFLP analysis of 14 novel BoLADRB3 alleles. Animal Genetics, 26(3), 147–153. DOI: 10.1111/j.1365-2052.1995.tb03154.x.

Gilliespie, B.E., Jayarao, B.M., Dowlen, H.H., & Oliver, S.P. (1999). Analysis and frequency of bovine lymphocyte antigen DRB3.2 alleles in Jersey cows. Journal of dairy science, 82(9), 2049–2053. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(99)75443-3.

Joosten, I., Teale, A. J., van der Poel, A., & Hensen, E. J. (1992). Biochemical evidence of the expression of two major histocompatibility complex class I genes on bovine peripheral blood mononuclear cells. Animal genetics, 23(2), 113–123. DOI: 10.1111/j.1365-2052.1992. tb00030.x.

Klein, J., Sato, A., & Nikolaidis, N. (2007). MHC, TSP, and the origin of species: from immunogenetics to evolutionary genetics. Annual review of genetics, 41, 281–304. DOI: 10.1146/annurev.genet.41.110306.130137.

Maccari, G., Robinson, J., Bontrop, R. E., Otting, N., de Groot, N. G., Ho, C. S., Ballingall, K. T., Marsh, S. G. E., & Hammond, J. A. (2018). IPD-MHC: nomenclature requirements for the non-human major histocompatibility complex in the next-generation sequencing era. Immunogenetics, 70(10), 619–623. DOI: 10.1007/s00251-018-1072-4.

Maillard, J. C., Renard, C., Chardon, P., Chantal, I., & Bensaid, A. (1999). Characterization of 18 new BoLA-DRB3 alleles. Animal genetics, 30(3), 200–203. DOI: 10.1046/j.1365-2052.1999.00446.x.

Morales, J. P. A., López-Herrera, A., & Zuluaga, J. E. (2020). Association of BoLA DRB3 gene polymorphisms with BoHV-1 infection and zootechnical traits. Open veterinary journal, 10(3), 331–339. DOI: 10.4314/ovj.v10i3.12.

Neefjes, J., Jongsma, M. L., Paul, P., & Bakke, O. (2011). Towards a systems understanding of MHC class I and MHC class II antigen presentation. Nature reviews. Immunology, 11(12), 823–836. DOI: 10.1038/nri3084.

Nilsson, P. R. (1994). The bovine class II major histocompatibility complex: serological definition and further characterization of class II haplotypes. Thesis Wageningen. ISBN 90-5485-339-5. URL: https://edepot.wur.nl/207069.

Oprzadek, J. M., Brzozowska, A. M., Urtnowski, P., Rutkowska, K., & Lukaszewicz, M. (2018). Association of BoLA-DRB3 genotype with somatic cell count in milk of Polish Holstein cattle. Revista Brasileira De Zootecnia, 47, e20150290. DOI: 10.1590/rbz4720150290.

Oprzadek, J., Urtnowski, P., Sender, G., Pawlik, A. & Lukaszewicz, M. (2012). Frequency of BoLA-DRB3 alleles in Polish Holstein-Friesian cattle. Animal Science Papers and Reports, 30(2), 91–101. URL: https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20123192468.

Ramírez, N. F., Montoya, A., Cerón-Muñoz, M. F., Villar, D., & Palacio, L. G. (2014). Association of BoLA-DRB3 and TLR4 alleles with subclinical mastitis in cattle from Colombia. Revista Colombiana De Ciencias Pecuarias, 27(1), 18–28. DOI: 10.17533/udea. rccp.324875.

Rock, K. L., Reits, E., & Neefjes, J. (2016). Present Yourself! By MHC Class I and MHC Class II Molecules. Trends in immunology, 37(11), 724–737. DOI: 10.1016/j.it.2016.08.010.

Sharif, S., Mallard, B. A., Wilkie, B. N., Sargeant, J. M., Scott, H. M., Dekkers, J. C., & Leslie, K. E. (1998). Associations of the bovine major histocompatibility complex DRB3 (BoLA-DRB3) alleles with occurrence of disease and milk somatic cell score in Canadian dairy cattle. Animal genetics, 29(3), 185–193. DOI: 10.1046/j.1365-2052.1998.00318.x.

Sigurdardóttir, S., Borsch, C., Gustafsson, K., & Andersson, L. (1991). Cloning and sequence analysis of 14 DRB alleles of the bovine major histocompatibility complex by using the polymerase chain reaction. Animal genetics, 22(3), 199–209. DOI: 10.1111/j.1365-2052.1991. tb00670.x.

Suprovych, T. M., & Suprovych, M. P. (2020). Polimorfizm gena BoLA-DRB3 yak marker chutlivosti do zahvoryuvan velikoyi rogatoyi hudobi: monografiya (Polymorphism of the BoLA-DRB3 gene as a marker of susceptibility to cattle diseases). Kam'yanec-Podilskij: PDATU (in Ukrainian).

Suprovych, T. M., Suprovych, M. P., Mokhnachova, N. B., Biriukova, O. D., Strojanovska, L. V., & Chepurna, V. A. (2021a). Genetic variability and biodiversity of Gray Ukrainian cattle by BoLA-DRB3 gene. Regulatory Mechanisms in Biosystems, 12(1), 33–41. DOI: 10.15421/022106.

Suprovych, T., Suprovych, M., & Biriukova, O. (2021). Genetic profiles of Ukrainian breeds of cattle by the

BoLA-DRB3 gene. The animal biology, 23(3), 112. DOI: 10.15407/animbiol23/03.

Takeshima, S. N., Matsumoto, Y., Miyasaka, T., Arainga-Ramirez, M., Saito, H., Onuma, M., & Aida, Y. (2011). A new method for typing bovine major histocompatibility complex class II DRB3 alleles by combining two established PCR sequence-based techniques. Tissue antigens, 78(3), 208–213. DOI: 10.1111/j.1399-0039.2011.01708.x.

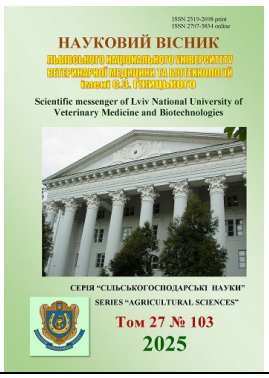
Thiel, T., Kota, R., Grosse, I., Stein, N., & Graner, A. (2004). SNP2CAPS: a SNP and INDEL analysis tool for CAPS marker development. Nucleic acids research, 32(1), e5. DOI: 10.1093/nar/gnh006.

Úsuga-Monroy, C., Echeverri Zuluaga J.J., & López-Herrera. A., (2016). Association between genes Bola-DRB3.2*8 and Bola-DRB3.2*12 with resistance and BoLA-DRB3.2*16 with susceptibility to infection by bovine leukemia virus. The Pakistan Veterinary Journal, 36(4), 400–404. URL: https://psa.pastic.gov.pk/SearchArticleView.aspx?articledetailId=112820&S_id=25560.

Van Eijk, M. J. T., Stewart-Haynes, J. A., & Lewin, H. A. (1992). Extensive polymorphism of the BoLA-DRB3 gene distinguished by PCR-RFLP. Animal Genetics, 23(6), 483–496. DOI: 10.1111/j.1365-2052.1992.tb00168.x.

Xu, A., van Eijk, M. J., Park, C., & Lewin, H. A. (1993). Polymorphism in BoLA-DRB3 exon 2 correlates with resistance to persistent lymphocytosis caused by bovine leukemia virus. Journal of immunology (Baltimore, Md.: 1950), 151(12), 6977–6985. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8258704.

Zambrano, A. J., Echeverri, Z. J., & López-Herrera, A. (2014). Association of gene BoLA DRB3.2 with production traits in a dairy herd of Antioquia, Colombia, Rev. MVZ Córdoba, 19(2), 4116–4129. DOI: 10.21897/rmvz.105.



Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького. Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences

ISSN 2519–2698 print
ISSN 2707-5834 online

doi: 10.32718/nvlvet-a10311
https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture

UDC 637.4:628.161.2

Application of aqueous ozone solution in industrial conditions for egg products technology

Z. G. Sverhun[1], M. D. Kukhtyn[2], Y. V. Horiuk[1]✉, V. Z. Salata[3], Yu. B. Perkiy[4]

[1]*Podillia State University, Kamianets-Podilskyi, Ukraine*
[2]*Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, Ukraine*
[3]*Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, Lviv, Ukraine*
[4]*Ternopil research station of the Institute of Veterinary Medicine of the National Academy of Sciences, Ternopil, Ukraine*

Article info

Received 19.06.2025
Received in revised form 21.07.2025
Accepted 22.07.2025

Higher Educational Institution "Podillia State University" Kamianets-Podilskyi, Shevchenko Str., 12, Kamianets-Podilskyi, 32316, Ukraine. Tel.: +38-097-661-79-64 E-mail: goruky@ukr.net

Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ruska Str., 56, Ternopil, 46001, Ukraine.

Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicineand Biotechnologies Lviv,Pekarska Str., 50, Lviv, 79010, Ukraine.

Ternopil research station of the Institute of Veterinary Medicine of the National Academy of Sciences, Trolleybus St., 12, Ternopil, 46011, Ukraine.

Sverhun, Z. G., Kukhtyn, M. D., Horiuk, Y. V., Salata, V. Z., & Perkiy, Yu. B. (2025). Application of aqueous ozone solution in industrial conditions for egg products technology. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 27(103), 97–103. doi: 10.32718/nvlvet-a10311

Chicken eggs are one of the staple food products, providing the human body with high-quality proteins, lipids, vitamins, and minerals. However, the eggshell surface often becomes a site of accumulation for mesophilic aerobic microorganisms (MAFAnM) and coliform bacteria (BGKP), creating risks of microbial contamination both for eggs themselves and for processed products. Traditional disinfection methods (washing, chemical disinfectants, ultraviolet treatment) have several limitations; therefore, the use of aqueous ozone, characterized by its strong oxidizing capacity and the absence of toxic residues, is considered a promising alternative. The aim of this study was to determine the effectiveness of aqueous ozone for sanitizing chicken eggs with different levels of shell contamination under industrial poultry farm conditions and to assess the microbiological quality of the produced egg melange. Eggs from three groups (clean, conditionally clean, and contaminated) were used in the experiment. After standard washing, they were disinfected with aqueous ozone at concentrations of 1.5 and 2.3 mg/L for 3 minutes. The levels of MAFAnM and BGKP on the shell and the overall microbiological quality of the melange were evaluated. It was established that treatment with ozone at 1.5 mg/L ensured complete inactivation of mesophilic microflora on clean and conditionally clean eggs, as well as a significant reduction in contamination on dirty samples (residual level – 17.7 ± 1.2 CFU/cm²). Application of a higher concentration (2.3 mg/L) allowed complete disinfection of all groups of eggs. Regarding BGKP, it was found that washing followed by ozone disinfection significantly reduced bacterial titers, ensuring compliance with established standards. The egg melange produced from eggs treated with aqueous ozone at 1.5 mg/L contained MAFAnM in the range of 8.5–10.7×10³ CFU/g, which is much lower than the maximum permissible level (≤500,000 CFU/g). This indicates high microbiological stability of the product and suitability of the technology for industrial application. Thus, the use of aqueous ozone is an effective and safe method for disinfecting chicken eggs, allowing a substantial reduction in shell contamination and ensuring high quality of egg products without negative effects on their organoleptic properties. The technology has strong potential for large-scale industrial implementation, although further studies are needed to assess the impact of higher ozone concentrations on the physicochemical characteristics of products and the economic feasibility of its application in production chains.

Keywords: *aqueous ozone, egg disinfection, egg products, melange, egg safety.*

Застосування водного розчину озону у виробничих умовах у технології яєчних продуктів

Ж. Г. Свергун[1], М. Д. Кухтин[2], Ю. В. Горюк[1]✉, В. З. Салата[3], Ю. Б. Перкій[4]

[1]*Подільський державний університет, м. Кам'янець-Подільський, Україна*
[2]*Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя, м. Тернопіль, Україна*
[3]*Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Ґжицького, м. Львів, Україна*
[4]*Тернопільська дослідна станція Інституту ветеринарної медицини НААН, м. Тернопіль, Україна*

Курячі яйця є одним із базових продуктів харчування, що забезпечують організм людини високоякісними білками, ліпідами, вітамінами та мінералами. Разом із тим поверхня шкарлупи часто стає місцем накопичення мезофільної аеробної мікрофлори (МАФАнМ) та бактерій групи кишкової палички (БГКП), що створює ризики мікробного обсіменіння як самих яєць, так і продуктів їх переробки. Традиційні методи знезараження (миття, хімічні дезінфектанти, ультрафіолетове опромінення) мають низку обмежень, тому перспективним напрямом вважається застосування озону у водній формі, який характеризується високою окиснювальною здатністю та відсутністю токсичних залишків. Метою дослідження було визначити ефективність водного озону для санітарної обробки курячих яєць із різним ступенем забруднення шкарлупи у виробничих умовах птахофабрики та оцінити мікробіологічну якість виготовленого меланжу. Для експерименту використовували яйця трьох груп (чисті, умовно-чисті та забруднені), які після стандартного миття піддавали дезінфекції водним озоном у концентрації 1,5 та 2,3 мг/л з експозицією 3 хв. Оцінювали вміст МАФАнМ та БГКП на шкарлупі, а також загальну мікробіологічну якість меланжу. Встановлено, що використання озону у концентрації 1,5 мг/л забезпечувало повне інактивування мезофільної мікробіоти на чистих та умовно-чистих яйцях, а також суттєве зниження контамінації на забруднених зразках (залишковий рівень – 17,7 ± 1,2 КУО/см²). Застосування вищої концентрації (2,3 мг/л) дозволяло досягти повного знезараження всіх груп зразків. За показником БГКП встановлено, що миття з подальшою озонною дезінфекцією значно знижувало титр бактерій, забезпечуючи відповідність вимогам стандартів. Вироблений меланж, отриманий із яєць після обробки озонованою водою у концентрації 1,5 мг/л, мав кількість МАФАнМ у межах 8,5–10,7×10³ КУО/г, що значно нижче за гранично допустимий рівень (≤500 тис. КУО/г). Це свідчить про високу мікробіологічну стійкість продукту та придатність технології до промислового застосування. Таким чином, використання водної форми озону є ефективним та безпечним методом дезінфекції курячих яєць, який дозволяє суттєво знизити бактеріальне обсіменіння шкарлупи й забезпечити високу якість яєчних продуктів без негативного впливу на їхні органолептичні властивості. Технологія має потенціал для масштабного впровадження у виробництво, хоча потребує подальшого дослідження впливу підвищених концентрацій озону на фізико-хімічні характеристики продуктів та економічної доцільності застосування у промислових ланцюгах.

Ключові слова: *водна форма озону, дезінфекція яєць, яєчні продукти, меланж, безпечність яєць.*

Вступ

Курячі яйця є важливим джерелом високоякісного білка, ліпідів, вітамінів та мінералів у раціоні людини. Проте поверхня яйця – шкарлупа часто служить місцем накопичення мікробних контамінантів, зокрема мезофільної аеробної мікрофлори (МАФАнМ) та бактерій групи кишкової палички (БГКП), що створює ризик як для свіжих яєць, так і для продуктів переробки (меланж, яєчні суміші) (Gole et al., 2014; Eddin et al., 2019; Petrovič et al., 2024). Забруднення шкарлупи інтенсивно корелює з умовами утримання птиці, віком та породою курей, характером годівлі, навколишнім середовищем та обробкою яєць у виробничих ланцюгах (Nistor et al., 2015; Kukhtyn et al., 2024). Дослідження показують, що навіть після миття чи простого очищення залишкова бактеріальна популяція може перевищувати допустимі нормативи, особливо у випадку видимих органічних забруднень шкарлупи (Olsen et al., 2017; McWhorter & Chousalkar, 2019). У світовій практиці для зниження бактеріального обсіменіння шкарлупи застосовують різні технології: хімічні дезінфектанти, ультрафіолетове опромінення, озон (у газовій чи водній формі), мікробульбашкову обробку тощо (Zeweil et al., 2015; Yüceer et al., 2016; Mahmoud et al., 2022) Озон виділяється як сильний окисник, із широким спектром дії проти грампозитивних та грамнегативних бактерій, вірусів, грибів, відносно швидким розпадом до кисню, що зменшує ризик залишкової токсичності (Mocherniuk et al., 2023; Epelle et al., 2022).

Огляд літератури вказує, що використання озону у водній формі або у сполученні з іншими методами (наприклад, з УФ-опроміненням) може суттєво знижувати рівень *Salmonella* та інших патогенів на поверхні шкарлупи, часто на 3-6 логарифмічних одиниць, залежно від концентрації, часу дії та умов обробки (Fuhrmann et al., 2010; Epelle et al., 2023; Lin et al., 2023). Проте, існують прогалини: по-перше, багато досліджень проводяться в лабораторних умовах, із штучним інокулюванням; по-друге, мало робіт, які перевіряють ефективність озону саме у виробничих умовах на реальних партіях яєць із різним ступенем видимого забруднення; по-третє, питання оптимальних концентрацій із експозицією, які б забезпечували нормативні показники (затверджені в ДСТУ) і не порушували якість продукту переробки.

Наші попередні дослідження (Sverhun & Horiuk, 2025; Sverhun & Kukhtyn, 2025) виявили високу бактерицидну дію водної форми озону на музейних штамах мікроорганізмів у лабораторних умовах. Зокрема, бактерицидна дія водної форми озону на штами умовно-патогенних бактерій проявлялася за концентрації (0,8–1,0 мг/л) протягом експозиції 12–15 хв. Для знищення клітин *E. coli, P. aeruginosa* та *C. albicans* протягом 1 хв необхідно, щоб концентрація озону становила 1,23 мг/л, а для *S. aureus* і *B. subtilis* – 1,53 мг/л. За органічного забруднення підвищується бактерици-

дна концентрація водної форми озону, зокрема протягом 3 хв експозиції, в середньому в 1,6 раза, а за експозиції протягом 6 хв, приблизно 1,2 раза.

Таким чином виробнича апробація водної форми озону щодо дезінфекції яєць та вплив їх гігієнічного стану на мікробіоту яєчного меланжу дозволить виявити ефективність в умовах виробництва.

Мета дослідження

Метою дослідження було визначити ефективність водної форми озону для санітарної обробки курячих яєць із різним ступенем забруднення шкарлупи з подальшою оцінкою мікробіологічної якості виготовленого меланжу відповідно до вимог нормативів ДСТУ.

Матеріали і методи досліджень

Для продукування водної форми озону використовували озоногенератор (Baerain, Китай) за температури навколишнього середовища від 15 до 20 °С. Концентрацію розчиненого водного озону вимірювали йодометричним методом, для цього в конічну колбу ємністю 250 мл додали 0,071 г KIO_3 і 1,5 г KI та 50 мл води. Після перемішування інгредієнтів додавали 10 мл оцтової кислоти. Титрування проводили 0,1 моль/л тіосульфату натрію до майже зникнення жовтого розчину (Patil et al., 2009; Feng et al., 2018).

У виробничих умовах на птахофабриці було проведено експеримент із трьома групами яєць (чисті, умовно-чисті, забруднені за органічним матеріалом) з обробкою у воді і дезінфекцією водним озоном (1,5 та 2,3 мг/л, експозиція 3 хв) після миття. Для цих яєць визначали залишкову кількість МАФАнМ та БГКП на шкарлупі до та після обробки, а також вміст МАФАнМ у готовому яєчному продукті (меланж).

Уміст МАФАнМ визначали класичним методом шляхом посіву змивів (продукту) та приготовлених десятикратних розведень у чашки Петрі, які заливали МПА з наступним інкубуванням у термостаті і підрахунком утворених колоній. БГКП визначали шляхом посіву змивів (продукту) та приготовлених десятикратних розведень у середовище КОДА та Кеслер.

Усі дослідження проводили у трьохразовій повторності, а статистичну обробку отриманих результатів дослідження проводили з використанням комп'ютерної програми Statistica 10. Вірогідними вважали дані за $P < 0,05$.

Результати

Яйця курячі, які використовуються для промислової переробки на яєчні продукти, або для безпосереднього харчування населенням в Україні чи призначені на експорт, відповідно до ДСТУ 5028:2008 Яйця курячі харчові, повинні відповідати таким мікробіологічним нормативам: за показником МАФАнМ для дієтичних, "extra" та класу А від 5×10^2 до 5×10^3 КУО/см^2, а для столових, охолоджених та класу В від 5×10^4 до 5×10^5 КУО/см^2. За обсіменінням БГКП, не дозволено в 0,1 г для дієтичних, «extra» та класу А та від 0,01 до 0,1 г – для столових, охолоджених та класу В. Для можливого забезпечення означених вище мікробіологічних показників під час застосування для дезінфекції курячої шкарлупи водної форми озону було проведено дослідження у виробничих умовах на птахофабриці. Для цього відбирали курячі яйця та оцінювали їх за мірою забруднення шкарлупи фекаліями на три групи: чисті – шкарлупа без видимих ознак забруднення поверхні; умовно-чисті – поверхня курячої шкарлупи має видимі сліди органічного забруднення; забрудненні – на яєчній шкарлупі наявні видимі сліди органічного забруднення сумарно приблизно до 30 % від усієї шкарлупи. Розділені таким чином на три групи курячі яйця замочували у трьох різних посудинах з чистою водопровідною водою на п'ять хвилин, потім мили волосяними щітками, ополіскували водою й занурювали у розчин водного озону за концентрації 1,5 та 2,3 мг/л з експозицією протягом трьох хвилин. Після висушування з шкарлупи яєць відбирали змиви стерильним тампоном з площі 2×2 см^2 та висівали на живильне середовище – для визначення загального бактеріального забруднення та титру БГКП. Результати значень кількості МАФАнМ з поверхні яєць трьох груп після дезінфекції озоном наведено на рис. 1.

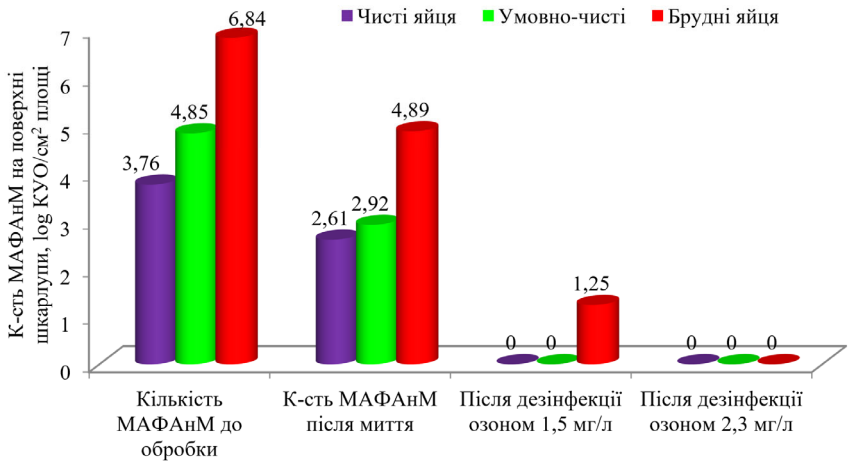


Рис. 1. Показники вмісту МАФАнМ шкарлупи курячих яєць до та після миття і дезінфекції водним озоном, n = 25

Встановлено (рис. 1), що запропонована технологія санітарної обробки шкаралупи курячих яєць із використанням водного озону у виробничих умовах повністю іннактивувала мезофільну мікробіоту чистих й умовно-чистих яєць за концентрації 1,5 мг/л. Водночас на поверхні яєць, які класифікувалися нами як брудні до санітарної обробки, після знезараження озоном у концентрації 1,5 мг/л, кількість МАФАнМ виділялася в дуже не значній кількості 17,7 ± 1,2 КУО/см^2 площі (1,25 log). Використання водного озону у більшій (2,3 мг/л) концентрації забезпечувало повністю знезараження поверхні яєць у всіх трьох групах, оскільки МАФАнМ не виділялися.

Основним мікробіологічним показником (критерієм) гігієни харчового продукту є кількість БГКП, до того ж цю санатрон-показову групу бактерій використовують для оцінки ефективності дезінфекції. Тому нами було визначено титр БГКП у змивах з шкаралупи курячих яєць трьох груп за використання запропонованої санітарної обробки водним розчином озону. Результати досліджень кількості БГКП на шкарлупі яєць наведено на рис. 2.

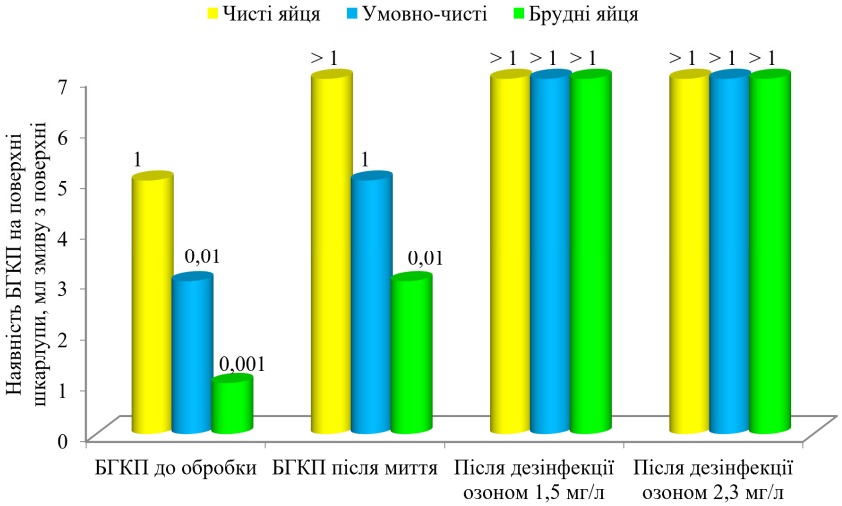


Рис. 2. Показники БГКП шкарлупи курячих яєць до та після миття і дезінфекції водним озоном, n=25

Як бачимо з рис. 2 початкове обсіменіння БГКП шкаралупи курячих яєць корелювало із мірою органічного забруднення поверхні, у третій групі – брудних яєць титр БГКП був найнижчий та становив 0,001 см^3 змиву, а у першій групі – чистих яєць – 1 см^3 змиву. Застосування простого миття курячих яєць у водопровідній воді за допомогою волосяних щіток також вплинуло на кількість БГКП. Оскільки їх вміст зменшився на шкарлупі приблизно на один порядок, та зі поверхні яєць, які класифікувалися як чисті, БГКП з 1 см^3 змиву не виділяли. Після дезінфекції розчином озоном за концентрації 1,5 та 2,3 мг/л титр БГКП становив більше одиниці, що вказує на добру дію озону у зазначених концентраціях на цю групу бактерій.

Отже, підсумовуючи цей дослід відзначаємо, що знезараження яєчної шкарлупи у виробничих умовах за допомогою запропонованого режиму із застосуванням водної форми озону сприяє знищенню МАФАнМ та БГКП на поверхні яєць до показників, які відповідають вимогам стандарту, що не буде впливати на збільшення загального вмісту мікроорганізмів за технології виробництва яєчних продуктів.

Із курячих яєць, які піддавалися санітарній обробці за вище наведеного режиму із використанням водної форми озону нами було виготовлено у виробничих умовах яєчний продукт – меланж. ДСТУ 8719:2017 Продукти яєчні передбачає оцінку яєчних продуктів – меланжу за такими мікробіологічними показниками: кількість МАФАнМ не більше 500 тис. КУО/г; БГКП не мають ізольовуватися з 0,1 г; бактерії роду протея та коагулазопозитивні стафілококи не мають бути в 1 г; патогенні мікроорганізми із роду сальмонела не мають ізольовуватися з 25 г продукту. Результати досліджень щодо МАФАнМ у меланжі наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Кількість МАФАнМ на шкарлупі курячих яєць та у вироблених яєчних продуктах – меланжі за умови миття і дезінфекції водною формою озону у концентрації 1,5 мг/л та експозицією 3 хв, КУО (M ± m, n = 75)

Номер партії та чистота шкарлупи яєць	Кількість МАФАнМ на шкарлупі курячих яєць до обробки, КУО/см^2 площі	Кількість МАФАнМ на шкарлупі курячих яєць після миття і дезінфекції, КУО/см^2 площі	Кількість МАФАнМ у меланжі, КУО/г
1) чиста	7,3 ± 0,3×10^3	0	8,5 ± 0,3×10^3
2) умовно-чиста	9,5 ± 0,4×10^4	0	10,1 ± 0,5×10^3
3) брудна	5,2 ± 0,2×10^6	0	10,7 ± 0,3×10^3

З досліджень (табл. 1) спостерігаємо, що незалежно від початкового вмісту мезофільної мікрофлори на шкарлупі курячих яєць запроваджена санітарна обробка із використанням водної форми озону у концентрації 1,5 мг/л та експозицією 3 хв забезпечувала отримання яєчного меланжу високої мікробіологічної якості. Оскільки кількість МАФАнМ у всіх трьох партіях меланжу становила в межах 8,5–10,7 тис. КУО/г, що вважається дуже низьким вмістом, так як допустимий норматив становить до 500 тис. КУО/г продукту. Тобто такий яєчний меланж має значний запас мікробіологічної стійкості за вмістом МАФАнМ до тривалого зберігання.

Обговорення

Протягом останнього десятиліття наукова спільнота спостерігала значний прогрес у дослідженнях безпечності яєць, таких як зв'язок між якістю яєць та їхньою безпечністю (Song et al., 2015; Li et al., 2025). Оскільки, яйця та яєчні продукти часто стають причиною інфікування споживачів небезпечними збудниками, сальмонелою, протеєм, кишковою паличкою, тощо (Eddin et al., 2019; Archer et al., 2023). Відповідно джерелом цих небезпечних збудників, в основному є поверхня яєчної шкарлупи (Petrovič et al., 2024; Kukhtyn et al., 2024).

Встановлено що занурення яєць в озоновану воду концентрацією 1,5 мг/л (експозиція 3 хв) повністю інактивує МАФАнМ на чистих й умовно-чистих яйцях, а за вмісту озону 2,3 мг/л відбувалося повне інактивування бактерій на всіх поверхнях. Такі дані узгоджуються з результатами (Lin et al., 2023), що обробка яєць водою з озоновими мікробульбашками є перспективною технологією для підвищення безпечності харчових продуктів, оскільки вона ефективно інактивує *Salmonella Enteritidis*, не погіршуючи якісних характеристик яєць. При чому ступінь іннактивації залежить від концентрації й часу обробки.

Нами зафіксовано, що за дезінфекції озоновою водою у концентрації 1,5 мг/л для "брудних" яєць залишається незначна кількість МАФАнМ, тоді як застосування води з озоном 2,3 мг/л забезпечує повне очищення поверхні. У літературі відзначається, що наявність органічного забруднення знижує ефективність будь-якого окислювального дезінфектанта (включно з озоном), оскільки органіка споживає окиснювачі й захищає мікроорганізми, тому для сильно забруднених поверхонь потрібні більші концентрації/тривалість або попереднє механічне очищення (Xue et al., 2023).

У деяких дослідженнях показано, що занурення яєць в озоновану воду давало редукцію патогенів у межах 1–3 log, що залежно від режиму (концентрації, експозиції, наявності мікроспінінгу чи мікробульбашок) (Rodriguez-Romo & Yousef, 2005; Fuhrmann et al., 2010; Epelle et al., 2023; Lin et al., 2023). Наші результати виявили суттєве зниження до невизначуваних величин МАФАнМ за концентрації озону 2,3 мг/л; а при 1,5 мг/л залишкова кількість бактерій була приблизно 1,25 log тільки для брудних поверхонь. Такі результати виглядають сумісними з опублікованими величинами (Rodriguez-Romo & Yousef, 2005; Fuhrmann et al., 2010; Epelle et al., 2023; Lin et al., 2023), оскільки в умовах виробництва важко досягти завжди зниження МАФАнМ на 3–4 log для дуже забруднених зразків без попередніх посилених механічних чи технологічних рішень.

Хоча значна кількість досліджень підтверджує ефективність озону щодо впливу на мікробіоту сировини чи продуктів (Sarron et al., 2021; Epelle et al., 2022; Mahmoud et al., 2022), частина досліджень (Yüceer et al., 2016) застерігає про можливі побічні ефекти при високих дозах або довгому впливі озону (зміни поверхні шкаралупи, зміни фізико-хімічних характеристик, пошкодження зародка для інкубаційних яєць). Тому для використання озону у харчових технологіях є важливе дотримання оптимального балансу: достатня біоцидна дія, але без негативного впливу на якість продукту. Наші результати щодо впливу на мікрофлору меланжу виявили вміст МАФАнМ 8,5–10,7×10³ КУО/г, що значно нижче максимально граничної норми відповідно до ДСТУ. Це демонструє, що режим дезінфекції озоном у концентрації 1,5 мг/л протягом 3 хв є цілком безпечним і ефективним для виготовлення продукту.

Загалом підсумовуючи отримані результати відзначаємо актуальність і перспективність застосування запропонованої технології під час виробництва яєчних продуктів. Проте у подальшому необхідно отримати більше даних про вплив повторюваних циклів або підвищених концентрацій водної форми озону на органолептику та хімічні показники меланжу (окиснення жиру, вміст вітамінів). Варто провести економічну оцінку (витрати на генерацію озону, впровадження у конвеєр) та еколого-токсикологічні дослідження залишків чи побічних продуктів окиснення.

Висновки

Режим санітарної обробки шкаралупи курячих яєць із використанням водного озону у виробничих умовах повністю іннактивував мезофільну мікробіоту чистих й умовно-чистих яєць за концентрації 1,5 мг/л. Водночас на поверхні яєць, які класифікувалися нами як брудні до санітарної обробки, після знезараження озоном у концентрації 1,5 мг/л, кількість МАФАнМ становила 17,7 ± 1,2 КУО/см^2 площі. Використання водного озону у концентрації 2,3 мг/л забезпечувало повністю знезараження поверхні яєць у всіх трьох групах, оскільки МАФАнМ не виділялися.

Незалежно від початкового вмісту мезофільної мікрофлори на шкарлупі курячих яєць запроваджена санітарна обробка із використанням водної форми озону у концентрації 1,5 мг/л та експозицією 3 хв забезпечувала отримання яєчного меланжу високої мікробіологічної якості. Оскільки кількість МАФАнМ меланжу становила в межах 8,5 – 10,7 тис. КУО/г, що вважається дуже низьким вмістом, так як допустимий норматив становить до 500 тис. КУО/г продукту.

Перспективи подальших досліджень полягають у впроваджені визначених режимів деконтамінації поверхні курячих яєць у технології виробництва яєчних продуктів.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів.

References

Archer, E. W., Chisnall, T., Tano-Debrah, K., Card, R. M., Duodu, S., & Kunadu, A. P. (2023). Prevalence and genomic characterization of Salmonella isolates from commercial chicken eggs retailed in traditional markets in Ghana. Frontiers in Microbiology, 14, 1283835. DOI: 10.3389/fmicb.2023.1283835.

Eddin, A. S., Ibrahim, S. A., & Tahergorabi, R. (2019). Egg quality and safety with an overview of edible coating application for egg preservation. Food chemistry, 296, 29–39. DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.05.182.

Epelle, E. I., Macfarlane, A., Cusack, M., Burns, A., Amaeze, N., Richardson, K., ... & Yaseen, M. (2022). Stabilisation of ozone in water for microbial disinfection. Environments, 9(4), 45. DOI: 10.3390/environments9040045.

Epelle, E. I., Macfarlane, A., Cusack, M., Burns, A., Okolie, J. A., Vichare, P., ... & Yaseen, M. (2023). Ozone decontamination of medical and nonmedical devices: an assessment of design and implementation considerations. Industrial & Engineering Chemistry Research, 62(10), 4191–4209. DOI: 10.1021/acs.iecr.2c03754.

Feng, L., Zhang, K., Gao, M., Shi, C., Ge, C., Qu, D., Zhu, J., Shi, Y., & Han, J. (2018). Inactivation of Vibrio parahaemolyticus by Aqueous Ozone. Journal of microbiology and biotechnology, 28(8), 1233–1246. DOI: 10.4014/jmb.1801.01056.

Fuhrmann, H., Rupp, N., Büchner, A., & Braun, P. (2010). The effect of gaseous ozone treatment on egg components. Journal of the science of food and agriculture, 90(4), 593–598. DOI: 10.1002/jsfa.3853.

Gole, V. C., Chousalkar, K. K., Roberts, J. R., Sexton, M., May, D., Tan, J., & Kiermeier, A. (2014). Effect of egg washing and correlation between eggshell characteristics and egg penetration by various Salmonella Typhimurium strains. PloS one, 9(3), e90987. DOI: 10.1371/journal.pone.0090987.

Kukhtyn, M., Sverhun, Z., Horiuk, Y., Salata, V., Laiter-Moskaliuk, S., Mocherniuk, M., Kladnytska, L., & Horiuk, V. (2024). The influence of different methods of decontamination of microbial biofilms formed on eggshells. Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences, 18, 666–682. DOI: 10.5219/1981.

Li, L., McWhorter, A., & Chousalkar, K. (2025). Ensuring egg safety: Salmonella survival, control, and virulence in the supply chain. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 24(1), e70075. DOI: 10.1111/1541-4337.70075.

Lin, C. M., Chen, S. Y., Lin, Y. T., Hsiao, C. P., Liu, C. T., Hazeena, S. H., ... & Hou, C. Y. (2023). Inactivating Salmonella Enteritidis on shell eggs by using ozone microbubble water. International Journal of Food Microbiology, 398, 110213. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2023.110213.

Mahmoud, B. Y., Semida, D. A., Elnesr, S. S., Elwan, H., & El-Full, E. A. (2022). Approaches of egg decontamination for sustainable food safety. Sustainability, 15(1), 464. DOI: 10.3390/su15010464.

McWhorter, A. R., & Chousalkar, K. K. (2019). From hatch to egg grading: monitoring of Salmonella shedding in free-range egg production systems. Veterinary research, 50, 58. DOI: 10.1186/s13567-019-0677-4.

Mocherniuk, M. M., Kukhtyn, M. D., Horiuk, Yu. V., & Danylkov, S. O. (2023). Efektyvnist zastosuvannia stabilizovanoho vodnoho ozonu dlia sanatsii bioaerozoliu ta poverkhon u klinikakh veterynarnoi medytsyny [The efficiency of using stabilized water ozone for bioerosol rehabilitation and surfaces in veterinary clinics]. Podilian Bulletin Agriculture Engineering Economics, 38, 203–209. DOI: 10.37406/2706-9052-2023-1.30 (in Ukrainian).

Nistor, L. I., Duminică, C. G., & Usturoi, M. G. (2015). Influence of rearing systems of laying hens on eggs microbiological indicators. Lucrari Stiintifice-Universitatea de Stiinte Agricole si Medicina Veterinara, Seria Zootehnie, 63, 118–121. URL: https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20153273104.

Olsen, R., Kudirkiene, E., Thøfner, I., Pors, S., Karlskov-Mortensen, P., Li, L., ... & Christensen, J. (2017). Impact of egg disinfection of hatching eggs on the eggshell microbiome and bacterial load. Poultry science, 96(11), 3901–3911. DOI: 10.3382/ps/pex182.

Patil, S., Cullen, P. J., Kelly, B., Frias, J. M., & Bourke, P. (2009). Extrinsic control parameters for ozone inactivation of Escherichia coli using a bubble column. Journal of applied microbiology, 107(3), 830–837. DOI: 10.1111/j.1365-2672.2009.04255.x.

Petrovič, J., Mellen, M., Čmiková, N., Schwarzová, M., & Kačániová, M. (2024). Effects of laying hens housing system on eggs microbial contamination. Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences, 18, 50–65. DOI: 10.5219/1938.

Rodriguez-Romo, L. A., & Yousef, A. E. (2005). Inactivation of Salmonella enterica serovar Enteritidis on shell eggs by ozone and UV radiation. Journal of Food Protection, 68(4), 711–717. DOI: 10.4315/0362-028X-68.4.711.

Sarron, E., Gadonna-Widehem, P., & Aussenac, T. (2021). Ozone treatments for preserving fresh vegetables quality: A critical review. Foods, 10(3), 605. DOI: 10.3390/foods10030605.

Song, W. J., Shin, J. Y., Ryu, S., & Kang, D. H. (2015). Inactivation of Escherichia coli O157: H7, Salmonella Typhimurium and Listeria monocytogenes in apple juice at different pH levels by gaseous ozone treatment. Journal of Applied Microbiology, 119(2), 465–474. DOI: 10.1111/jam.12861.

Sverhun, Z., & Horiuk, Y. (2025). Assessment of bactericidal action of aqueos ozone to disinfected the surface of eggs. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 27(102), 89–95. DOI: 10.32718/nvlvet-a10213.

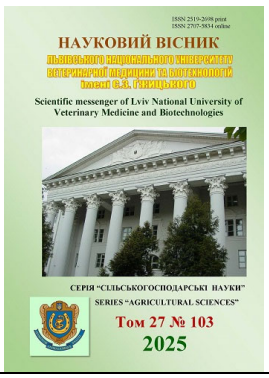
Sverhun, Z., & Kukhtyn, M. (2025). Assessment of bactericidal action of aqueous ozone disinfected the surface of eggs. Podilian Bulletin: agriculture,

engineering, economics, 47, 132–140. DOI: 10.37406/2706-9052-2025-2.18.

Xue, W., Macleod, J., & Blaxland, J. (2023). The use of ozone technology to control microorganism growth, enhance food safety and extend shelf life: A promising food decontamination technology. Foods, 12(4), 814. DOI: 10.3390/foods12040814.

Yüceer, M., Aday, M. S., & Caner, C. (2016). Ozone treatment of shell eggs to preserve functional quality and enhance shelf life during storage. Journal of the Science of Food and Agriculture, 96(8), 2755–2763. DOI: 10.1002/jsfa.7440.

Zeweil, H. S., Rizk, R. E., Bekhet, G. M., & Ahmed, M. R. (2015). Comparing the effectiveness of egg disinfectants against bacteria and mitotic indices of developing chick embryos. The Journal of Basic & Applied Zoology, 70, 1–15. DOI: 10.1016/j.jobaz.2014.12.005.



Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького. Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences

ISSN 2519–2698 print
ISSN 2707-5834 online

doi: 10.32718/nvlvet-a10312
https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture

UDC 636.2"464":636.051:636.082

Influence of breed on growth, development and productive qualities of calves

T. L. Holubenko, T. Y. Tkachenko, V. A. Glavatchuk✉

Vinnytsia National Agrarian University, Vinnytsia, Ukraine

Article info

Received 23.06.2025
Received in revised form 28.07.2025
Accepted 29.07.2025

Vinnytsia National Agrarian University, Soniachna Str., 3, Vinnytsia, 21000, Ukraine.
Tel.: +38-097-722-56-04
E-mail: Vitylya86@ukr.net

Holubenko, T. L., Tkachenko, T. Y., & Glavatchuk, V. A. (2025). Influence of breed on growth, development and productive qualities of calves. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 27(103), 104–112. doi: 10.32718/nvlvet-a10312

Meat productivity of animals of a particular breed is determined by morphological and physiological features that are formed and develop under the influence of heredity and environmental conditions during the growing period. In the process of growth and development of animals, significant quantitative and qualitative changes occur, associated with an increase in mass and changes in the morphological composition of the carcass. When studying the influence of breed affiliation on the productive qualities of black and white bulls and Aberdeen Angus × black and white crossbreeds raised using dairy cattle breeding technology, it was found that the advantage in live weight of Aberdeen Angus × black and white crossbreeds at the age of 2 months was 6 kg or 8.3 % (P < 0.05) and at 3 months – 7 kg or 7.3 % (P < 0.05). The average daily live weight gains for the period of the experiment from birth to 6–6.5 months were practically the same – 766 and 755 g. Heterosis in growth intensity in crossbred bulls did not manifest itself. The weight of paired carcasses of Aberdeen Angus × Black and White crossbred steers was 11.9 kg or 15.9 % (P < 0.05) higher than that of their black and white peers, as was the slaughter yield – by 7.8 % (P < 0.001), which was 52.5 % versus 44.7 %. In calves of the control group and Aberdeen Angus × Black and White crossbreds, the fleshy part of the carcass (veined meat) is about 78 %. In terms of meatiness coefficient, no practical differences were found, and in terms of fat and protein, in the average meat sample, black and white steers outperform their peers by 0.3 and 0.4 %, respectively. According to the chemical composition of the long back muscle, purebred steers at the age of 6–6.5 months, compared to crossbred young, differ in increased fat content – by 0.6 %.

Keywords: *meat productivity, black and white breed, Aberdeen-Angus crosses, carcass yield, slaughter yield, half-carcass, morphological composition, mass of internal organs.*

Вплив породи на ріст, розвиток і продуктивні якості телят

Т. Л. Голубенко, Т. Ю. Ткаченко, В. А. Главатчук✉

Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, Україна

М'ясна продуктивність тварин тієї чи іншої породи обумовлена морфологічними та фізіологічними особливостями, які формуються та розвиваються під впливом спадковості та умов зовнішнього середовища в період вирощування. У процесі росту та розвитку тварин відбуваються значні кількісні та якісні зміни, пов'язані зі збільшенням маси та змінами морфологічного складу туші. При вивченні впливу породної приналежності на продуктивні якості бичків чорно-рябої породи та абердин-ангус × чорно-рябих помісей, вирощених за технологією молочного скотарства, встановлено, що перевага за живою масою абердин-ангус × чорно-рябих помісей у віці 2 міс. на 6 кг, або 8,3 % (P < 0,05), та в 3 міс. – на 7 кг, або 7,3 % (P < 0,05). Середньодобові прирости живої маси за період досліду від народження до 6–6,5 міс. були практичне однаковими – 766 та 755 г. Гетерозис за інтенсивністю росту у помісних бичків не проявився. Маса парних туш у бичків абердин-ангус × чорно-рябих помісей була на 11,9 кг, або 15,9 % (P< 0,05) вищою, ніж у однолітків чорно-рябої породи, як і забійний вихід – на 7,8 % (P< 0,001), який становив 52,5 % проти 44,7 %. У телят контрольної групи та абердин-ангус × чорно-рябих помісей м'якотна частина туші (м'ясо жиловане) становить близько 78 %. За коефіцієнтом м'ясності практичних відмінностей не встановлено, а за показниками жиру та протеїну в середній пробі м'яса бички чорно-рябої породи перевершують своїх однолітків на 0,3 та 0,4 % відповідно. За хімічним складом довгого м'яза спини чистопорідні бички у 6–6,5-місячному

віці порівняно з помісним молодняком відрізняються підвищеним вмістом жиру – на 0,6 %.

Ключові слова: *м'ясна продуктивність, чорно-ряба порода, абердин-ангуські помісі, вихід туші, забійний вихід, напівтуша, морфологічний склад, маса внутрішніх органів.*

Вступ

М'ясна продуктивність тварин тієї чи іншої породи обумовлена морфологічними та фізіологічними особливостями, які формуються та розвиваються під впливом спадковості та умов зовнішнього середовища в період вирощування. У процесі росту та розвитку тварин відбуваються значні кількісні та якісні зміни, пов'язані зі збільшенням маси і змінами морфологічного складу туші (Kozyr, 2015; Bondarchuk, 2016).

Абердин-ангуська порода виведена в північно-східній частині Шотландії (графство Абердин та Ангус). Тварини чорної масті, комолі, білі плями допускаються на нижній частині тулуба, біля вимені та мошонки. Нині створено стада червоної масті. Худоба абердин-ангуської породи на низьких ногах, має добре виражені м'ясні форми, відрізняється гармонійністю статури. Тулуб глибокий і округлий, шия коротка, поперек і криж добре виконані, мускулатура стегеня опускається до скакального суглоба, шкіра пухка, тонка і еластична (Kozyr, 2018; Dydykina et al., 2019).

Серед британських м'ясних порід абердин-ангуська порода має найбільш виражений скоростиглий тип: у цьому плані з ними конкурують лише герефорди. Перед іншими м'ясними породами вона має перевагу у високому забійному виході, що доходить в окремих випадках до 70 %, у високому вмісті м'якоті в туші, низькому вмісті кісток і у високих смакових якостях їх м'яса (Orikhivskyi et al., 2019; Skoromna et al., 2021).

Молочна продуктивність корів 1500–1700 кг за лактацію, цілком достатня для вирощування одного теляти на повному підсосі до 7–8 місяців (жива маса при відлученні близько 200 кг). За добрих пасовищних умов телята під матерями до 8-місячного віку додають на день по 900–1000 г. Жива маса корів у середньому 500 кг, деяких – до 600 кг, биків – 700–750, деяких – 950 кг. Абердин-ангуси досить часто використовуються в промисловому схрещуванні з молочними та м'ясо-молочними породами. Суміші успадковують комолость, чорну масть, високу скоростиглість (Kolisnyk et al., 2018; Skoromna et al., 2022).

Мета дослідження

Вивчити вплив породи на ріст, розвиток і продуктивні якості телят.

Матеріал і методи досліджень

Обґрунтуванням для вивчення м'ясної продуктивності абердин-ангус × чорно-рябих помісей стала та обставина, що в Україні дуже широко для створення стад м'ясної худоби стала використовуватися саме ця порода шляхом схрещування виробників з нетехнологічним низькопродуктивним поголів.

Об'єктом досліджень були телята абердин-ангуської (І покоління) та чорно-рябої порід у віці 6–6,5 місяця, вирощені за технологією молочного скотарства. Поживність кормів та технології утримання тварин у різних господарствах мали високий ступінь ідентичності.

Утримання піддослідних тварин було наступним:

Від народження до віку 6–6,5 міс. чорно-рябий молодняк та абердин-ангус × чорно-рябі помісі вирощувалися за технологією молочного скотарства. Групи молодняку для вивчення генотипичних особливостей телят м'ясної худоби та помісей за забійними показниками, м'ясною продуктивністю та якістю м'яса формувалися з перших днів народження. Контрольні забої молодняку проводилися наприкінці дослідів. Схема дослідів наведена таблиці 1.

Таблиця 1
Схема дослідів

Групи	Порода, породність телят	Стать	Кількість голів у групі	Технологія вирощування	Вік забою, міс.
1 – контрольна	чорно-ряба	бички	10	за технологією молочного скотарства	6–6,5
2 – дослідна	абердин-ангус × чорно-строката	бички	10		6–6,5

У наукових дослідженнях накопичено велику кількість фактів та доказів, що розвиток організму та окремих його особливостей завжди є результатом взаємодії генотипу та умов життя. Успадковується не готовий ознака, а певний тип реакції організму, що розвивається, або норма реакції на умови середовища. У середовищі той самий генотип реалізується порізному, оскільки розвиток управляється генами, що виявляються лише за певних зовнішніх чинників (Kolisnyk et al., 2017; Kostenko, 2018).

Досліджувані групи бичків вирощувалися за технологією молочного скотарства. Період вирощування поділяли на три фази: профілакторну, молочну та післямолочну.

Профілакторна фаза тривала 20–30 днів. Телят напували молозивом, молоком і починали привчати до сіну та концентратів. Середньодобовий приріст живої маси становив 650–750 г. Молочна фаза тривала 60–90 днів. Телят напували молоком, обратом та їх замінниками та поступово привчали до рослинних кормів – грубих, соковитих, зелених та концентратів. Протягом перших 3 місяців життя всі рослинні корми згодовувалися досхочу. Середньодобовий приріст живої маси 800 г. Післямолочна фаза тривала 60–80

днів. Проводилася поступова підготовка телят до поїдання великої кількості об'ємних кормів. До 6–6,5-місячного віку на 1 голову за умов товарних ферм витрачалося 680 к. од. і 80 кг перетравного протеїну. Середньодобовий приріст живої маси становив 760 г (Orikhivskyi et al., 2019).

У нашому ж досліді було поставлено завдання – вивчити продуктивні якості чистопородного чорно-рябого та помісного абердин-ангус × чорно-рябого молодняку, а для цього тварини вирощувалися в однакових умовах годівлі та утримання, тобто, коли на продуктивні якості тварин впливав лише генотип.

Результати та їх обговорення

Відомо, що інтенсивність росту тварин залежить як від спадкових якостей, так і від умов утримання та годівлі. Кількість і якість їжі, що надходить в організм, визначають характер та інтенсивність росту і розвитку молодих тварин.

Утримання бичків, вирощених за технологією молочного скотарства, був таким: від народження до 20-денного віку телята перебували у профілакторіях в індивідуальних клітках, встановлених рядами, між якими був кормовий прохід. Телята знаходилися на підстилці із соломи, яку міняли наприкінці періоду, а також частково замінювали щодня. У перші 20 днів вирощування молозиво та молоко випаювали телятам з індивідуальних соскових напувалок: у перші 3–5 днів – 4 рази на добу, надалі – 3 рази через рівні проміжки часу. З 20-денного віку та до 2 місяців телята утримувалися в індивідуальних будиночках на вулиці. У молочний період піддослідні бички перебували на ручному випоюванні з відер за схемою, прийнятою в господарстві. Після 2-місячного віку телята перевели у цех дорощування на комплекс. Отже, такий молодняк має міцне здоров'я, у період дорощування споживає більшу кількість об'ємистих кормів і дає задовільний приріст живої маси без великих витрат концентратів.

Показники витрати та структури кормів у бичків різного генотипу від народження до 6–6,5-місячного віку наведені у таблиці 2.

Таблиця 2

Витрата та структура кормів для бичків чорно-рябої породи та абердин-ангус × чорно-рябих помісей від народження до 6–6,5 міс.

Найменування кормів	Чорно-ряба порода (контрольна) (n = 10)		Абердин-ангус × чорно-рябі помісі (n = 10)	
	Витрата кормів, кг	Структура кормів, %	Витрата кормів, кг	Структура кормів, %
Молоко незбиране	220	9,0	220	9,1
Перегін свіжий	400	7,1	400	7,1
Сіно лугове різнотравне	185	13,9	185	13,9
Сінаж злаковий	525	28,5	520	28,3
Трава пасовищна	–	–	–	–
Концентрати	283	41,5	283	41,6
ЕКО	681,2	–	679,4	–
Перетравленого протеїну всього, кг	79,3	–	79,1	–
Припадає на 1 к. од. перетравного протеїну, г	108	–	108	–

Результати аналізу даної таблиці показали, що тварини досліджуваних груп за період від народження до 6–6,5-місячного віку споживали в середньому кормів загальною поживною цінністю 679–681 ЕКО, де на одну голову припадало 108 г перетравного протеїну.

У структурі раціонів телят обох груп, вирощених за технологією молочного скотарства, грубі корми становили 42 %, концентрати – 41 %, молоко – 9 %, обіг – 7 %.

Знання індивідуального розвитку організму необхідне передусім тому, що у процесі зростання та розвитку тварина набуває не лише природні й видові ознаки, а й властиві лише йому особливості конституції, екстер'єру, продуктивності.

Індивідуальний розвиток тваринного організму здійснюється шляхом тісно взаємопов'язаних кількісних та якісних перетворень. Під кількісним аспектом онтогенезу розуміють ріст організму без значних змін у його будові та функціях, а під якісним – розвиток, що супроводжується формуванням нових типів клітин і тканин. Хоча ріст та розвиток поняття не тотожні, вони нерозривно пов'язані між собою.

Одним з основних критеріїв, що характеризують ріст та розвиток тварин, є показник їхньої живої маси в окремі вікові періоди. В аспекті проведених досліджень було вивчено динаміку зміни живої маси піддослідних телят різних генотипів у процесі їх індивідуального розвитку (табл. 3).

Жива маса при народженні у бичків чорно-рябої породи склала 30 кг, що на 2 кг, або на 7 %, більше, ніж у абердин-ангус × чорно-рябих помісей. У тримісячному віці за живою масою перевага була на боці помісних бичків, і різниця склала 7 кг, або 7,3 % ($P < 0,05$), однак до кінця досліду жива маса вже була незначною, але вище – на 4 кг, чи 2,4 %, на користь чистопородних бичків.

Ефективність використання корму тваринами на шляху росту та розвитку має велике економічне значення, особливо у м'ясному скотарстві, де у структурі собівартості продукції корми припадає до 70 %. Аналіз витрати кормів у розрахунку на 1 кг приросту

живої маси бичків показав, що витрати кормів в обох груп були майже рівними (4,7–4,8).

Однак за абсолютними показниками живої маси важко судити про характер росту тварин. Більш повно про інтенсивність росту свідчать середньодобові прирости (рис. 1).

За даним графіком можна зробити висновок, що від народження до 5-місячного віку перевага була на боці абердин-ангус х чорно-рябих помісей: у перший місяць – на 131 г, або 20 %, у другій – на 131 г, або 18 %, у четвертий – на 31 г, або 4 %, у п'ятий – на 33 г, чи 4 %. Однак цей показник наприкінці вирощування у віці 5-(6,0–6,5) міс. на 79 г, або 11,5 %, був вищим у бичків чорно-рябої породи.

Таблиця 3
Динаміка живої маси піддослідних бичків, кг

Порода та породність	Вік, міс.							Витрати кормів на 1 кг приросту
	2–3 дні	1	2	3	4	5	6–6,5	
Чорно-ряба (n = 10) (контрольна)	30 ± 1,1	50 ± 1,5	72 ± 2,1	96 ±2,2	120 ± 2,9	145 ± 3,3	174 ± 3,9	4,7
Абердин-ангус × чорно-ряба (n = 10)	28 ± 0,8	52 ± 1,4	78 ± 2,3	103 ± 2,7*	124 ± 3,3	144 ± 3,7	170 ± 4,0	4,8

Примітка: тут і далі – P < 0,05; ** P < 0,01; *** P < 0,001

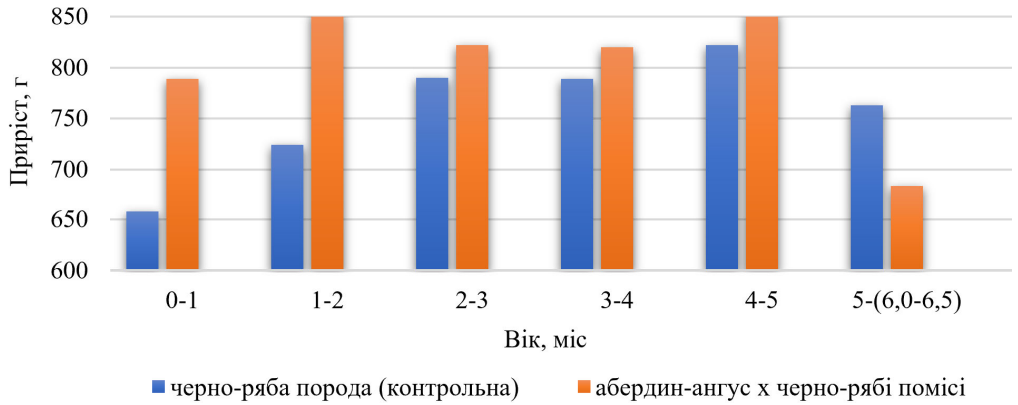


Рис. 1. Середньодобовий приріст живої маси піддослідних тварин у різні вікові періоди, г

Середньодобові прирости живої маси за період досліду від народження до 6–6,5 міс. були практично однаковими – 766 та 755 г.

При вивченні продуктивних якостей абердин-ангуських помісей як контрольна група для порівняння були підібрані одновікові бички чорно-рябої породи. Відомо, що м'ясна продуктивність тварин визначається кількістю та якістю продукції, одержаної після забою. З метою вивчення м'ясної продуктивності бичків чорно-рябої породи та абердин-ангус × чорно-рябих помісей був проведений контрольний забій у 6–6,5 місяця, по 6 голів з кожної групи. До показників, що характеризують м'ясну продуктивність худоби, зараховують: живу масу, масу туші (м'ясо на кістках), внутрішнього жиру-сирцю, морфологічний склад туші, співвідношення в туші окремих відрубів за сортами, хімічний склад та якісні показники м'яса, забійну масу, забійний вихід.

В результаті контрольного забою встановлено високі показники, що характеризують м'ясну продуктивність піддослідних бичків. Передзабійна жива маса бичків чорно-рябої породи була 168,2 кг, абердин-ангус × чорно-рябих помісей 165,8 кг та відображала середні показники груп (табл. 4).

Таблиця 4
Показники контрольного забою бичків чорно-рябої породи та абердин-ангус × чорно-рябих помісей у віці 6–6,5 міс.

Показники	Чорно-ряба порода (контрольна) (n = 6)	Абердин-ангус × чорно-рябі помісі (n = 6)	dX2-X1	t
	X1 ± Sx	X2 ± Sx		
Передзабійна жива маса, кг	168,2 ± 2,79	165,8 ± 11,78	-2,4	0,19
Маса парної туші, кг	74,8 ± 1,94	86,7 ± 6,81	11,9	0,71
Вихід туші, %	44,5 ± 1,01	52,2 ± 0,61***	7,7	6,55
Маса внутрішнього сала, кг	0,4 ± 0,03	0,5 ± 0,08	0,1	1,52
Вихід внутрішнього сала, %	0,2 ± 0,02	0,3 ± 0,04*	0,1	2,68
Забійна маса, кг	75,2 ± 1,95	87,3 ± 6,86	12,1	1,69
Забійний вихід, %	44,7 ± 1,01	52,5 ± 0,61***	7,8	6,64

За даними таблиці, маса парної туші у бичків абердин-ангус × чорно-рябих помісей була на 11,9 кг (15,9 %) вищою, ніж у бичків чорно-рябої породи. У тушах бичків контрольної групи на 0,1 кг, або 25 %, містилося менше внутрішнього сала, а після виходу внутрішнього сала різниця склала 0,1 % на користь абердин-ангуських помісей.

Крім абсолютних показників маси туші, жиру та інших продуктів забою рівень м'ясної продуктивності характеризується також забійним виходом, що визначається ставленням забійної маси туші та жиру-сирцю до передзабійної маси тварини, вираженим у відсотках.

У нашому досліді забійний вихід був вищим на 7,8 % у помісних бичків м'ясного спрямування і склав 52,5 % (P < 0,001) проти 44,7 %. Також абердин-ангус × чорно-рябі помісі мали перевагу на 7,7 % (P < 0,001) за виходом туші.

Таким чином, варто зазначити, що абердин-ангус × чорно-рябі помісі мали вищий вихід м'яса при відносно невеликому вмісті жиру в туші порівняно з контрольною групою бичків чорно-рябої породи.

Відомо, що м'ясні породи худоби мають більш високу скоростиглість і м'ясність порівняно з іншими породами великої рогатої худоби. М'ясо їх ніжніше, соковитіше, поживне і має чудові смакові переваги. Одним із основних об'єктів оцінки м'ясної продуктивності худоби є туша, отримана після забою тварини. Харчова цінність м'ясних туш обумовлюється, як відомо, співвідношенням м'язової, жирової, сполучної та кісткової тканин, що входять до їх складу. М'язова тканина є найбільш цінною частиною туші, її кількість залежно від різних факторів (вгодованість, вік, генетична основа) коливається, згідно з літературними даними, від 50 до 64 %. Чим вища вгодованість, тим менше міститься м'язової тканини в загальному співвідношенні складових частин м'яса і більше жиру. У тушах молодих добре вирощених тварин жилованого м'яса міститься 77–80 %. Жирова тканина є сполучною, всередині якої містяться жирові клітини. Вміст жиру у туші від 2 %. Сполучна тканина складається із зв'язок, капсул, сухожиль, прошарків між м'язами, фасцій тощо. Кістки є одним із видів сполучної тканини. У туші великої рогатої худоби вміст кісток коливається від 13 до 22 %.

У нашому досліді обвалка лівих напівтуш показала, що у бичків чорно-рябої породи та абердин-ангус × чорно-рябих помісей м'якотна частина туші (м'ясо жиловане) – в межах 78 %, що відповідає високому рівню продукції при її переробці (табл. 5).

Таблиця 5

Морфологічний склад напівтушбичків чорно-рябої породи та абердин-ангус × чорно-рябих помісей у віці 6–6,5 міс.

Показники	Чорно-ряба порода (контрольна) (n = 6)	Абердин-ангус × чорно-рябі помісі (n = 6)	dX2-X1	t
	X1 ± Sx	X2 ± Sx		
Маса охолодженої напівтуші, кг	36,2 ± 0,99	41,2 ± 3,27	5,0	1,46
у т. ч. м'якоті, кг	28,3 ± 0,91	32,1 ± 2,89	3,8	1,25
кісток та сухожиль, кг	7,9 ± 0,23	9,1 ± 0,59	1,2	1,88
Утримувалося в напівтуші, %:				
м'якоті	78,2	77,9	-0,3	–
кісток та сухожилля	21,8	22,1	0,3	–
Коефіцієнт м'ясності	3,6	3,5	-0,1	–

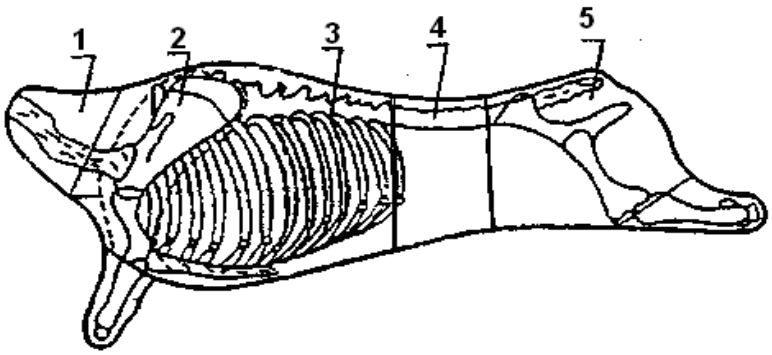
За вмістом м'якоті в туші визначають поживні та товарні переваги м'яса. У нашому досліді в напівтушах бичків абердин-ангус × чорно-рябих помісей містилося м'якоті м'яса більше на 3,8 кг (13,4 %), ніж у напівтушах контрольної групи. При цьому відносний вміст м'якоті був на 0,3 % вищим у тушах бичків чорно-рябої породи. Коефіцієнт м'ясності (вихід м'якоті на 1 кг кісток) на 2,9 % був трохи вищим у бичків породи молочного напряму.

Об'єктивно про м'ясну продуктивність можна судити за результатами обвалення туш тварин. Збільшення м'язової тканини, як і кістяка, відбувається нерівномірно. Швидше закінчує ріст мускулатури периферичного скелета, а мускулатура осьового скелета має триваліший період росту. Отже, з віком відбуваються зміни щодо м'язової та кісткової тканин у різних частинах тіла тварини, що впливає на харчову цінність м'яса при подальшій його переробці.

Тому нами були вивчені співвідношення природно-анатомічних частин лівих напівтуш бичків чорно-рябої породи та абердин-ангус × чорно-рябих помісей у віці 6–6,5 місяця з попереднім розрубуванням їх на п'ять природно-анатомічних частин: шийну – за останнім шийним хребцем; плечелопаткову – по контуру лопатки від ліктьового бугра по прямій лінії до верхнього кута лопатки надрізають м'язи, що з'єднують лопатку з грудною частиною, і м'язи, що лежать по верхньому і передньому краю лопатки; спинореберну з грудинкою – по останньому ребру; поперекову з пашиною – за останнім поперековим хребцем; тазостегнову з двома хвостовими хребцями (рис. 2).

У таблиці 6 наведено співвідношення природно-анатомічних частин туш бичків молочного та м'ясного спрямування.

Відомо, що у харчовому відношенні окремі частини туші нерівноцінні. Найбільш високою харчовою цінністю володіють кульшова, поперекова (без пашини) і спинореберна частини туші, з яких отримують такі чатини, як філей, огузок, багаття і оковалок.



1 – шийна; 2 – плечолопаткова; 3 – спинореберна; 4 – поперекова; 5 – тазостегновий

Рис 2. Схема обробки напівтуш телят на природно-анатомічні частини

Таблиця 6

Співвідношення природно-анатомічних частин туш бичків чорно-рябої породи та абердин-ангус × чорно-рябих помісей

Найменування анатомічних частин	Чорно-ряба порода (контрольна) (n = 6)		Абердин-ангус × чорно-рябі помісі (n = 6)		dX2-X1	t
	X1 ± Sx	%	X2 ± Sx	%		
Напівтуша	36,2 ± 0,99	100	41,2 ± 3,27	100	5,0	1,46
Шийна	3,3 ± 0,10	9,2	3,8 ± 0,40	9,2	0,5	0,57
Плечолопаточна	6,7 ± 0,31	18,5	7,8 ± 0,60	18,9	1,1	1,70
Спинореберна	9,1 ± 0,23	25,1	9,8 ± 0,74	23,8	0,7	0,90
Поперекова	3,2 ± 0,14	8,8	3,6 ± 0,33	8,7	0,4	1,39
Тазостегновий	13,9 ± 0,52	38,4	16,3 ± 1,93	39,5	2,4	1,21

Важливо, що за всіма показниками перевага була на боці помісних бичків. Так, за масою поперекової частини туші – на 0,4 кг, або на 12,5 %, тазостегнової частини – на 2,4 кг, або 17,3 %, перевершували своїх однолітків. Перевага туш також виявилося і по шийному відділу – на 0,5 кг, або 15,2 %, по спинореберному – на 7,7 % і по плечолопатковій частині – на 1,1 кг, чи 16,4%.

Все це свідчить про те, що туші, отримані від бичків абердин-ангус × чорно-рябих помісей, вигідніші для переробки, тому що в них міститься більше їстівної частини, ніж у тушах, отриманих від бичків чорно-рябої породи.

Переваги м’ясних тварин значною мірою визначаються відношенням ваги м’яса до ваги кісток у туші.

Таблиця 7

Вихід м’якоті на 1 кг кісток в окремих природно-анатомічних частинах туш бичків чорно-рябої породи та абердин-ангус × чорно-рябих помісей у віці 6–6,5 міс.

Найменування анатомічних елементів	Чорно-ряба порода (контрольна) (n = 6)		Абердин-ангус × чорно-рябі помісі (n = 6)		dX2-X1	t
	X1 ± Sx	%	X2 ± Sx	%		
Напівтуша	3,6 ± 0,15	78,2	3,5 ± 0,23	77,9	-0,1	0,22
Шийна	3,5 ± 0,10	77,7	3,7 ± 0,39	77,1	0,2	0,55
Плечолопаточна	2,8 ± 0,10	73,2	3,0 ± 0,06	74,7	0,2	1,63
Спинореберна	3,4 ± 0,06	76,9	2,5 ± 0,15***	71,1	-0,9	5,20
Поперекова	4,6 ± 0,09	82,0	6,4 ± 0,32***	85,2	1,8	5,26
Тазостегновий	4,2 ± 0,50	80,2	4,5 ± 0,62	81,6	0,3	0,30

Щодо виходу м’якоті на 1 кг кісток у найбільш цінних у кулінарному плані частинах, кульшової та поперекової, спостерігалися деякі відмінності між групами. Так, зі тазостегнової частини – на 0,3 кг, або 7,1 %, а поперекової частини – на 1,8 кг, або 39,1 % (P < 0,001), перевагу мали бички м’ясної породи. Щодо виходу м’якоті в шийній та плечелопаточной частинах також спостерігалося перевагу у бичків абердин-ангус × чорно-строкатих помісей, і різниця склала 5,7 % та 7,1 % відповідно. Перевага бичків чорнорябої породи була за масою спинноберного відрубу – на 0,9 кг, або 36 % (P < 0,001).

У нашому досліді щодо хімічного аналізу проби м’яса відбиралися так. Відокремлене від кісток (обвалене) м’ясо піддавалося жилуванню з видаленням сухожиль, хрящів, поверхневого та міжм’язового жиру, потім жиловане м’ясо пропускали через дзигу. Отриманий фарш ретельно перемішували та з різних місць відбирали середню пробу вагою 0,5 кг. Хімічний склад середньої проби м’яса бичків чорно-рябої породи та абердин-ангус × чорно-рябих помісей, вирощених за технологією молочного скотарства, наведений у таблиці 8.

Таблиця 8
Хімічний склад середньої проби м'яса бичків чорно-рябої породи та абердин-ангус × чорно-рябих помісей у віці 6–6,5 міс.

Показники	Чорно-ряба порода (контрольна) (n = 6)	Абердин-ангус × чорно-рябі помісі (n = 6)	dX2-X1	t
	X1 ± Sx	X2 ± Sx		
У середній пробі м'яса містилося %:				
води	74,7 ± 0,87	75,5 ± 0,46	0,8	0,77
жиру	5,4 ± 0,36	5,1 ± 0,38	-0,3	0,65
золи	0,7 ± 0,046	0,7 ± 0,02	0,0	0,00
протеїну	19,1 ± 0,63	18,7 ± 0,33	-0,4	0,53
сухої речовини	25,3 ± 0,87	24,5 ± 0,46	-0,8	0,77

Як видно з даних таблиці, у м'ясі бичків абердин-ангус × чорно-рябих помісей спостерігається більший вміст води на 0,8 % порівняно з бичками контрольної групи. За рештою показників хімічного складу м'яса бички чорно-рябої породи трохи перевершують своїх однолітків. Так, за вмістом жиру в середній пробі м'яса – на 0,3 %, протеїном – на 0,4 %, сухою речовиною – на 0,8 %, а за кількістю золи показники рівні.

Дані, отримані за хімічним складом внутрішнього сала телят чорно-рябої породи та абердин-ангуських помісей, наведені в таблиці 9.

Встановлено, що найбільша кількість води та протеїну містилася в салі бичків чорно-рябої породи, цей факт вказує на дещо меншу його калорійність.

Так, у внутрішньому салі бичків контрольної групи води містилося 27,1 % та протеїну 4 % (P < 0,01), що було вищим порівняно з помісними тваринами на 0,3 % і 1,6 % відповідно. При цьому за кількістю жиру у внутрішньому салі помісні бички при показнику 70,8 % були вищими за чистопородних бичків на 2 %.

У нашому досліді варто зазначити, що показники хімічного складу найдовшого м'яза спини тварин обох груп переважно підтвердили тенденції, отримані при аналізі зразків середньої проби м'яса (табл. 10).

Таблиця 9
Хімічний склад внутрішнього сала у бичків чорно-рябої породи та абердин-ангус × чорно-рябих помісей у віці 6–6,5 міс.

Показники	Чорно-ряба порода (контрольна) (n = 6)	Абердин-ангус × чорно-рябі помісі (n = 6)	dX2-X1	t
	X1 ± Sx	X2 ± Sx		
У середній пробі сала містилося, %:				
води	27,1 ± 2,89	26,8 ± 2,59	- 0,3	0,08
жиру	68,8 ± 3,03	70,8 ± 2,59	2,0	0,50
золи	0,09 ± 0,002	0,07 ± 0,003***	- 0,02	25,0
протеїну	4,0 ± 0,46	2,4 ± 0,12**	- 1,6	3,45
сухої речовини	72,9 ± 2,92	73,2 ± 2,40	0,3	0,08

Таблиця 10
Хімічний склад найдовшого м'яза спини у бичків чорно-рябої породи та абердин-ангус × чорно-рябих помісей у віці 6–6,5 міс.

Показники	Чорно-ряба порода (контрольна) (n = 6)	Абердин-ангус × чорно-рябі Помісі (n = 6)	dX2-X1	t
	X1 ± Sx	X2 ± Sx		
У середній пробі м'яса містилося, %:				
води	76,7 ± 0,38	77,7 ± 0,2*	1,0	2,33
жиру	2,8 ± 0,14	2,2 ± 0,18*	-0,6	2,41
золи	0,7 ± 0,04	0,8 ± 0,02	0,1	2,24
протеїну	19,7 ± 0,29	19,3 ± 0,08	-0,4	1,53
сухої речовини	23,3 ± 0,38	22,3 ± 0,2*	-1,0	2,33

За хімічним складом найдовший м'яз спини чистопородних бичків у 6–6,5-місячному віці, порівняно з помісним молодняком, відрізняється підвищеним вмістом жиру – на 0,6 % (P < 0,05). За вмістом води та золи бички абердин-ангус × чорно-рябих помісей були вищими за своїх чорно-рябих однолітків на 1 % (P < 0,05) і 0,1 % відповідно.

Якісні показники м'яса піддослідних бичків наведені у таблиці 11.

У нашому досліді показники pH через 48 годин після забою піддослідних бичків були на рівні 6–6,1 (P < 0,01). Це означає, що м'ясо бичків генотипів, що вивчаються, мало кисле середовище, що відіграє велику роль при зберіганні продукту. Колір м'яса є дуже важливою органолептичною ознакою і в основному обумовлений вмістом міоглобіну та його похідних. При вмісті великої кількості оксиміоглобіну м'ясо відрізняється інтенсивним яскраво-червоним

кольором, при підвищеному рівні метміоглобіну воно набуває темно-червоного кольору. М'ясо молодих тварин, особливо телиць, зазвичай буває світло-червоного кольору, бичків – темно-червоного.

М'ясо бичків абердин-ангус × чорно-рябих помісей мало більш інтенсивне забарвлення та кращий товарний вигляд. Показник кольоровості м'язової тканини у них був на 7 % (P < 0,05) вищим, ніж у бичків чорно-рябої породи. Технологічні властивості м'яса характеризує вологоутримуючу здатність. Вода в м'ясі присутня у зв'язаному стані, яку можна видалити шляхом висушування. Перша, будучи розчинником органічних та неорганічних сполук, бере участь у всіх біохімічних процесах, що протікають при зберіганні та переробці м'ясної сировини.

Вологомісткість обумовлюється наявністю зв'язаної води у відсотках маси м'яса. У наших дослідженнях цей показник у піддослідних бичків був однаковим – на рівні 52,9 %.

Уварюваність м'яса помісних бичків була незначно (на 0,4 %) нижчою порівняно з чистопорідними. Життєдіяльність тварини, а також рівень її продуктивності в основному визначається розвитком внутрішніх органів та їх функціональною діяльністю, оскільки всі обмінні процеси, що відбуваються в організмі тварини, пов'язані з розвитком цих органів.

Субпродукти помітно розрізняються за морфологічним та хімічним складом, тому вони нерівнозначні за харчовою цінністю. З метою вивчення розвитку внутрішніх органів при забої телят враховували окремо масу серця, печінки, нирок, легень та селезінки. Порівняння показників маси внутрішніх органів проводилося за абсолютними величинами, вираженими в кг, і відносним (у відсотковому відношенні маси окремих органів до передзабійної маси тварини) у 6–6,5-місячному віці (табл. 12).

Таблиця 11

Якісні показники м'яса бичків чорно-рябої породи та абердин-ангус × чорно-рябих помісей у віці 6–6,5 міс.

Показники	Чорно-ряба порода (контрольна) (n = 6)	Абердин-ангус × чорно-рябі помісі (n = 6)	dX2-X1	t
	X1 ± Sx	X2 ± Sx		
Активна реакція середовища, pH	6,1 ± 0,03	6,0 ± 0,02**	- 0,1	4,34
Інтенсивність фарбування (Коефіцієнт екстинкції × 1000)	180,2 ± 2,67	192,8 ± 3,44*	12,6	2,91
Кількість пов'язаної води, % вологовтримання	52,8 ± 0,64	52,9 ± 0,59	0,1	0,01
Уварюваність, %	38,5 ± 0,84	38,1 ± 0,61	- 0,4	0,41

Таблиця 12

Абсолютна та відносна маса внутрішніх органівбичків чорно-рябої породи та абердин-ангус × чорно-рябих помісей

Найменування анатомічних частин	Чорно-ряба порода (контрольна) (n = 6)		Абердин-ангус × чорно-рябі Помісі (n = 6)		dX2-X1	t
	X1 ± Sx	%	X2 ± Sx	%		
Передзабійна жива маса, кг	168,2 ± 2,79	2,86	165,8 ± 11,8	3,14	-2,4	0,19
Маса внутрішніх органів:						
серце, кг	0,8 ± 0,03	0,48	0,7 ± 0,05	0,42	-0,1	1,54
легені, кг	1,2 ± 0,03	0,71	1,6 ± 0,20	0,97	0,4	1,98
печінка, кг	1,8 ± 0,13	1,07	2,0 ± 0,10	1,21	0,2	0,18
нирки, кг	0,7 ± 0,04	0,42	0,6 ± 0,02*	0,36	-0,1	2,68
селезінка, кг	0,3 ± 0,02	0,18	0,3 ± 0,03	0,18	0,0	0,00

Аналіз даних таблиці показав, що за масою серця – 0,8 кг, нирок – 0,7 кг (P < 0,05) у чистопородних тварин різниця склала 14,3 % і 16,7 % відповідно на користь бичків контрольної групи порівняно з помісними бичками. Однак за масою легень та печінки перевага на 0,4 кг, або 33,3 %, і 0,2 кг, або 11,1 %, відповідно мали абердин-ангус × чорно-рябі помісі порівняно з чистопородними бичками. Отже, відносна маса внутрішніх органів у чорно-рябих тварин була вищою, за винятком маси легень та печінки, порівняно з помісними бичками.

Отже, характер відмінностей у масі деяких внутрішніх органів між піддослідними тваринами як в абсолютному, так і у відносному вираженні дає підстави припускати, що функціональна діяльність основних систем життєзабезпечення організму в порівнюваних груп бичків має певні особливості.

Висновки

При вивченні впливу породної приналежності на продуктивні якості бичків чорно-рябої породи та абердин-ангус × чорно-рябих помісей, вирощених за технологією молочного скотарства, встановлено:

- перевага за живою масою абердин-ангус × чорно-рябих помісей у віці 2 міс. на 6 кг, або 8,3 % (P < 0,05) та в 3 міс. – на 7 кг, або 7,3 % (P < 0,05). Середньодобові прирости живої маси за період досліду від народження до 6–6,5 міс. були практично однаковими – 766 та 755 г. Гетерозис за інтенсивністю зростання у помісних бичків не проявився;
- маса парних туш у бичків абердин-ангус × чорно-рябих помісей була на 11,9 кг, або 15,9 % (P < 0,05) вищою, ніж у однолітків чорно-рябої породи, як і забійний вихід – на 7,8 % (P < 0,001), який становив

52,5 % проти 44,7 %;

- у телят контрольної групи та абердин-ангус × чорно-рябих помісей м'якотна частина туші (м'ясо жиловане) становить близько 78 %. За коефіцієнтом м'ясності (вихід м'якоті на 1 кг кісток) практичних відмінностей не встановлено, а за показниками жиру та протеїну в середній пробі м'яса бички чорно-рябої породи перевершують своїх однолітків на 0,3 та 0,4 % відповідно;

- за хімічним складом найдовшого м'яза спини чистопорідні бички у 6–6,5-місячному віці порівняно з помісним молодняком відрізняються підвищеним вмістом жиру – на 0,6 %;

- Показники pH м'яса через 48 годин після забою піддослідних бичків були на рівні 6–6,1 ($P < 0,01$). М'ясо бичків абердин-ангус × чорно-рябих помісей більш інтенсивно забарвлене і мало кращий товарний вигляд. Показник кольоровості м'язової тканини у них на 7 % ($P < 0,05$) вищий, ніж у бичків чорно-рябої породи;

- при масі серця – 0,8 кг, нирок – 0,7 кг ($P < 0,05$) у чистопородних тварин, різниця склала 14,3 % і 16,7 % відповідно на користь бичків контрольної групи порівняно з помісними бичками. Однак за масою легень та печінки перевага на 0,4 кг, або 33,3 %, і 0,2 кг, або 11,1 %, відповідно мали абердин-ангус × чорно-рябі помісі порівняно з чистопородними бичками.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

Bondarchuk, L. V. (2016). Suchasnyi stan populiatsii symentalskoi porody u pleminnykh hospodarstvakh Ukrainy [Current status of the Simmental breed population in breeding farms in Ukraine]. Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriia "Tvarynnytstvo", 7(30), 46–50 (in Ukrainian).

Dydykina, A. I., Prudnikov, V. H., Kolisnyk, O. I., & Vasylieva, Y. A. (2019). Correction sections as an element of improving efficiency of beef cattle husbandry with year-round free-range Animal's Housing. Theoretical and Applied Veterinary Medicine, 8(1), 20–25. DOI: 10.32819/2020.81004.

Kolisnyk, O. I., Prudnikov, V. H., Kryvoruchko, Yu. I., & Nahornyi, S. A. (2018). Kharakterystyka orhanizatsiino-tekhnolohichnykh umov pry utrymanni miasnykh koriv aberdyn-anhuskoi porody v stiilovyi period bez vykorystannia prymishchen [Characteristics of organizational and technological conditions for keeping Aberdeen-Angus beef cows during the stall period without the use of premises]. Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii, 1, 97–100 (in Ukrainian).

Kolisnyk, O. I., Prudnikov, V. H., Kryvoruchko, Yu. I., & Nahornyi, S. A. (2017). Osoblyvosti tekhnolohii pasovyshchnoho utrymannia molodniaku aberdyn-anhuskoi porody v ekstremalnykh pryrodno-klimatychnykh umovakh skhidnoho rehionu Ukrainy [Features of the technology of pasture keeping of young Aberdeen-Angus cattle in extreme natural and climatic conditions of the eastern region of Ukraine]. Naukovo-tekhnichnyi biuleten, 118, 84–94. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ntb_2018_118_13 (in Ukrainian).

Kostenko, V. I. (2018). Tekhnolohiia vyrobnytstva moloka i yalovychyny [Milk and beef production technology]. Pidruchnyk. Vydavnytstvo Lira (in Ukrainian).

Kozyr, V. (2015). Vikova dynamika vykhodu produktiv zaboiu aberdyn-anhuskoi khudoby [Age dynamics of slaughter yield of Aberdeen Angus cattle]. Tvarynnytstvo Ukrainy, 1–2, 9–14. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/TvUkr_2015_1-2_5 (in Ukrainian).

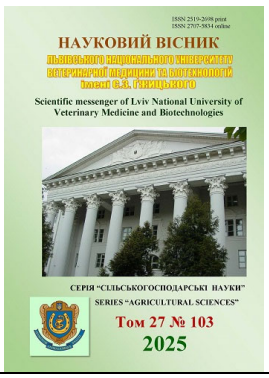
Kozyr, V. S. (2018). Frantsuzki miasni limuzyny v stepu Ukrainy [French meat limousines in the steppe of Ukraine]. Rozvedennia i henetyka tvaryn, 55, 76–82. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/rgt_2018_55_12 (in Ukrainian).

Orikhivskyi, T. V., Fedorovych, V. V., Mazur, N. P., & Pirlog, A. (2019). Dynamics of early growth of heifers of simmental breeds of different production types. Scientific and Technical Bulletin of State Scientific Research Control Institute of Veterinary Medical Products and Fodder Additives and Institute of Animal Biology, 20(2), 366–374. DOI: 10.36359/scivp.2019-20-2.48.

Orikhivskyi, T. V., Mazur, N. P., & Fedorovych, V. V. (2019). Formuvannia eksterieru koriv symentalskoi porody riznykh vyrobnychykh typiv [Formation of the exterior of Simmental cows of different production types]. Tavriiskyi naukovyi visnyk. Silskohospodarski nauky, 108, 166–171. DOI: 10.32851/2226-0099.2019.108.22 (in Ukrainian).

Skoromna, O. I., Hordii, A. M., Holembivskyi, S. O., Razanova, O. P., & Vikarchuk, N. (2022). Efektyvnist rozvedennia krosiv belhiiskoi blakytnoi porody velykoi rohatoi khudoby v Ukraini [Efficiency of breeding crosses of the Belgian Blue breed of cattle in Ukraine]. Tavriiskyi naukovyi visnyk. Seriia: Silskohospodarski nauky, 125, 184–193. DOI: 10.32851/2226-0099.2022.125.26 (in Ukrainian).

Skoromna, O. I., Razanova, O. P., Polishchuk, T.V., Shevchuk, T. V., Bernyk, I.M., Suprun, I. O., & Dovha, O. O. (2021). Dynamika pleminnoho miasnoho skotarstva v Ukraini [Dynamics of pedigree beef cattle breeding in Ukraine]. Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriia: Tvarynnytstvo, 1, 92–97 (in Ukrainian).



Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького. Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences

ISSN 2519–2698 print
ISSN 2707-5834 online
doi: 10.32718/nvlvet-a10313
https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture

UDC 595.773:636.085:502.174

Hermetia illucens in industrial production: technologies, strategies and prospects

V. M. Dzhus, L. V. Bondarenko✉

Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

Article info

Received 27.06.2025
Received in revised form 28.07.2025
Accepted 29.07.2025

Bila Tserkva National Agrarian University, pl. Soborna, 8/1, Bila Tserkva, 09117, Ukraine.
Tel.: +38-098-595-20-02
E-mail: lvbondarenko@ukr.net

Dzhus, V. M., & Bondarenko, L. V. (2025). Hermetia illucens in industrial production: technologies, strategies and prospects. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 27(103), 113–120. doi: 10.32718/nvlvet-a10313

The article provides a comprehensive review of the biological, technological and strategic potential of Hermetia illucens as an innovative object for industrial use in the field of bioconversion of organic waste, production of alternative protein and implementation of a circular economy. Hermetia illucens demonstrates unique properties: the ability to quickly decompose a wide range of organic raw materials, high efficiency of nutrient conversion, biological safety and adaptability to various conditions of detention. This makes it one of the most promising biological agents for integration into modern agro-industrial technologies. The key stages of the technological cycle of growing Hermetia illucens in industrial conditions have been analyzed, including the selection of substrates, control of temperature, humidity, population density, optimization of the life cycle, collection and processing of larvae. It has been shown that the products of processing of black lionfish – in particular, protein-fat concentrate, chitin residues, biogas and organic fertilizers – have wide application in animal husbandry, aquaculture, pharmacology, bioenergy and agriculture. Particular attention is paid to the analysis of the environmental and economic advantages of using Hermetia illucens. Its inclusion in production chains allows to significantly reduce the volume of organic waste, reduce greenhouse gas emissions, increase resource efficiency and promote the transition to waste-free production. A number of current problems and barriers to the implementation of mass production are highlighted: the lack of harmonized standards and regulatory frameworks, the need for scientifically sound scaling methods, and the insufficient level of awareness and institutional support. In conclusion, the strategic importance of the development of the Hermetia illucens cultivation sector in Ukraine and in the world is emphasized, especially in the context of growing demand for environmentally friendly technologies, alternative protein sources, and a sustainable agricultural model.

Keywords: *Hermetia illucens, black lionfish, bioconversion, industrial cultivation, organic waste, protein raw materials.*

Hermetia illucens у промисловому виробництві: технології, стратегії та перспективи

В. М. Джус, Л. В. Бондаренко✉

Білоцерківський національний аграрний університет, м. Біла Церква, Україна

У статті здійснено комплексний огляд біологічного, технологічного та стратегічного потенціалу Hermetia illucens як інноваційного об'єкта для промислового використання у сфері біоконверсії органічних відходів, виробництва альтернативного білка та впровадження циркулярної економіки. Hermetia illucens демонструє унікальні властивості: здатність швидко розкладати широкий спектр органічної сировини, високу ефективність перетворення поживних речовин, біологічну безпечність та адаптованість до різних умов утримання. Це робить її одним із найбільш перспективних біологічних агентів для інтеграції у сучасні агропромислові технології. Проаналізовано ключові етапи технологічного циклу вирощування Hermetia illucens у промислових умовах, включно з підбором субстратів, контролем температури, вологості, щільності популяції, оптимізацією життєвого циклу, збором та переробкою личинок. Показано, що продукти переробки чорної львинки – зокрема білково-жировий концентрат, хітинові залишки, біогаз та органічні добрива – мають широке застосування у тваринництві, аквакультурі, фармакології, біоенергетиці та сільсь-

кому господарстві. Особливу увагу приділено аналізу екологічних і економічних переваг використання Hermetia illucens. Включення її у виробничі ланцюги дозволяє значно зменшити обсяги органічних відходів, скоротити викиди парникових газів, підвищити ресурсоефективність та сприяти переходу до безвідходного виробництва. Висвітлено низку актуальних проблем і бар'єрів для впровадження масового виробництва: відсутність гармонізованих стандартів і регуляторних рамок, потреба в науково обґрунтованих методах масштабування, недостатній рівень поінформованості та інституційної підтримки. У підсумку, підкреслюється стратегічне значення розвитку сектору вирощування Hermetia illucens в Україні та у світі, особливо в умовах зростаючого попиту на екологічно чисті технології, альтернативні джерела білка та сталу аграрну модель.

Ключові слова: *Hermetia illucens, чорна львинка, біоконверсія, промислове вирощування, органічні відходи, білкова сировина.*

Вступ

Сучасні виклики глобальної продовольчої безпеки, екологічної стабільності та зростаючого попиту на альтернативні джерела білка актуалізують необхідність пошуку інноваційних рішень у сфері агропромислового виробництва. Одним із найбільш перспективних напрямів у цьому контексті є використання комах, зокрема личинок *Hermetia illucens*, як високоефективного біотехнологічного ресурсу. Завдяки здатності переробляти широкий спектр органічних відходів, високій конверсії кормів у біомасу, а також багатому нутритивному складу отриманої продукції, *Hermetia illucens* набуває дедалі більшого значення у різних секторах – від тваринництва та аквакультури до виробництва біопалива та біополімерів.

Інтерес до *Hermetia illucens* обумовлений також її екологічною ефективністю: життєвий цикл виду дозволяє зменшувати обсяги відходів, скорочувати викиди парникових газів та знижувати залежність від традиційних білкових джерел, таких як соєвий шрот або рибне борошно. У країнах ЄС, США, Азії та Південної Америки активно впроваджуються комерційні ферми, що спеціалізуються на культивуванні *Hermetia illucens* у закритих автоматизованих системах із високим ступенем контролю параметрів вирощування. Розробляються новітні технології переробки, зокрема ферментації, екстракції білків та жирів, інкапсуляції біоактивних речовин, що розширює спектр можливого застосування продукції з чорної львинки.

Незважаючи на значний прогрес, впровадження технологій вирощування та переробки *Hermetia illucens* у промислових масштабах залишається викликом для багатьох країн, зокрема через відсутність єдиних стандартів, нормативно-правових рамок, а також потребу у вивченні біологічних, технологічних і економічних аспектів масового виробництва. У зв'язку з цим постає потреба у систематизації наявних знань про сучасні технології, стратегічні підходи до розвитку галузі та оцінку потенційних перспектив інтеграції *Hermetia illucens* у агропромислові та екологічні ланцюги.

Мета дослідження

Метою цієї статті є комплексний аналіз сучасного стану використання *Hermetia illucens* у промисловому виробництві, характеристика технологічних процесів культивування та переробки, визначення стратегій розвитку галузі та окреслення її перспектив у контексті сталого розвитку.

Результати та їх обговорення

Вид *Hermetia illucens Linnaeus*, 1758 або Чорний Солдат (Black Soldier Fly) є представником ряду Diptera родини Stratiomyidae. Природнім ареалом поширення даного виду являється Північна і Південна Америка, проте наразі Чорна Львинка зустрічається в тропічних та помірних регіонах у всьому світі, але виключенням є Північна Європа через відсутність стійкості до холоду (Tamasiga et al., 2022).

Досить велика комаха жовто-чорного забарвлення, довжина тіла якої досягає 15–20 мм. Ззовні *Hermetia illucens* нагадує бджолу, зокрема дуже помітне її сплощене черевце, забарвлене чорно- жовтими смугами. Але не мають ні отрути, ні жала. Також має прозорі крила, та вусики. Також має білі лапки і великі фасеткові очі. Доросла особина поведінкою не нагадує настирливих мух. Вона не харчується, у неї відсутній орган для цього. Після вилуплення *Hermetia illucens* починає підготовку до розмноження. Личинка має видовжену, циліндричну форму довжиною до 27 мм. Має біле або жовте забарвлення, голова жовто-коричнева. Тіло складається з 11 сегментів, ротовий апарат гризучий. Яйце має розмір 1 мм, розмір овальний, колір білий з часом жовтіє. Лялечка має розмір близько 15 мм, овальна форма, трохи сплюснута, колір має темно-коричневий або чорний.

Вирощування *Hermetia illucens* набирає все більшої популярності по всьому світу. Географічне поділення регіонів для цього процесу грає ключову роль у визначенні підходів до вирощування, технологій та економічних аспектів (Zhang et al., 2021; Broshkov et al., 2022). Нижче розглянуто чотири основні географічні категорії, які впливають на практики вирощування чорної мухи.

1. Тропічні регіони

Тропічні регіони, такі як Південно-Східна Азія, Центральна Америка та частини Африки, пропонують оптимальні умови для вирощування *Hermetia illucens.* Тут переважає висока температура (понад 25 °C) і вологість, що сприяє швидкому розвитку личинок. Величезна кількість органічних відходів, доступних з сільського господарства і харчової промисловості робить ці регіони ідеальними для заснування виробництв. Використання відкритих систем вирощування, таких як прості контейнери, є стандартною практикою, оскільки природні умови вже оптимальні для розвитку мухи.

2. Субтропічні регіони

Субтропічні регіони, зокрема південні частини США, Австралія і середземноморські країни, мають помірно теплий клімат, що може включати прохолодні зимові місяці. У цих регіонах, де температура може

коливатися від 0 °C до 30 °C, важливо забезпечити контроль клімату. Доступ до органічних відходів з різних джерел, таких як сільське господарство і харчової промисловості створює можливості для успішного вирощування. Застосування комбінованих систем які поєднують відкриті та закриті контейнерні технології, дозволяє підтримувати оптимальні умови протягом року.

3. Помірні регіони

Помірні регіони, включаючи Європу, частини Північної Америки та Азії, характеризуються чітко вираженими сезонами, які можуть суттєво впливати на вирощування *Hermetia illucens*. Зимові температури можуть опускатися нижче 0 °C, тоді як влітку вони можуть досягати 25–30 °C. Хоча доступ до органічних відходів є великим, сезонність вимагає адаптації технологій. У таких умовах зазвичай використовуються закриті системи вирощування з автоматизованим контролем клімату, що дозволяє підтримувати сприятливі умови протягом року.

4. Холодні регіони

Холодні регіони, такі як північні частини Канади, Скандинавії, мають суворий клімат з холодними зимами та коротким вегетаційним періодом. Температури в таких регіонах можуть опускатися нижче -10 °C. Хоча конкуренція у вирощуванні *Hermetia illucens* може бути обмеженою, технології вирощування повинні бути адаптовані до умов. Використання теплиць та систем обігріву є необхідним для підтримки оптимального середовища, а також для автоматизованого контролю мікроклімату.

В останні роки личинки *Hermetia illucens* розглядаються в перспективі як біологічно повноцінний корм. Особливо приділяється увага їх використанню як джерела протеїну. Комахи мають високі темпи росту, мають високу продуктивність, а також доволі добре переробляють корм в біогумус чим забезпечують фактично безвідходне виробництво. Цей вид має короткий життєвий цикл розвитку, який триває 45 днів і чотири стадії: 4 дні яйце, 18 днів личинка, передлялечка 14 днів і 9 днів доросла особина. Але життєвий цикл залежить від певних факторів, якість і кількість субстрату впливає на поживний склад і тривалість циклу. Також температура і волога впливає на розвиток і виживання личинок (Lievens et al., 2021).

Після стадії личинки комаха переходить у стадію передлялечки, коли вона лежить нерухомо, а її кутикула застигає і збагачується солями кальцію, утворюючи темну оболонку. На цій стадії личинка спорожнює свій травний тракт і більше не потребує харчування, покладаючись на поживні речовини, накопичені під час стадії личинки (Bachynska, 2023).

Hermetia illucens являється доволі привабливим варіантом для масового виробництва. Личинки можуть жити при щільності до 14 кг/м^2. За літературними даними свинний гній здатний прогодувати більше 9 кг/м^2 личинок на день. Можна отримувати 120 тонн личинки *Hermetia illucens* і з 300 т відходів. Личинок можна використовувати безпосередньо в якості корму, а також у фармакології, косметології, медицині. Зокрема жир добутий з личинок *Hermetia illucens* за біохімічним складом подібний до шкіри людини, що сприяє кращому засвоюванню кремів чи масел вироблених із додаванням даного жиру.

Одним із найбільш простих і ефективних методів є використання свіжих личинок *Hermetia illucens* без додаткової обробки. Свіжі личинки відзначаються високим вмістом білка (до 40 %) і жирів (до 30 %), що робить їх чудовим джерелом харчування для різних видів тварин, таких як птахи, свині та риби. Крім того, цей метод не потребує значних витрат на переробку, оскільки личинки використовуються безпосередньо після збору. Однак основним недоліком є обмежений термін зберігання свіжих личинок, що вимагає їх швидкого використання, інакше вони можуть втратити свою поживну цінність. Це може бути проблемою в тих випадках, коли потрібно транспортувати продукт на великі відстані або зберігати його протягом тривалого часу.

Для подовження терміну зберігання личинок їх можна висушити, що дозволяє забезпечити зручність транспортування та тривалий період зберігання. Сушені личинки також можуть бути використані як кормова добавка або інгредієнт у комбікормах для свійських тварин та риб. Цей метод значно знижує ризики, пов'язані з псуванням продукту, і дозволяє зберігати корм протягом декількох місяців або навіть років. Однак процес сушіння потребує додаткових витрат, оскільки він вимагає спеціального обладнання та енергетичних ресурсів. Це робить метод сушіння дещо дорожчим, ніж використання свіжих личинок, і може бути економічно неефективним у випадках, коли потрібен великий обсяг продукту (Belhadj Slimen et al., 2023).

Ще одним популярним методом є переробка личинок *Hermetia illucens* в білковий порошок, або інсектну муку. Цей продукт має високу концентрацію білка і може бути використаний як кормова добавка для аквакультури та свійських тварин. Інсектна мука є зручним і поживним інгредієнтом у комбікормах, який легко змішується з іншими компонентами. Вона дозволяє знизити витрати на кормову базу, особливо в умовах, коли традиційні білкові джерела, такі як соя чи рибне борошно, є дорогими або мають обмежену доступність. Однак для виробництва інсектної муки необхідно мати спеціалізоване обладнання для переробки личинок у порошок, що вимагає значних інвестицій на початкових етапах виробництва. Крім того, процес переробки може бути енергетично затратним.

Іншим продуктом, що отримується з *Hermetia illucens*, є жир, який видобувається з личинок і використовується в різних промислових галузях, таких як виробництво біопалива, косметики та кормів для тварин. Жир *Hermetia illucens* має високу енергетичну цінність, що робить його привабливим варіантом для заміни традиційних тваринних жирів у кормовій промисловості. Він також використовується в косметичній індустрії завдяки своїм зволожуючим і антивіковим властивостям. Однак для екстракції жиру з личинок потрібно спеціалізоване обладнання, що потребує додаткових витрат.

Не менш важливим продуктом є органічне добриво, яке отримується з залишків після переробки личинок, зокрема з фракції компосту. Таке добриво є при-

родним, екологічно чистим і може використовуватися для збагачення ґрунту поживними речовинами. Це дозволяє знижувати потребу в хімічних добривах, що в свою чергу сприяє сталому розвитку сільського господарства і збереженню навколишнього середовища. Однак для оптимального використання компосту необхідна додаткова обробка, така як подрібнення або змішування з іншими компонентами, що може вимагати додаткових зусиль і витрат.

Вибір методу використання *Hermetia illucens* залежить від цілей виробництва та доступних ресурсів. Промислові ферми, які займаються масовим вирощуванням цих комах, використовують автоматизовані системи для годування личинок органічними відходами, що дозволяє значно збільшити продуктивність і знизити витрати на утримання. В таких фермах можливе використання харчових відходів, агровідходів, що сприяє не тільки виробництву кормів, а й ефективній переробці органічних відходів. Однак для великих підприємств потрібна висока інвестиційна підтримка, а також постійний контроль за умовами утримання та процесом вирощування.

З іншого боку, малі та середні ферми можуть організувати більш гнучкі та адаптивні виробництва, використовуючи локальні органічні відходи для вирощування *Hermetia illucens*. Це дозволяє значно знизити витрати на сировину і забезпечити більш низькі стартові витрати для підприємців, особливо в районах з обмеженими ресурсами. Такі ферми можуть зосередитися на виробництві кормів для аквакультури або органічних добрив для місцевих фермерів, що є важливою складовою місцевого агропромислового ланцюга.

Додатково, вирощування *Hermetia illucens* можливе навіть в домашніх умовах. Завдяки простому обладнанню, таким як контейнери для личинок і органічних відходів, можна вирощувати цих комах для власних потреб. Це дозволяє знизити витрати на корми для домашніх тварин або отримувати органічні добрива для садівництва. Домашнє вирощування *Hermetia illucens* також є ефективним способом зменшити обсяги органічних відходів, які зазвичай йдуть на смітники, таким чином сприяючи екологічному способу життя.

На разі у світі існують компанії які використовують *Hermetia illucens*, це Hermetia Baruth GmbH (Німеччина), Agri Protein Technologies (Південна Африка) та Corporation Enterra Feed (Канада), Protix (Нідерланди), Ynsect (Франція) (Cullere et al., 2016).

Зокрема Hermetia Baruth GmbH (Німеччина) у 2006 році стала першою компанією якій вдалося створити важливий і стабільний завод по розведенню мухи *Hermetia illucens* в Європі. Компанія Hermetia Baruth GmbH контролює голометаболічний життєвий цикл мухи та розробила біореактор для масового виробництва личинок, які продаються по всьому світу. На підприємстві також розроблено переробку біомаси личинок у високоякісне білкове борошно та олію.

Також відоме підприємство Protix (Нідерланди) – одна з найбільших ферм, яка переробляє харчові відходи в білкові корми для аквакультури та птахівництва. Продукція Protix має сертифікацію Євросоюзу і застосовується як екологічно чистий замінник традиційного корму. Компанію заснував у 2009 році генеральний директор Kees Aarts. Штаб-квартира Protix розташована в місті Донген, Нідерланди. У червні 2017 року компанія залучила 45 мільйонів євро фінансування, що на той час було найбільшою інвестицією у цій галузі. У жовтні 2017 року Protix придбала компанію Fair Insects, яка займається розведенням комах для використання у виробництві продуктів для споживання людиною. У червні 2019 року Protix відкрила нову фабрику в Берген-оп-Зом, яка є найбільшою фабрикою комах у світі (Secci et al., 2018).

Ynsect (Франція) – займається вирощуванням *Hermetia illucens* для виробництва корму та органічних добрив. Компанія також інвестує в дослідження з генетики та оптимізації вирощування. Заснована у 2011 році у Франції, компанія стала одним із головних гравців на ринку інноваційного сільського господарства. Головні напрями діяльності компанії включають: Виробництво протеїнових добавок для корму риб та тварин, органічних добрив (виготовлених із відходів життєдіяльності комах), розробка продуктів на основі білка для харчування людей, зменшення впливу сільського господарства на навколишнє середовище, використання інновацій для боротьби зі зміною клімату.

За данними Сінтія Алмейда екстракти личинок *Hermetia illucens* є перспективним джерелом біоактивних речовин і можуть відігравати важливу роль у розробці інноваційної косметики. Масло личинок, а також білок і хітин мають широке застосування в косметиці, тож варто їх розглядати як цінні супутні продукти. Основні проблеми, пов'язані з їх використанням, будуть пов'язані з розробкою методів ізоляції видобутих матеріалів у промислових масштабах (Almeida et al., 2020).

Також є дослідження яке висвітлює, що екстрагована олія з личинок *Hermetia illucens,* багата жирними кислотами (ЖК), є екологічно чистою альтернативою для косметичної промисловості. В данному дослідженні личинок, отриманих від португальської компанії, годували оливковими вичавками, побічним продуктом виробництва оливкової олії. Екстрагований зразок ліпідів виявив композицію з високим вмістом олеїнової кислоти, цінну для косметики. Дослідження біологічної активності екстракції ліпідів з личинок, яких годували оливковими вичавками, є новим підходом. Примітно, що метод екстракції за допомогою ультразвуку н-гексану продемонстрував сильні антиоксидантні властивості, а деякі екстракти виявили антимікробну активність. З результатаів данного дослідження можна зробити висновки, що личинки *Hermetia illucens* є екологічно чистим джерелом жирних кислот, що пропонує багатообіцяючі альтернативи для різноманітних застосувань (Santos Filipe et al., 2024).

Перспективною галуззю використання *Hermetia illucens* є виробництво хітозану для біомедицини. Хітозан, біополімер, відомий своїми ранозагоювальними властивостями, привернув значний інтерес у біомедичних дослідженнях. Це дослідження вивчає потенціал двох типів хітозану, отриманих з *Hermetia illucens* –

невибіленого хітозану та вибіленого хітозану – як нових біоматеріалів для застосування в загоєнні ран, у порівнянні з комерційним хітозаном, отриманим з панцирів Pandalus borealis (дика атлантична креветка). Обидва типи хітозану, отримані з *Hermetia illucens* (невибілений і вибілений), продемонстрували більшу здатність підвищувати життєздатність фібробластів (135 ± 7 % і 123 ± 6 % відповідно) порівняно з комерційним хітозаном (115 ± 7 %). Невибілений хітозан виявив підвищену антиоксидантну активність, відновлюючи >30 % втрати життєздатності, спричиненої обробкою H_2O_2, і продемонстрував протизапальні властивості, знижуючи рівень IL-6 на 66 ± 2 %. Губчасті скаффолди на основі невибіленого хітозану та комерційного хітозану були виготовлені методом ліофілізації. Скаффолди на основі невибіленого хітозану продемонстрували вищу пористість (67,9 ± 2,7 %), менший розмір пор (216 ± 35 нм), вищу здатність до набрякання (25,4 ± 1,9), більшу стійкість до деградації та покращену проліферацію фібробластів порівняно зі скаффолдами на основі комерційного хітозану. Ці результати підкреслюють потенціал хітозану, отриманого з комах, як стійкого та біоактивного матеріалу для загоєння ран. Однак для повного розуміння його взаємодій і механізмів у процесі відновлення тканин потрібні подальші дослідження (Müller et al., 2017).

Одним із варіантів використання *Hermetia illucens* є виробництво біодизелю. Біодизель являється відновлюваним і екологічно чистим рідким паливом. Однак для виробництва використовують переважно рослинну олію, що є обмеженим і дорогим харчовим ресурсом, що перешкоджає широкомасштабному застосуванню біодизеля. Тому для масштабування використання біодизелю необхідний розвиток нехарчової сировини (Sheppard et al., 2002; Diener et al., 2009). У даному дослідженні личинки комахи з високим вмістом жиру, *Hermetia illucens*, були оцінені для виробництва біодизелю. Личинки *Hermetia illucens* вирощували на органічних відходах протягом 10 днів і використовували для екстракції сирого жиру. Екстрагований сирий жир потім перетворювався на біодизель за допомогою кислотно-каталізованої (1 % H_2SO_4) етерифікації та лужно-каталізованої (0,8 % NaOH) переетерифікації, в результаті чого було отримано 35,5 г, 57,8 г і 91,4 г біодизеля з 1000 личинок *Hermetia illucens*, що вирощувалися на 1 кг гною великої рогатої худоби, свинячого гною і курячого посліду відповідно. Основними ефірними компонентами отриманого біодизеля були метиловий ефір лауринової кислоти (35,5 %), метиловий ефір олеїнової кислоти (23,6 %) і метиловий ефір пальмітинової кислоти (14,8 %). Паливні властивості біодизеля на основі жирів личинок *Hermetia illucens*, такі як щільність (885 кг/м^3), в'язкість (5,8мм^2/с), вміст естеру (97,2 %), температура спалаху (123 °C) і цетанове число (53), були порівняні з властивостями біодизеля на основі ріпакової олії. Ці результати показали, що вирощений на органічних відходах личинок *Hermetia illucens* може бути реальною нехарчовою сировиною для виробництва біодизеля (Nguyen et al., 2013).

Відомо про успішне використання личинки *Hermetia illucens* у відгодівлі бройлерних перепелів. Добавка муки з личинок *Hermetia illucens* ніяк не впливає на смакові якості м'яса, на склад холестерину, але в той же час суттєво збільшує вміст амінокислот у м'ясі, чим поліпшує його поживну цінність.

Дослідження показали, що часткова в 50 % або повна заміна соєвого корму личинками *Hermetia illucens* в раціоні курей несучок не несла ніякого негативного впливу на їх здоров'я і продуктивність, також на самі яйця негативного впливу не спостерігалося. Таким чином, личинки *Hermetia illucens* можна використовувати як джерело додаткового білка і можна використовувати як часткову заміну корму для птиці. Тим більше личинки *Hermetia illucens* можна вирощувати на гною тих же птахів, які їх споживають, тим самим утилізуючи відходи.

На цей час встановлено біохімічний склад та перспективи використання біомаси личинок *Hermetia illucens* при відгодівлі молодняку свиней. Личинки багаті на цінні органічні сполуки, які є привабливими у комерційному і промисловому плані. До числа їх складових входить протеїну 42,1 %, ліпідів 34,8 %, клітковини 7,0 %, вологи 7,9 %, вільного екстракту азоту 1,4 %, сирої золи 14,6 %, кальцію 5,0 %, фосфору 1,5 %. В результаті досліджень було встановлено, що личинки *Hermetia illucens*, як кормовий компонент не завдали негативного впливу на приріст поросят і цілком їх можна розглядати як заміна рибної муки.

Багатьма авторами пропонується використання личинки *Hermetia illucens* для переробки органічних відходів як дуже перспективна і ефективна технологія. Личинки *Hermetia illucens* показали високу ефективність у переробці гною і органічних відходів, що сприяє зменшенню відходів виробництва продукції тваринництва. Був проведений експеримент щодо переробки личинками коров'ячого гною, в результаті спостережень виявлено зменшення азоту.

Також наразі в зв'язку зі збільшенням об'ємів виробництва сільськогосподарської продукції тваринного походження люди почали більше приділяти увагу раціональному поводженню із гноєм. Інтенсивне тваринництво і птахівництво генерує величезну кількість гною, що має негативний вплив на навколишнє середовище. Шкода гною пов'язана із аміаком і оксидами азоту, що викидаються в атмосферу. Для утилізації гною наразі використовують звичайні методи, які часто є дорогими і енергозатратними. Також є певні інноваційні методи які потребують детальнішого вивчення.

Hermetia illucens являється ефективним варіантом для переробки органічних відходів, так, як може розвиватися на різних субстратах включаючи гній тварин і птиці, а також харчові відходи. *Hermetia illucens* містить до 50 % білку із дуже привабливим амінокислотним складом, також містить багато мінералів і інших поживних речовин. Все це личинка бере із субстрату на якому росте. По факту це екологічно чистий метод який дозволяє взяти поживні речовини із відходів. Також через низьку вартість, низькі витрати на обслуговування, низький вплив на навколишнє середовище, це значно кращий варіант ніж інші сис-

теми компостування. При цьому після переробки гною личинками Чорної львинки залишається біогумус, який дуже привабливий як органічне добриво і не несе такої шкоди навколишньому середовищу, як гній.

За даними дослідження, *Hermetia illucens* не є переносником хвороб, крім того може навіть потенційно знизити рівень патогенної мікрофлори (Joly & Nikiema, 2019).

Але перед використанням субстрату слід перевірити на хімічну безпеку накопичення неорганічних речовин (пестицидів, важких металів) в личинок може становити серйозну небезпеку в процесі їх подальшого використання (Giani et al., 2025). Наразі Європейський союз забороняє вирощування личинок *Hermetia illucens* на певних видах органічних відходів через прогалини у знаннях щодо безпеки (Li et al., 2011).

Також личинки *Hermetia illucens* можна розглядати як кормову високобілкову добавку. Попит на цінні джерела білка, яких потребує зростаюче населення світу, й одночасне зменшення площ, придатних для сільськогосподарського виробництва, є серйозною глобальною проблемою. Тому терміново потрібні альтернативні джерела протеїну порівнянної вартості, й у майбутньому тваринництво має забезпечувати стабільне постачання білка (Jung et al., 2022). Якщо розглядати цінність білка в борошні з личинок *Hermetia illucens*, то в ньому міститься велика кількість незамінних амінокислот, по профілю ближче до рибного борошна ніж до соєвого. Використання борошна з личинок *Hermetia illucens* в якості компоненту корму для птиці являється способом досягнення більш стійкого виробництва продуктів харчування.

Копання та розгортання землі являється природньою поведінкою домашньої птиці. Таким чином птиця знаходить “делікатеси”, найчастіше це черв’яки і личинки комах. Це відбувається через те, що для птиці черв’яки і личинки мають відмінний смак і поживну цінність.

Борошно з комах є недорогим і екологічно чистим, що збільшує його привабливість. Оскільки воно розглядається як частковий або повний замінник без негативного впливу на продуктивність і якість продукції, являється потенційною заміною соєвому і рибному борошну (Mohan et al., 2023).

Кульєре в своїй роботі оцінив використання *Hermetia illucens* як джерело протеїну для перепелів-бройлерів. В ході даного дослідження було введено в раціон борошно з личинок *Hermetia illucens*, чим частково замінено соєвий шрот і соєву олію. Для цього було взято 450 перепелів 10-денного віку і розмістили в 15 клітках по 30 голів в клітку. Розподілили на 3 групи: контрольна (К), 1 дослідна (Д1), 2 дослідна (Д2). В Д1 було введено 10 % борошна з личинок, що замінило 28,4 % соєвої олії та 16,1 соєвого борошна. В Д2 було введено 15 % борошна з личинок, що замінило на 100 % соєву олію і на 24,8 % соєве борошно. У віці 28 днів перепелів забивали, тушки зважували, грудні м’язи потім вирізали з 50 перепелів для обробки, зважували та вимірювали кінцевий pH. Потім м’язи грудей приготували, щоб оцінити втрати при варінні та жорсткість м’яса. Для випробування перетравності 15–28-денних перепелів було розподілено на три групи. Зразки екскрементів піддано хімічному та мікробіологічному дослідженню.

Продуктивність, смертність, ознаки туші у всіх дослідних груп однакові і відповідали комерційним стандартам. За винятком засвоюваності ефірного екстракту яка була дещо нижчою у групі Д1 відносно К і Д2 перетравність всіх інших поживних речовин була однакова для усіх дослідних груп. Забійна маса туші і вихід філе для всіх груп також був однаковий. Також спостерігалося зниження pH у групах із введенням борошна личинок відносно контрольної групи. На закінчення це дослідження продемонструвало, що борошно з личинок *Hermetia illucens* може частково замінити звичайний соєвий шрот і соєву олію в раціоні для вирощування перепелів-бройлерів, таким чином підтверджуючи, що це борошно з личинок *Hermetia illucens* перспективне джерело білка для кормової промисловості (Lalander et al., 2013).

Також є робота Секчі і інших де було порівняно якість яєць від курей- несучок Ломан Браун, в раціоні яких сою замінили борошном личинки *Hermetia illucens*. В ході дослідження 108 курей 24-тижневого віку (середня жива маса 1,78 ± 0,15 кг) розділили на дві групи (54 курки/групу). До 45-тижневого віку (протягом експериментального періоду в 21 тиждень) курей містили в одній будівлі в модифікованих клітках (800 см^2/курку) в умовах контрольованої температури і вологості. Дві групи отримували різні дієти, в яких відрізнялися інгредієнтами, які використовувалися, як основне джерело білка.

Контрольна дієта (С) базувалася на соєвому шроті і була призначена контрольній групі (SBM); експериментальна дієта (Н) базувалася на знежиреному борошні, виготовленому з личинок *Hermetia illucens* (Hermetia Deutschland GmbH & Co, Baruth/Mark, Німеччина), яке повністю замінило соєвий шрот, і вводилося експериментальній групі (HIM). Зареєстроване споживання корму становило 125,13 та 108,04 г/день на курку для SBM та HIM відповідно. Після 2 тижнів адаптації до нової дієти (починаючи через 26 тижнів після початку відкладення) було розпочато збір яєць.

На вагу цілого яйця, шкаралупи, діаметр дієта істотно не вплинула. Тоді як білки з дослідної групи були трохи легшими, а жовтки трішки важчими. Співвідношення жовтка до білка становило 0,38 в контрольної і 0,42 в дослідної групи. Яєчні жовтки дослідної групи були багатшими на γ-токоферол (+66,7 %), лютеїн (+75,5 %), β-каротин (+73,7 %) і загальні каротиноїди (+ 42,8 %) порівняно з контрольною групою. Також у дослідної групи був нижчий вміст холестерину на 11,7 %.

На закінчення, борошно з личинок *Hermetia illucens* виглядає придатним для повної заміни соєвого борошна в раціонах курей-несучок Ломан Браун. Дійсно, нове джерело білка не вплинуло негативно на склад жовтка, і всі проаналізовані аналітичні параметри показали подібні або кращі показники, ніж у яєць від курей-несучок, яких годували раціоном на основі соєвого шроту як джерела білка. Жовтки курей, яких годували борошном на основі *Hermetia illucens,* не відрізнялися за загальним складом жирних кислот,

тоді як вони показали більш високий вміст каротиноїдів і зниження холестерину. У будь-якому випадку, особлива роль цього джерела білка в раціонах курей-несучок підлягає подальшому дослідженню (Ghamkhar & Hicks, 2020).

Наразі відомо, що 85 % із 350 мільйонів тонн сої, виробленої у 2018 році було використано у годівлі тварин, тоді як решта безпосередньо для споживання людиною. Відповідно площі для виробництва сої постійно збільшують, що спричиняє зокрема вирубку лісів і несе негативний вплив на екологію. Що являється проблемою і часткова заміна на корм із комах являється цікавою альтернативою (European Commission, 2021).

На зміну рибному борошну також приходять комахи. Світове виробництво рибного борошна становить близько п'яти мільйонів тонн, а риб'ячого жиру – близько 1 мільйона тонн. Близько 70 % всього рибного борошна використовується в аквакультурі, 22 % – в годівлі свиней і 5 % – в птахівництві. Більшість виробленого риб'ячого жиру (69 %) використовується в аквакультурі та рідше в кормах для тварин. Прогнозується, що частка рибного борошна та риб'ячого жиру, отриманих із залишків риби – побічного продукту переробки – зросте. Відомо, що виробництво рибного борошна шкодить навколишньому середовищу та спричиняє евтрофікацію, виснаження та пошкодження водойм (Ghamkhar & Hicks, 2020).

Використання перероблених тваринних білків у кормах для тварин, вирощених на фермах, було заборонено в Європейському Союзі протягом майже двох десятиліть через наслідки кризи губчастої енцефалопатії великої рогатої худоби. Таким чином, ця "заборона кормів" значною мірою перешкоджає динаміці та зростанню вирощування комах. Однак протягом останніх кількох років Європейська Комісія дозволила використання комах (перероблених тваринних білків) як корму, спочатку для аквакультури у 2017 році, а потім для свиней і птиці у 2021 році (European Commission, 2021).

Висновки

Hermetia illucens є надзвичайно перспективним біологічним ресурсом для сталого розвитку агропромислового комплексу, поводження з органічними відходами та формування циркулярної біоекономіки. Проведений аналіз свідчить, що *Hermetia illucens* демонструє високу ефективність у перетворенні органічної сировини в цінні продукти – білки, жири, біомасу для добрив і біотехнологічних застосувань. Сучасні технології вирощування включають автоматизовані ферми, оптимізовані схеми годівлі, контрольовані мікрокліматичні умови та комплексну переробку біомаси, що дозволяє інтегрувати цей вид у масштабні промислові системи.

Проте повноцінна реалізація потенціалу *Hermetia illucens* потребує подолання низки викликів: гармонізації законодавчих норм, створення стандартів якості продукції, зниження енергоспоживання технологічних процесів та підвищення економічної ефективності виробництва. Водночас глобальні тренди на зменшення екологічного навантаження, перехід до замкнених циклів ресурсів та зростаючий попит на альтернативні джерела білка створюють сприятливі умови для подальшого розвитку галузі.

Отже, *Hermetia illucens* не лише пропонує технологічне рішення для утилізації органічних залишків, а й відкриває нові стратегічні можливості для трансформації аграрного виробництва у напрямі більш екологічного, економічно обґрунтованого та ресурсоефективного господарювання. Подальші наукові дослідження та міждисциплінарна співпраця є ключовими факторами для успішної інтеграції цього біоресурсу в агропромислові ланцюги майбутнього.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів.

References

Almeida, C., Rijo, P., & Rosado, C. (2020). Bioactive Compounds from Hermetia Illucens Larvae as Natural Ingredients for Cosmetic Application. Biomolecules, 10(7), 976. DOI: 10.3390/biom10070976.

Bachynska, Ya. (2023). Perspektyvy promyslovoho rozvedennia komakh yak dzherela bilka ta biolohichno aktyvnykh rechovyn. Materialy vseukrainskoi naukovoi konferentsii «Stan i bioriznomanittia ekosystemy Shatskoho natsionalnoho pryrodnoho parku ta inshykh pryrodookhoronnykh terytorii», prysviachenoi 100-yi richnytsi vid dnia narodzhennia Nadii Stepanivny Yalynskoi (m. Lviv – smt Shatsk, s. 7–10 veresnia 2023), 9–12 (in Ukrainian).

Belhadj Slimen, I., Yerou, H., Ben Larbi, M., M'Hamdi, N., & Najar, T. (2023). Insects as an alternative protein source for poultry nutrition: a review. Frontiers in veterinary science, 10, 1200031. DOI: 10.3389/fvets.2023.1200031.

Broshkov, M. M., & Khodorchuk, V. Ya. (2022). Pererobka orhanichnykh vidkhodiv za dopomohoiu mukhy chorna lvynka (Hermetia illucens L.). Aktualni aspekty rozvytku nauky i osvity: mat-ly II Mizhnar. nauk.-prakt. konf. nauk.-pedahoh. pratsivnykiv ta molodykh naukovtsiv (Odesa, 08-09 hrudnia 2022 r.). ODAU. Odesa, 482–483 (in Ukrainian).

Cullere, M., Tasoniero, G., Giaccone, V., Miotti-Scapin, R., Claeys, E., De Smet, S., & Dalle Zotte, A. (2016). Black soldier fly as dietary protein source for broiler quails: apparent digestibility, excreta microbial load, feed choice, performance, carcass and meat traits. Animal : an international journal of animal bioscience, 10(12), 1923–1930. DOI: 10.1017/S1751731116001270.

Diener, S., Zurbrügg, C., & Tockner, K. (2009). Conversion of organic material by black soldier fly larvae: establishing optimal feeding rates. Waste management & research : the journal of the International Solid Wastes and Public Cleansing Association, ISWA, 27(6), 603–610. DOI: 10.1177/0734242X09103838.

European Commission (2021). Commission Regulation (EU) 2021/1372 of 17 August 2021 amending Annex IV to Regulation (EC) No 999/2001 of the European

Parliament and of the Council as regards the prohibition to feed non-ruminant farmed animals, other than fur animals, with protein derived from animals. EU, Brussels, Belgium.

Ghamkhar, R., & Hicks, A. (2020). Comparative environmental impact assessment of aquafeed production: Sustainability implications of forage fish meal and oil free diets. Resources, Conservation and Recycling, 161, 104849. DOI: 10.1016/j.resconrec.2020.104849.

Giani, M., Valentino, C., Vigani, B., Ruggeri, M., Guarnieri, A., Salvia, R., Scieuzo, C., Falabella, P., Sandri, G., & Rossi, S. (2025). Hermetia illucens-derived chitosan as a promising sustainable biomaterial for wound healing applications: development of sponge-like scaffolds. International journal of biological macromolecules, 304(Pt 2), 140903. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2025.140903.

Joly, G., & Nikiema, J. (2019) Global experiences on waste processing with black soldier fly (Hermetia illucens): from technology to business. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute (IWMI). CGIAR Research Program on Water, Land and Ecosystems (WLE).. 62p. (Resource Recovery and Reuse Series 16). DOI: 10.5337/2019.214.

Jung, S., Jung, J.-M., Tsang, Y. F., Bhatnagar, A., Chen, W.-H., Lin, K.-Y. A., & Kwon, E. E. (2022). Biodiesel production from black soldier fly larvae derived from food waste by non-catalytic transesterification. Energy, 238, 121700. DOI: 10.1016/j.energy.2021.121700.

Lalander, C., Diener, S., Magri, M. E., Zurbrügg, C., Lindström, A., & Vinnerås, B. (2013). Faecal sludge management with the larvae of the black soldier fly (Hermetia illucens)--from a hygiene aspect. The Science of the total environment, 458-460, 312–318. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2013.04.033.

Li, Q., Zheng, L., Cai, H., Garza, E., Yu, Z., & Zhou, S. (2011). From organic waste to biodiesel: Black soldier fly, Hermetia illucens, makes it feasible. Fuel, 90(4), 1545–1548. DOI: 10.1016/j.fuel.2010.11.016.

Lievens, S., Poma, G., De Smet, J., Van Campenhout, L., Covaci, A., & Van Der Borght, M. (2021). Chemical safety of black soldier fly larvae (Hermetia illucens), knowledge gaps and recommendations for future research: a critical review. Journal of Insects as Food and Feed, 7(4), 383–396. DOI: 10.3920/JIFF2020.0081.

Mohan, K., Sathishkumar, P., Rajan, D. K., Rajarajeswaran, J., & Ganesan, A. R. (2023). Black soldier fly (Hermetia illucens) larvae as potential feedstock for the biodiesel production: Recent advances and challenges. The Science of the total environment, 859(Pt 1), 160235. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.160235.

Müller, A., Wolf, D., & Gutzeit, H. O. (2017). The black soldier fly, Hermetia illucens - a promising source for sustainable production of proteins, lipids and bioactive substances. Zeitschrift fur Naturforschung. C, Journal of biosciences, 72(9-10), 351–363. DOI: 10.1515/znc-2017-0030.

Nguyen, T. T., Tomberlin, J. K., & Vanlaerhoven, S. (2013). Influence of resources on Hermetia illucens (Diptera: Stratiomyidae) larval development. Journal of medical entomology, 50(4), 898–906. DOI: 10.1603/me12260.

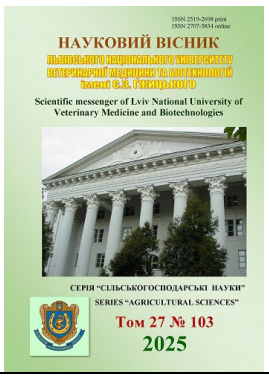
Santos Filipe, M., Cardoso, R. V. C., Ayuso, M., Murta, D., Díaz-Lanza, A. M., Rosado, C., C S P Pires, T., Calhelha, R. C., & Rijo, P. (2024). Exploring the potential of Hermetia illucens larvae extracts: A promising approach for dermocosmetic formulations. Heliyon, 10(17), e37395. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e37395.

Secci, G., Bovera, F., Nizza, S., Baronti, N., Gasco, L., Conte, G., Serra, A., Bonelli, A., & Parisi, G. (2018). Quality of eggs from Lohmann Brown Classic laying hens fed black soldier fly meal as substitute for soya bean. Animal : an international journal of animal bioscience, 12(10), 2191–2197. DOI: 10.1017/S1751731117003603.

Sheppard, D. C., Tomberlin, J. K., Joyce, J. A., Kiser, B. C., & Sumner, S. M. (2002). Rearing methods for the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae). Journal of medical entomology, 39(4), 695–698. DOI: 10.1603/0022-2585-39.4.695.

Tamasiga, P., Miri, T., Onyeaka, H., & Hart, A. (2022). Food Waste and Circular Economy: Challenges and Opportunities. Sustainability, 14(16), 9896. DOI: 10.3390/su14169896.

Zhang, J., Shi, Z., Gao, Z., Wen, Y., Wang, W., Liu, W., Wang, X., & Zhu, F. (2021). Identification of three metallothioneins in the black soldier fly and their functions in Cd accumulation and detoxification. Environmental pollution (Barking, Essex : 1987), 286, 117146. DOI: 10.1016/j.envpol.2021.117146.



Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького. Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences

ISSN 2519–2698 print
ISSN 2707-5834 online
doi: 10.32718/nvlvet-a10314
https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture

UDC 636.5.083.37:615.33

Productivity and reproductive system condition of young laying hens after using probiotics

J. M. Poberezhets✉, Y. Y. Mandryk

Vinnytsia National Agrarian University, Vinnytsia, Ukraine

Article info

Received 27.06.2025
Received in revised form 28.07.2025
Accepted 29.07.2025

Vinnytsia National Agrarian University, Soniachna Str., 3, Vinnytsia, 21000, Ukraine.
Tel.: +38-098-224-88-56
E-mail: julia.p08@ukr.net

Poberezhets, J. M., & Mandryk, Y. Y. (2025). Productivity and reproductive system condition of young laying hens after using probiotics. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 27(103), 121–126. doi: 10.32718/nvlvet-a10314

Probiotic feed additives enhance the growth of positive bacteria and reduce the number of pathogenic microorganisms, normalizing the balance of intestinal microflora in the body, which contributes to increased growth, development and productivity. Therefore, the purpose of the research work was to study the effect of a probiotic additive on the growth and development of replacement young laying hens. For the scientific and economic experiment, 600 one-day-old chickens of the egg productivity direction of the "Dominant" breed were selected and 4 groups of 150 heads each were formed, according to the generally accepted methodology. It was established that the use of the studied probiotic in feeding replacement young laying hens increases live weight in the 2nd group by 4.5 %, the 3rd by 11.4 % and the 4th by 12.1 %, relative to the control value. It was found that under the influence of the probiotic, the absolute gain was higher in the 2nd group of birds by 5.2 %, the 3rd by 12.6 % and the 4th by 13.5 %, compared to the control peers. At the same time, feeding the probiotic supplement increases the average daily gain in the 3rd by 12.9 % and the 4th by 13.9 %, compared to the control. When using the probiotic, the chest girth in the birds of the 3rd and 4th groups was greater by 4.9 % and 6.4 %, respectively, the chest width by 17.0 % and 24.4 %, the chest depth by 6.9 % and 10.5 %, compared to the control. In addition, under the influence of the probiotic supplement in young laying hens, the pelvis width is greater in the 4th group by 8.2 % and the keel length by 12.4 %, compared to the control group. It was found that the use of probiotics in feeding young laying hens contributes to an increase in pre-slaughter live weight in the 2nd group by 6.0 %, in the 3rd by 13.3 % and in the 4th by 13.7 %, compared with the control value. Under the action of probiotics in the 4th group, the weight of the left ovary increases by 9.0 %, the oviduct by 75.0 % and the protein part by 62.5 %, compared with the control value. Additional consumption of probiotic feed additive increases the weight of unguented, semi-gutted and gutted poultry carcasses, respectively, in the 2nd group by 3.4 %, 3.6 % and 5.9 %, in the 3rd by 13.2 %, 10.1 % and 14.5 % and in the 4th by 13.7 %, 11.7 % and 15.2 %, and reduces feed consumption per 1 kg of poultry gain in the 4th group by 10.0 %, relative to the control data. Thus, the use of probiotic in poultry feeding increases live weight, gain, enhances the development of the body of replacement young laying hens and reduces feed consumption per 1 kg of gain.

Keywords: *probiotic supplement, replacement young laying hens, feeding, live weight, gains, slaughter rates, feed consumption.*

Продуктивність та стан статевої системи ремонтного молодняку курок-несучок за використання пробіотика

Ю. М. Побережець✉, Ю. Ю. Мандрик

Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, Україна

Пробіотичні кормові добавки посилюють ріст позитивних бактерій та зменшують кількість патогенних мікроорганізмів, нормалізуючи баланс кишкової мікрофлори у організмі, що сприяє збільшенню росту, розвитку та продуктивності. Тому, метою

дослідної роботи було вивчення впливу пробіотичної добавки на ріст та розвиток ремонтного молодняку курок-несучок. Для науково-господарського досліду було відібрано 600 голів однодобових курчат яєчного напрямку продуктивності породи "Домінант" та сформували 4 групи-аналоги по 150 голів у кожній, згідно до загальноприйнятої методики Встановлено, що використання у годівлі ремонтного молодняку курок-несучок досліджуваного пробіотика, підвищує живу масу у 2-й групі на 4,5 %, 3-й на 11,4 % та 4-й на 12,1 %, відносно контрольного значення. Виявлено, що за впливу пробіотика абсолютний приріст був вищий у 2-й групі птиці на 5,2 %, 3-й на 12,6 % та 4-й на 13,5 %, проти контрольних ровесників. Водночас, згодовування пробіотичної добавки збільшує середньодобовий приріст в 3-й на 12,9 % та 4-й на 13,9 %, відносно контролю. За використання пробіотика у птиці 3-ї і 4-ї груп обхват грудей був більший відповідно на 4,9 % та 6,4 %, ширина грудей на 17,0 % та 24,4 %, глибина грудей на 6,9 % та 10,5 %, порівняно з контролем. Крім того, що за дії пробіотичної добавки у молодняку курок-несучок ширина тазу більша у 4-й групі на 8,2 % та довжина кіля на 12,4 %, проти контрольної групи. Виявлено, що застосування пробіотика у годівлі ремонтного молодняку курок-несучок сприяє збільшенню передзабійної живої маси у 2-й групі на 6,0 %, 3-й на 13,3 % та 4-й на 13,7 %, порівняно з контрольним значенням. За дії пробіотика у птиці 4-ї групи підвищується маса лівого яєчника на 9,0 %, яйцепроводу на 75,0 % та білкової частини на 62,5 %, проти контрольного показника. Додаткове споживання пробіотичної кормової добавки збільшує масу непатраної, напівпатраної та патраної тушок птиці, відповідно у 2-й групі на 3,4 %, 3,6 % і 5,9 %, у 3-й на 13,2 %, 10,1 % і 14,5 % та у 4-й на 13,7 %, 11,7 % і 15,2 %, та знижує витрати корму на 1 кг приросту птиці у 4-й групі на 10,0 %, відносно контрольних даних. Таким чином, застосування пробіотика у годівлі птиці збільшує живу масу, прирости, посилює розвиток організму ремонтного молодняку курок-несучок та зменшує витрати корму на 1 кг приросту.

***Ключові слова**: пробіотична добавка, ремонтний молодняк курок-несучок, годівля, жива маса, прирости, забійні показники, витрати корму.*

Вступ

Протягом останніх двох десятиліть птахівництво було одним із найдинамічніших та постійно зростаючих галузей у світі. Враховуючи стрімкий розвиток галузі птахівництва, фахівці повинні підтримувати продуктивність птиці на високому рівні. Тривалий час у годівлі тварин широко застосовували антибіотики з ціллю терапії, профілактики захворювань та стимуляції росту. Наявність залишків антибіотиків у м'ясі та яйцях птиці може спричиняти розвиток та поширення резистентних мікроорганізмів та мати шкідливий вплив на споживачів та навколишнє середовище (Lokapirnasari et al., 2017; Krysiak et al., 2021; Darboe et al., 2023).

Пробіотичні кормові добавки мають потенціал бути альтернативою антибіотикам, оскільки їх можна уводити безпосередньо у корм, вони мають корисний вплив та поліпшують баланс кишкової мікрофлори (Ciurescu et al., 2020; Kytaieva & Petrov, 2020; Halder et al., 2024). Використання пробіотиків у годівлі курок-несучок – це ефективна стратегія, яка спрямована на поліпшення здоров'я птиці та підвищення продуктивності. Пробіотики – це живі мікроорганізми, які при уведенні в організм у достатніх кількостях позитивно впливають на здоров'я господаря, зокрема через нормалізацію кишкової мікрофлори (Castanon, 2007; Cherniy et al., 2021; Poberezhets et al., 2021; Mörschbächer et al., 2023).

Споживання пробіотиків може знизити ризик шлунково-кишкових захворювань, стимулюючи ріст корисних мікроорганізмів (Huang, 2012; Bharathi et al., 2023). Регулярне використання пробіотиків позитивно впливає на збільшення росту, приростів, несучості та зменшення витрат корму (Neveling & Dicks, 2021; Poberezhets et al., 2023). Пробіотичні кормові добавки стимулюють вироблення ферментів, які поліпшують засвоєння поживних речовин та зміцнюють імунну систему птиці, що знижує потребу в антибіотиках (Mikulski et al., 2020; Cirilo et al., 2023; Lan et al., 2025).

Пробіотики діють на різні фізіологічні й мікробіологічні процеси в організмі птиці, головним чином через модуляцію кишкової мікрофлори, шляхом витіснення патогенних мікроорганізмів (*Salmonella*, *E. coli*, *Clostridium*) та конкурують за поживні речовини й місце прикріплення на клітинах кишечника, таким чином, запобігають колонізації патогенами (Yalçın et al., 2010; Poberezhets et al., 2022; Wang et al., 2023). Крім того, вони підвищують активність травних ферментів: амілази, протеази, ліпази. Пробіотичні мікроорганізми самі продукують ферменти, що полегшують розщеплення корму, це сприяє кращому засвоєнню поживних речовин і підвищенню конверсії корму (Amiri et al., 2021; Hadieva et al., 2021; Hidayat et al., 2021).

Мета дослідження

Метою дослідної роботи було вивчення впливу пробіотичної добавки на ріст та розвиток ремонтного молодняку курок-несучок.

Матеріал і методи досліджень

Для науково-господарського досліду було відібрано 600 голів однодобових курчат яєчного напрямку продуктивності породи "Домінант" та сформували 4 групи-аналоги по 150 голів у кожній, згідно до загальноприйнятої методики (Ibatullin et al., 2017). Дослідження для ремонтного молодняку курок-несучок тривали 105 діб (табл. 1).

Додатково до основного раціону птиці ремонтного молодняку курок-несучок згодовували в різних дозах пробіотичну кормову добавку Actisaf® Sc 47 STD. Пробіотик є концентратом живих дріжджів *Saccharomyces cerevisiae,* який сприяє підвищенню продуктивності тварин, нормалізуючи біотоп мікробіоти кишківника.

Живу масу курчат визначали шляхом зважування на електронних вагах. За даними зважувань обраховували прирости живої маси: середньодобові, абсолютні та відносні за відповідними формулами. Під час контрольного забою птиці визначали забійні показники відбираючи на контрольний забій по 4 голови птиці з кожної групи.

Таблиця 1
Схема досліду на ремонтному молодняку курок-несучок

Група	Кількість тварин у групі, голів	Тривалість досліду, діб	Особливості годівлі
1-контрольна	150	105	ОР (повнораціонний комбікорм)
2-дослідна	150	105	ОР+ 0,125 г/т Actisaf ® Sc 47 STD
3-дослідна	150	105	ОР+ 0,25 г/т Actisaf ® Sc 47 STD
4-дослідна	150	105	ОР+ 0,5 г/т Actisaf ® Sc 47 STD

Цифрові дані результатів досліду обробляли біометрично застосовуючи дисперсійний аналіз та програмне забезпечення Statistica. Результати середніх значень вважали статистично вірогідними при P < 0,05 (Rudenko, 2012).

Результати та їх обговорення

У ході досліду виявлено, що додаткове згодовування пробіотичної добавки ремонтному молодняку курок-несучок збільшує живу масу у 2-й групі на 4,5 % (P ≤ 0,01), 3-й на 11,4 % (P ≤ 0,001) та 4-й на 12,1 % (P ≤ 0,001), відносно контролю (табл. 2).

Слід відзначити, що у птиці 4-ї групи, яка додатково до раціону споживала пробіотичну кормову добавку підвищується збереженість поголів'я на 5,0 % проти контрольної групи.

Встановлено, що за дії пробіотика абсолютний приріст був більший у 2-й групі птиці на 5,2% (P ≤ 0,05), 3-й на 12,6 % (P ≤ 0,001) та 4-й на 13,5 % (P ≤ 0,001), ніж у контрольних аналогів (табл. 3).

Додаткове використання пробіотичної добавки сприяє збільшенню середньодобового приросту в 3-й на 12,9 % (P ≤ 0,05) та 4-й на 13,9 % (P ≤ 0,01), відносно контрольного значення.

Відзначається, що за згодовування пробіотика у птиці 3-ї і 4-ї груп обхват грудей більший відповідно на 4,9 % (P ≤ 0,05) та 6,4 % (P ≤ 0,01), ширина грудей на 17,0 % (P ≤ 0,01) та 24,4 % (P ≤ 0,001), глибина грудей на 6,9 % (P ≤ 0,05) та 10,5 % (P ≤ 0,01), ніж у контрольних аналогів (табл. 4).

Таблиця 2
Жива маса ремонтного молодняку курок-несучок за дії пробіотика з культури *Saccharomyces cerevisiae*, x ± SD, n = 150

Жива маса, г	Група			
	1-контрольна	2-дослідна	3-дослідна	4-дослідна
на початок досліду	130,2 ± 2,64	129,1 ± 2,69	132,0 ± 3,02	131,1 ± 3,14
на кінець досліду	1191 ± 10	1245 ± 13**	1327 ± 14***	1335 ± 12***
Збереженість поголів'я, %	95,0	99,0	100	100

Таблиця 3
Вплив пробіотика на приріст живої маси птиці, x ± SD, n = 150

Приріст живої маси	Група			
	1-контрольна	2-дослідна	3-дослідна	4-дослідна
Абсолютний, г	1061 ± 15	1116 ± 21*	1195 ± 17***	1204 ± 21***
Середньодобовий, г	10,1 ± 0,41	10,6 ± 0,42	11,4 ± 0,39*	11,5 ± 0,33**
Відносний, %	161,03 ± 3,11	162,01 ± 3,67	164,02 ± 2,98	164,01 ± 3,43

Таблиця 4
Проміри тіла ремонтного молодняку курок-несучок, см, x ± SD, n = 150

Показник	Група			
	1-контрольна	2-дослідна	3-дослідна	4-дослідна
Обхват грудей	28,2 ± 0,45	28,8 ± 0,32	29,6 ± 0,46*	30,0 ± 0,48**
Ширина грудей	4,1 ± 0,18	4,6 ± 0,15	4,8 ± 0,19**	5,1 ± 0,21***
Глибина грудей	8,6 ± 0,23	9,0 ± 0,22	9,2 ± 0,18*	9,5 ± 0,19**
Ширина тазу	9,8 ± 0,36	10,2 ± 0,41	10,4 ± 0,45	10,6 ± 0,36*
Довжина тулуба	18,5 ± 0,51	19,2 ± 0,58	19,5 ± 0,54	19,8 ± 0,52
Довжина кіля	9,7 ± 0,42	10,1 ± 0,45	10,5 ± 0,44	10,9 ± 0,41*
Довжина стегна	12,5 ± 0,54	12,8 ± 0,52	13,1 ± 0,48	13,0 ± 0,56
Довжина плесна	9,2 ± 0,38	9,4 ± 0,46	9,6 ± 0,42	9,8 ± 0,39

Необхідно відмітити, що за впливу пробіотичної добавки у молодняку курок-несучок ширина тазу більша у 4-й групі на 8,2 % (P ≤ 0,05) та довжина кіля на 12,4 % (P ≤ 0,05), проти контрольної групи.

Виявлено, що застосування пробіотика у годівлі ремонтного молодняку курок-несучок сприяє збільшенню передзабійної живої маси у 2-й групі на 6,0 % (P ≤ 0,001), 3-й на 13,3 % (P ≤ 0,001) та 4-й на 13,7 %

(P ≤ 0,001), порівняно з контрольним значенням (табл. 5).

Зафіксовано, що додаткове споживання пробіотичної кормової добавки дає змогу збільшити масу непатраної, напівпатраної та патраної тушок птиці, відповідно у 2-й групі на 3,4 % (P ≤ 0,01), 3,6 % (P ≤ 0,05) і 5,9 % (P ≤ 0,01), у 3-й на 13,2 % (P ≤ 0,001), 10,1 % (P ≤ 0,001) і 14,5 % (P ≤ 0,001) та у 4-й на 13,6 % (P ≤ 0,01), 11,7 % (P ≤ 0,01) і 15,2 % (P ≤ 0,01), відносно контрольних показників.

За дії пробіотика у птиці 4-ї групи підвищується маса лівого яєчника на 9,0 % (P ≤ 0,05), відносно контрольного значення (табл. 6).

Виявлено, що за додаткового застосування пробіотика у раціоні птиці збільшується масу яйцепроводу та білкової частини яйцепроводу відповідно в 3-й групі на 50,0 % (P ≤ 0,05) і 4-й на 56,2 % (P ≤ 0,01) та у 4-й на 75,0 % (P ≤ 0,05) та 62,5 % (P ≤ 0,05), порівняно з контрольною групою.

Під час досліду проводили облік кормів ремонтного молодняку курок-несучок (табл. 7).

Таблиця 5

Вплив пробіотика на забійні показники птиці, x ± SD, n = 4

Маса, г	Група			
	1-контрольна	2-дослідна	3-дослідна	4-дослідна
Передзабійна жива маса	1152,0 ± 6,12	1220,8 ± 7,27***	1305,5 ± 6,34***	1310,3 ± 7,53***
Непатрана тушка	1119,3 ± 7,54	1160,3 ± 7,79**	1267,5 ± 5,20***	1272,5 ± 5,42***
Напівпатрана тушка	994,0 ± 8,04	1030,0 ± 6,12*	1094,8 ± 7,42***	1110,5 ± 4,11***
Патрана тушка	856,0 ± 6,72	906,3 ± 6,88**	980,3 ± 5,48***	986,0 ± 4,24***
Забійний вихід тушки, %	74,3 ± 0,42	74,2 ± 0,53	75,1 ± 0,37	75,3 ± 0,39

Таблиця 6

Вплив пробіотика на масу статевих органів ремонтного молодняку, x ± SD, n = 4

Маса, г	Група			
	1-контрольна	2-дослідна	3-дослідна	4-дослідна
Піхва	0,47 ± 0,012	0,49 ± 0,018	0,50 ± 0,014	0,51 ± 0,016
Матка	0,49 ± 0,019	0,48 ± 0,011	0,52 ± 0,021	0,50 ± 0,018
Яєчник (лівий)	0,66 ± 0,020	0,68 ± 0,019	0,70 ± 0,015	0,72 ± 0,011*
Яйцепровід	0,04 ± 0,006	0,05 ± 0,003	0,06 ± 0,004*	0,07 ± 0,005**
Білкова частина яйцепроводу	0,016 ± 0,003	0,019 ± 0,006	0,025 ± 0,002*	0,026 ± 0,004*

Таблиця 7

Витрати корму ремонтного молодняку курок-несучок

Група	Витрати кормів, кг		
	за період досліду	на одну голову	на 1 кг приросту
1-контрольна	18,93	126,2	1,19
2-дослідна	19,02	126,5	1,13
3-дослідна	19,14	128,2	1,08
4-дослідна	19,23	128,8	1,07

Встановлено, що використання у годівлі ремонтного молодняку курок-несучок досліджуваного пробіотика знижує витрати корму на 1 кг приросту птиці у 4-й групі на 10,0 %, проти контрольного значення.

Отримані результати досліджень пояснюються позитивним впливом пробіотика з бактерій *S. cerevisiae* на мікробіоценоз кишківника та синтез біологічно активних речовин, що посилює засвоєння поживних речовин корму, сприяє збільшенню росту та розвитку ремонтного молодняку курок-несучок.

Висновки

Виявлено, що використання пробіотичної добавки у годівлі ремонтного молодняку курок-несучок 4-ї групи підвищує живу масу на 12,1 % (P ≤ 0,001), абсолютний приріст на 13,5 % (P ≤ 0,001), середньодобовий на 13,9 % (P ≤ 0,01) та знижує витрати корму на 1 кг приросту на 10,0 %, відносно контрольних аналогів. За додаткового споживання пробіотика у птиці 4-ї групи обхват грудей збільшився на 6,4 % (P ≤ 0,01), ширина грудей на 24,4 % (P ≤ 0,001), глибина грудей на 10,5 % (P ≤ 0,01), ширина тазу на 8,2 % (P ≤ 0,05) та довжина кіля на 12,4 % (P ≤ 0,05), проти контролю. Застосування пробіотичної добавки у раціоні ремонтного молодняку курок-несучок підвищує передзабійну живу масу в 4-й групі на 13,7 % (P ≤ 0,001), масу непатраної тушки на 13,6 % (P ≤ 0,01), напівпатраної на 11,7 % (P ≤ 0,01) і патраної на 15,2 % (P ≤ 0,01), порівняно з контрольним показником. Встановлено, що за впливу пробіотика у птиці 4-ї групи збільшується маса лівого яєчника на 9,0 % (P ≤ 0,05), яйцепроводу на 75,0 % (P ≤ 0,05) та білкової частини на 62,5 % (P ≤ 0,05), проти контрольного зразка.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів.

References

Amiri, M. Y. A., Jafari, M. A., & Irani, M. (2021). Growth performance, internal organ traits, intestinal morphology, and microbial population of broiler chickens fed quinoa seed-based diets with phytase or protease supplements and their combination. Tropical

animal health and production, 53(6), 535. DOI: 10.1007/s11250-021-02980-0.

Bharathi, I. D., Ravikumar, R., & Latchumikanthan, A. (2023). Effect of probiotics supplementation on the growth performance of Japanese quail broilers (*Coturnix coturnix japonica*). The Pharma Innovation Journal, 12(5), 998–999. URL: https://www. thepharmajournal.com/archives/2023/vol12issue5/PartL/12-5-93-113.pdf.

Castanon, J. I. (2007). History of the use of antibiotic as growth promoters in European poultry feeds. Poultry science, 86(11), 2466–2471. DOI: 10.3382/ps.2007-00249.

Cherniy, N., Skvortsova, I., Gutyj, B., Mylostyvyi, R., & Voronyak, V. (2021). Influence of probiotic additive "Evitalia" on growth and blood indices of quails. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences, 23(104), 55–59. DOI: 10.32718/nvlvet10409.

Cirilo, E. H., Rohloff Junior, N., Andrade, T. S., Souza, C., Kaufmann, C., Kohler, T. L., Datsch, L. I., Vieira, B. S., Vargas Junior, J. G., Carvalho, P. L. O., Eyng, C., & Nunes, R. V. (2023). Effects of probiotics on blood metabolites, enterocytes, growth, and carcass characteristics of broilers challenged with Salmonella. Serovar Heidelberg, Livestock Science, 270, 105–188. DOI: 10.1016/j.livsci.2023.105188.

Ciurescu, C., Dumitru, M., & Sorescu, I. (2020). Effect of chickpea and probiotics on broiler chicks' performance and gut microflora populations. Journal of Animal Science and Biotechnology, 53(2), 1–7. URL: https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20203539408.

Darboe, A. K., Ambula, M. K., & King'ori, A. M. (2023). Effect of probiotics-treated moringa oleifera leaf meal in exotic layer diets on egg characteristics and consumer acceptability. World Journal of Food Science and Technology, 7(2), 35–40. DOI: 10.11648/j.wjfst.20230702.14.

Fesseha, H., Demlie, T., Mathewos, M., & Eshetu, E. (2021). Effect of *Lactobacillus* species probiotics on growth performance of dual-purpose chicken. Veterinary Medicine, 12, 75–83. DOI: 10.2147/vmrr.s300881.

Hadieva, G., Lutfullin, M., Pudova, D., Akosah, Y., Shagimardanova, E., Gogoleva, N., Sharipova, M., & Mardanova, A. (2021). Supplementation of Bacillus subtilis GM5 enhances broiler body weight gain and modulates cecal microbiota. 3 Biotech, 11(3), 126. DOI: 10.1007/s13205-020-02634-2.

Halder, N., Sunder, J., De, A. K., Bhattacharya, D., & Joardar, S. N. (2024). Probiotics in poultry: a comprehensive review. The Journal of Basic and Applied Zoology, 85, 23. DOI: 10.1186/s41936-024-00379-5.

Hidayat, R., Yunianto, V. D., Sukamto, B., & Sugiharto, S. (2021). Effect of dietary supplementation of probiotic, phytobiotics or their combination on performance, blood indices and jejunal morphology of laying hens during post peak production. Online Journal of Animal and Feed Research, 11(1), 8–12. DOI: 10.51227/ojafr.2021.2.

Huang, J. H. (2012). Effect of *Bacillus subtilis* on growth performance of broilers chicken. Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine, 2, 78–79.

Ibatullin, I. I., Zhukorskyi, O. M., & Bashchenko, I. (2017). Metodolohiia ta orhanizatsiia naukovykh doslidzhen u tvarynnytstvi [Methodology and organization of scientific research in animal husbandry]. Ahrarna Nauka: Kyiv, Ukrainian (in Ukrainian).

Krysiak, K., Konkol, D., & Korczyński, M. (2021). Overview of the Use of probiotics in poultry production. Animals, 11(6), 1620. DOI: 10.3390/ani11061620.

Kytaieva, D. V., & Petrov, R. V. (2020). The use of probiotics in the cultivation of turkeys. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies, 22 (100), 23–27. DOI: 10.32718/nvlvet10004.

Lan, L., Changcai, L., Huixiang, W., Hao, T., Zhe, C., Xufeng, D., Jiaxin, C., Zhengxing, L., Zhichao, W., Yuxia, M., & Min, R. (2025). Probiotic potential of enterococcus lactis in improving egg production and quality in quails during late egg-laying period. Poultry Science, 104(2), 104–765. DOI: 10.1016/j.psj.2025.104765.

Lokapirnasari, W.P., Dewi, A.R., Fathinah, A., Hidanah, S., Harijani, N, Soeharsono K. B., & Andriani A. D. (2017). Effect of probiotic supplementation on organic feed to alternative antibiotic growth promoter on production performance and economics analysis of quail. Veterinary World, 10(12), 1508–1514. DOI: 10.14202/vetworld.2017.1508-1514.

Mikulski, D., Jankowski, J., Mikulska, M., & Demey, V. (2020). Effects of dietary probiotic (Pediococcus acidilactici) supplementation on productive performance, egg quality, and body composition in laying hens fed diets varying in energy density. Poultry science, 99(4), 2275–2285. DOI: 10.1016/j.psj.2019.11.046.

Mörschbächer, A. P., Berghahn, E., Shibuya, F. Y., Cardoso, M. L., Ulguim, G. K., de Freitas Michelon, N., Torgeski, N., Vivian, T. P., Wissmann, D., de Camargo, F. C. L. S., de Andrade, G. M., Sturza, D. A. F., Dos Santos, H. F., Dilkin, P., Timmers, L. F. S. M., & Granada, C. E. (2023). Feeding laying hens with lactobacilli improves internal egg quality and animal health. World journal of microbiology & biotechnology, 40(1), 5. DOI: 10.1007/s11274-023-03820-z.

Neveling, D. P., & Dicks, L. M. T. (2021). Probiotics: an Antibiotic Replacement Strategy for Healthy Broilers and Productive Rearing. Probiotics and antimicrobial proteins, 13(1), 1–11. DOI: 10.1007/s12602-020-09640-z.

Poberezhets, J. M., Yaropud, V. M., Kupchuk, I. M., Kolechko, A. V., Rutkevych, V. S., Hraniak, V. F., Burlaka, S. A., & Voitsitskyi, O. V. (2023). Effectiveness of using a feed additive from Saccharomyces cerevisiae culture in feeding broiler chickens. Regulatory Mechanisms in Biosystems, 14(3), 354–357. DOI: 10.15421/022352.

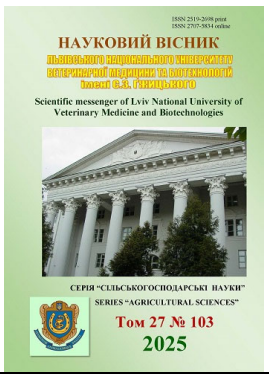
Poberezhets, J., Chudak, R., Kupchuk, I., Yaropud, V., & Rutkevych, V. (2021). Effect of probiotic supplement on nutrient digestibility and production traits on broiler chicken. Agraarteadus, 32(2), 296–302. DOI: 10.15159/jas.21.28.

Poberezhets, J., Gutyj, B., Yaremchuk, O., Chudak, R., Farionik, T., Razanova, O., & Skoromna, O. (2022). Effectiveness of mineral supplementing productivity and hematological parameters of meat quails. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences, 24(105), 23–29. DOI: 10.32718/nvlvet10504.

Rudenko, V. M. (2012). Matematychna statystyka. Center for Educational Literature: Kyiv, Ukrainian, 234–245 (in Ukrainian).

Wang, X., Jian, H., Zhao, W., Li, J., Zou, X., & Dong X. (2023). Effects of dietary Bacillus coagulans on the productive performance, egg quality, serum parameters, and intestinal morphology of laying hens during the late laying period. Italian Journal of Animal Science, 22(1), 95–105. DOI: 10.1080/1828051X.2022.2163931.

Yalçin, S., Yalçin, S., Cakin, K., Eltan, O., & Dağaşan, L. (2010). Effects of dietary yeast autolysate (Saccharomyces cerevisiae) on performance, egg traits, egg cholesterol content, egg yolk fatty acid composition and humoral immune response of laying hens. Journal of the science of food and agriculture, 90(10), 1695–1701. DOI: 10.1002/jsfa.4004.



Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького. Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences

ISSN 2519–2698 print
ISSN 2707-5834 online

doi: 10.32718/nvlvet-a10315
https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture

UDC 636.294:636.083.31:591.1: 591.2

Chemical and mineral composition of antlers and bones of red deer (*Cervus elaphus*) reared under Volyn conditions

R. V. Hunchak[1]✉, I. V. Vudmaska[1], V. M. Hunchak[2], M. P. Soltys[2]

[1]*Institute of Animal Biology of NAAS of Ukraine, Lviv, Ukraine*
[2]*Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, Lviv, Ukraine*

Article info

Received 30.06.2025
Received in revised form 31.07.2025
Accepted 01.08.2025

Institute of Animal Biology, NAAS of Ukraine, V. Stus Str., 38, Lviv, 79034, Ukraine.
Tel.: +38-096-238-90-33
E-mail: roman.hunchak@gmail.com

Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv, Pekarska Str., 50, Lviv, 79010, Ukraine.

Hunchak, R. V., Vudmaska, I. V., Hunchak, V. M., & Soltys, M. P. (2025). Chemical and mineral composition of antlers and bones of red deer (Cervus elaphus) reared under volyn conditions. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 27(103), 127–134. doi: 10.32718/nvlvet-a10315

This article presents the results of studies on the content of major minerals in antlers and selected bones (cranial, costal) of the skeleton of red deer (Cervus elaphus). The chemical and macroelement composition was determined in the antlers of male deer from three populations (English, Hungarian, and Latvian crossbreed), which were reared at the specialized farm "Amila" in Volyn. For the study, the first antlers of young deer (aged 1–2 years) and ossified antler beams of males aged 6–7 years were examined. For comparison, similar analyses were conducted on available biomaterial from deer maintained in an enclosure with extensive grazing areas (over 2000 ha). The study revealed that the chemical composition of deer bones varied depending on rearing conditions. The proportion of organic matter in the cranial bone of animals kept on the farm tended to be higher than that of deer maintained under semi-free conditions. In the costal bone, the concentration of organic substances was greater than in enclosure-reared deer. The lowest moisture content was observed in cranial bone. The fat content in the first antlers of young deer of the English population was 45.9 % higher compared to Latvian crossbreed animals. Regarding crude protein levels in antlers, Hungarian and Latvian crossbreed deer showed higher values, while the English population exhibited the highest ash content. When comparing the chemical composition of antlers between young and older males, it was found that fat levels in the antler tissue of 1–2-year-old English and Hungarian deer were higher than in 6–7-year-old males by 17.4 % and 45.6 %, respectively. Young Latvian crossbreed deer demonstrated a 5.6 % higher level of total ash. The weight of antlers, as well as the concentration of certain minerals, showed considerable variation among individuals and was largely influenced by age and living conditions. The total weight of antlers in 6–7-year-old animals (English population) kept under semi-free enclosure conditions averaged 4260 g, which was 194 g (4.7 %) more than in farm-reared animals. The heaviest antlers were observed in Latvian crossbreed deer, while the lightest were found in males of the Hungarian population. It was established that the concentration of calcium and phosphorus ions in ossified antlers of 6–7-year-old deer ranged from 160.4 to 180.7 g/kg and from 76.7 to 80.84 g/kg of wet weight, respectively. Both calcium and phosphorus levels were the highest in Latvian crossbreed deer and the lowest in the Hungarian population. The weight of the first antlers of young male deer ranged from 588.4 to 644.6 g. It was confirmed that the content of calcium and phosphorus in antlers decreased with age. Their concentrations in the antlers of 1–2-year-old males were 31.4 % and 37.6 % higher, respectively, compared to ossified antlers of 6–7-year-old males. In addition, the concentrations of other studied elements, particularly Mg, Na, and S, decreased with age, whereas potassium (K) increased. The calcium ion content in ossified antlers was higher than in cranial bone, while phosphorus was lower. The levels of other analyzed minerals (Mg, Na, K, S) were relatively similar.

Keywords: *red deer, mineral metabolism.*

Хімічний та мінеральний склад пантів і кісток благородних оленів (*Cervus elaphus*) вирощених в умовах Волині

Р. В. Гунчак[1]✉, І. В. Вудмаска[1], В. М. Гунчак[2], М. П. Солтис[2]

[1]*Інститут біології тварин НААН України, м. Львів, Україна*
[2]*Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Ґжицького, м. Львів, Україна*

У статті подано результати досліджень вмісту основних мінералів у пантах та окремих кістках (черепна, реберна) скелету оленя благородного (Cervus elaphus). Хімічний та макроелементний склад визначено в рогах самців-оленів трьох популяцій (англійська, угорська і латвійський кросбрід), що вирощувались в умовах спеціалізованої ферми "Аміла" на Волині. Для дослідження використано перші панти молодих оленів (вік 1–2 роки) й окостенілі рогові відростки самців 6–7-річного віку. Для порівняння проведено аналогічні дослідження наявного біоматеріалу від оленів, які утримувалися у вольєрі зі значними площами вигулу (понад 2000 га). У процесі досліджень встановлено, що хімічний склад кісток скелету оленів, за різних умов проживання, дещо різнився. Вміст органічної складової в черепній кістці тварин, які утримувались в умовах ферми був тенденційно вищим, ніж в оленів за напіввільного вирощування. У реберній кістці концентрація органічних речовин була більшою, ніж в оленів вольєру. Найнижчий вміст вологи відзначено в кістці черепа. Рівень жирової компоненти в перших рогах молодих оленів англійської популяції був на 45,9 % вищим, ніж у тварин латвійського кросбріду. За рівнем сирого протеїну в пантах перевагу мали олені угорської популяції та латвійського кросбріду, а за вмістом загальної золи – тварини англійської популяції. За порівняння хімічного складу пантів молодих самців і тварин у старшому віці було з'ясовано, що вміст жиру в роговій тканині 1–2-річних оленів англійської й угорської популяції був вищим порівняно з тваринами 6–7-річного віку на 17,4 і 45,6 %. У молодих оленів латвійського кросбріду встановлено більший на 5,6 % рівень золи загальної. Вага рогів, як і вміст окремих досліджуваних мінералів, мали суттєві відхилення в окремих індивідуумів і залежали, більшою мірою, від віку оленів та умов проживання. Загальна вага пантів тварин 6–7-річного віку (англійська популяція), що утримувалися в напіввільних умовах вольєра знаходилась у межах 4260 г, що було на 194 г або 4,7 % більше, ніж у тварин фермерського господарства. Найважчими, за масою, були рогові відростки оленів латвійського кросбріду, а найлегші – у самців угорської популяції. Встановлено, що концентрація іонів Ca і P в окостенілих пантах 6–7-річних оленів коливалась в межах 160,4–180,7 г/кг та 76,7–80,84 г/кг сирої маси відповідно. При цьому і за Ca, і за P найвищою вона була в оленів латвійського кросбріду, а найнижчою – у тварин угорської популяції. Вага перших рогів молодих самців оленів коливалася в межах 588,4-644,6 г. Підтверджено, що вміст Ca і P в пантах оленів з віком зменшувався. Концентрація останніх в рогах самців-оленів 1–2-річного віку була на 31,4 і 37,6 % більшою, ніж в окостенілих рогах самців 6–7-річного віку. Крім того, встановлено, що концентрація інших досліджуваних елементів, зокрема Mg, Na і S з віком зменшувалась, а K – навпаки – зростала. Уміст іонів Ca в окостенілих рогах оленів був більшим, ніж в кістці черепа, а P – навпаки, меншим. Рівень інших досліджуваних мінералів (Mg, Na, K, S) був відносно подібним.

Ключові слова: *олень благородний, мінеральний обмін.*

Вступ

Оленям для фізіологічного росту, розвитку та функціонування всіх органів і систем організму необхідна відповідна кількість мінеральних речовин. Частина з них виводиться разом із секретами та екскрементами, тоді як інші можуть накопичуватися й використовуватися організмом у разі нестачі поживних речовин. Такий дефіцит у макро- і мікроелементах часто спостерігається під час вагітності, лактації, при виснаженні, захворюваннях, травмах, линьці тощо (Gómez et al., 2008; 2013). Проблема мінерального живлення в цього виду диких тварин є особливо актуальною під час росту рогів, адже ця тканина формується дуже швидко й потребує значного перенесення мінералів із кісткової системи через кровотік у роги. А отже, завдяки безперервним процесам біомінералізації, кісткова тканина оленя зазнає адаптивного ремоделювання протягом усього життя (Gómez et al., 2008; Landete-Castillejos et al., 2010; Tajchman et al., 2020). Макроелементи (Ca, P, Mg, K, Na) а також мікроелементи (Li, Cr, Mn, Co, Cu, Zn, Se, Mo, Sn) мають величезний вплив на повноцінний розвиток скелетної системи тварин. Їх дефіцит може послабити або навіть призупинити процеси росту і розвитку тварин, послабити імунну систему, затримати статеву зрілість, призвести до підвищення крихкості кісток, спричинити прояви остеохондрозу чи остеопорозу тощо (Audigé et al., 1995; Georgievskii et al., 2013).

Належна концентрація елементів є особливо важливою в молодих тварин і старих оленів, які мають специфічні потреби у поживних і мінеральних речовинах під час розвитку рогів (Landete-Castillejos et al., 2007). Адже вважають, що перші роги формуються зі швидкістю приблизно 1,95 ± 0,05 см на тиждень і досягають повної зрілості протягом 14 тижнів (Gómez et al., 2008). Та й саме зростання молодих особин найінтенсивніше відбувається від народження до року життя, а в наступні чотири роки темпи росту помітно знижуються (Zannèse et al., 2006; Gómez et al., 2022).

Кісткова тканина є основною частиною скелету, а основна функція кісткової тканини, як частини скелета – це опорна: вона надає тілу опору, форму, захищає внутрішні органи від пошкоджень, а також забезпечує можливість руху. Крім того, кісткова тканина виконує метаболічні функції, такі як накопичення мінеральних солей та кровотворення у кістковому мозку (Olguin et al., 2013). За відсутності можливості синтезуватися в організмі – макро- і мікроелементи мають обов'язково надходити з кормом для підтримання мінеральних запасів (Tajchman et al., 2022).

Важливим у процесі забезпечення організму мінералами є умови проживання оленів. Дикі олені, або ті що вирощуються в умовах значних за площею вольєрів, на відміну від тварин, які утримуються в загорожах фермерських господарств, мають можливість споживати різні види лісових та окультурених рослин, отже й по різному компенсувати нестачу пожив-

них і мінеральних речовин, необхідних їм для нормального росту і забезпечення відповідних метаболічних процесів (Janiszewski & Szczepanski, 2001; Ceacero et al., 2009). Випасання тварин на пасовищах не завжди може забезпечити їх потребу в мінералах, оскільки тут, як правило, обмежене різноманіття трав і рослин (Mattiello, 2009). При цьому, вважається, що нестача мінералів в оленів за вирощування в умовах ферм є критично важливою, оскільки можливість вибору кормів для задоволення потреб у макро - і мікроелементах суттєво зменшується – через це вони, за цих умов вирощування, більш схильні до дефіциту мінералів або їх дисбалансу. Проблема мінерального живлення у таких диких тварин є актуальною але водночас розв'язувана через можливості нормувати поступлення мінералів в їх організм. Олені за вирощування їх на спеціалізованих фермах отримують корм і воду з контрольованого середовища. Тварини, за цих умов, мають доступ до постійних пасовищ і годуються збалансованими кормами. Основні принципи мінерального живлення екзотичних жуйних тварин описані у наукових публікаціях (Muir et al., 1987; Wilson & Grace 2001; Grace & Wilson, 2002). При цьому необхідно враховувати певну особливість в оленів. Оскільки швидкість росту рогів у них у 2–3 рази є вищою ніж кісток скелету, роль мінералів за антлерогенезу є особливо важливою. Роги – особливий тип кісток, що ростуть з лобової кістки на голові самця оленя і позбавлені рогової речовини. Вони швидко ростуть, і скидаються щороку, тому повинні набирати вагу за дуже короткий час (Gaspar-López et al., 2008; Gómez et al., 2013). Роги в оленячих спочатку ростуть як м'які тканини, пізніше відбувається диференціація з послідовним розвитком відростка від верхівки до основи (Kay et al., 1982). Згодом ріг твердіє, кісткова тканина мінералізується та васкуляризується. При цьому превалюють процеси демінералізації скелету (Kirk, 2016).

Хімічний склад рога відображає раціон тварин в недавньому минулому, а склад внутрішніх кісток – увесь цикл мінерального живлення. Вважається, що вплив макро - і мікроелементів на властивості кісток є важливішим, ніж на роги (Currey, 2002).

Мета дослідження

Метою роботи було з'ясувати повноцінність мінерального живлення оленів, які вирощуються в умовах конкретної ферми, шляхом визначення рівня елементів у їх кістках (череп, ребра, роги).

Матеріал і методи досліджень

Для дослідження використано біоматеріал оленів, що утримувалися в умовах ферми і вольєру в Ковельському районі на Волині. Господарство "Аміла" спеціалізується на вирощуванні оленів різної популяції (англійська, угорська, латвійський кросбрід) упродовж останніх 8-ми років. Приблизно 10–15 % молодих самців і самок оленів з ферми щорічно переводиться в організований вольєр (площа загорожі 2000 га).

Фрагментом цього етапу досліджень було вивчення хімічного і мінерального складу рогів (пантів) та окремих кісток (черепна, реберна) оленів. Відповідно до завдань було відібрано скинуті роги самців оленів різної популяції 1–2 і 6–7-річного віку (n = 3). Біоматеріалом служила стружка, отримана після дрелювання рогу (4–5 см від основи рогового відростка). Відібрані перші роги молодих оленів і вже повністю окостенілі рогові відростки старших тварин стали предметом дослідження їх хімічного складу (вмісту сухої речовини, сирого протеїну, жирів і загальної золи) та рівня мінералів.

Роги в оленів це кістка, що росте з черепа, через що цікавим, на нашу думку, було вивчити особливості мінерального складу саме черепної кістки. Її, як і реберні кістки, відбирали у тварин після забою. Зразки цього біоматеріалу отримували шляхом збору кісткової стружки, утвореної після свердління (черепна кістка – за 2–3 см від основи черепа; реберна – в ділянці мечоподібного відростка).

Суху масу рогів і кісток, яку отримували після нагрівання в сушильній шафі (60 °C, 72 год.), після зважування на аналітичних вагах, поміщали у муфельну піч на 6 год (480 °C). Вміст золи визначали як частку від ділення отриманої таким чином золи на суху масу (Landete-Castillejos et al., 2010).

Визначення концентрації основних мінералів в кістках та рогах оленів (Ca, P, Mg, K, Na і S) проводили в Інституті біології тварин НААН України методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії на приладі С-115 ПК. Біологічні зразки попередньо мінералізували шляхом сухого озолення з наступною кислотною екстракцією. Спалювання зразків проводили у муфельній печі за температури 450°C. Пробу озолювали впродовж 10-15 год. до отримання золи білого чи блідо-рожевого кольору (без обвуглених частинок), яку розчиняли в невеликій кількості хлористоводневої кислоти (Vlizlo et al., 2012).

Експерименти на тваринах проводили відповідно до правил Європейської конвенції про захист хребетних тварин, що використовуються в експериментах і для інших наукових цілей (ETS №123. Страсбург, 1986).

Оленів, що утримувались в умовах вольєру іммобілізували з використанням препарату Ксила (0,3–0,4 мг/кг м.т.), а самі роги у тварин зрізали за допомогою нешвидкісної електропилки.

Результати та їх обговорення

Формування кісткової тканини в організмі оленів відбувається на першій стадії їхнього розвитку а макро - і мікроелементи є важливими структурними компонентами кісток. Загальновідомо, що хімічний склад пантів, як особливого виду кісткової тканини, визначається генетичними особливостями цього виду диких тварин, та відображає їх раціон живлення. Нами у процесі досліджень встановлено, що хімічний склад кісток скелету в оленів, за різних умов проживання, дещо різнився. Так, уміст органічної складової в черепній кістці тварин, які утримувалися

в умовах ферми, був тенденційно вищим, ніж в оленів за напіввільного вирощування (вольєрне утримання). Стосовно ребер, то даний показник був більшим на 2,3 % в оленів вольєру. Найнижчим вміст вологи був в оленів в кістках черепа, у порівнянні з показниками в інших досліджуваних нами кістках (табл. 1).

Досліджуючи хімічний склад перших пантів у молодих оленів з'ясовано, що він мав певні коливання і залежав від популяції тварин (табл. 2).

Відсотковий уміст сухої речовини і сирого протеїну був найбільшим в оленів угорської популяції. Стосовно рівня жирової компоненти то вона була вищою на 45,9 % в оленів англійської популяції, ніж у тварин латвійського кросбріду. Уміст золи мав найнижчий рівень у фермерських оленів англійської популяції.

Хімічний склад повністю окостенілих оленів 6–7-річного віку характеризувався тим, що вміст сухої речовини був практично подібним в оленів усіх досліджуваних груп (табл. 3).

Таблиця 1

Хімічний склад кісток в оленя за різних умов утримання (M ± m, n = 3)

Показник	Ферма		Вольєр	
	Вид кістки			
	черепна	реберна	черепна	реберна
Вміст води, %	10,44 ± 0,60	16,8 ± 0,44	12,28 ± 0,54	14,4 ± 0,82
Органічна частина, %	56,4 ± 2,12	52,8 ± 3,88	54,2 ± 4,66	55,8 ± 4,12
Неорганічна частина,%	43,6 ± 3,82	47,2 ± 4,80	45,8 ± 3,92	44,2 ± 5,08

Таблиця 2

Хімічний склад перших рогів оленів (1–2 роки) (M ± m, n = 3)

Показник	Різновиди оленів		
	Англійська популяція (ферма)	Угорська популяція (ферма)	Латвійський кросбрід (ферма)
Суха речовина (%)	87,16 ± 10,08	90,42 ± 8,84	88,60 ± 11,44
Сирий протеїн (%)	30,12 ± 4,12	34,14 ± 6,28	36,08 ± 6,06
Жири (%)	5,66 ± 0,88	4,60 ± 0,64	3,88 ± 0,60
Зола загальна (%)	60,62 ± 8,12	64,74 ± 8,20	65,16 ± 6,82

Таблиця 3

Хімічний склад рогів в оленів 6–7-річного віку різних популяцій (M ± m, n = 3)

Показник	Різновиди оленів			
	Англійська популяція (ферма)	Угорська популяція (ферма)	Латвійський кросбрід (ферма)	Англійська популяція (вольєр)
Суха речовина (%)	90,22 ± 7,46	91,24 ± 12,44	92,02 ± 8,82	90,88 ± 11,42
Сирий протеїн (%)	30,24 ± 6,82	33,12 ± 8,88	34,16 ± 10,44	32,28 ± 7,66
Жири (%)	4,82 ± 0,68	3,16 ± 0,42	3,88 ± 0,44	4,08 ± 0,54
Зола загальна (%)	60,16 ± 6,16	63,44 ± 5,88	61,82 ± 8,12	64,82 ± 10,46

За рівнем сирого протеїну в пантах перевагу мали олені угорської популяції і латвійського кросбріду, а за вмістом загального жиру – тварини англійської популяції. В останніх найнижчим був рівень золи в рогах.

За порівняння хімічного складу перших пантів молодих самців оленів і тварин у старшому віці було з'ясовано, що досліджувані показники дещо відрізнялися. Відзначено, що вміст жиру в роговій тканині молодих оленів англійської та угорської популяції був вищим порівняно з тваринами 6–7-річного віку на 17,4 і 45,6 %. У одно-двохрічних оленів латвійського кросбріду – більшим на 5,4 % був відсоток золи загальної. У тварин, які утримувалися в напіввільних умовах вольєру порівняно з фермерськими тваринами вміст золи був більшим.

Встановлено значні відхилення у показниках вмісту мінеральних речовин в рогах окремих тварин, що є, очевидно, результатом різної структури цього виду кісткової тканини та обумовлено особливостями біотрансформації цих мінералів. Вага рогів, як і вміст окремих біоелементів мав суттєві відхилення в окремих індивідуумів і залежав від віку оленів, умов утримання і, меншою мірою, від популяції (табл. 4).

Нами визначено вагу рогів та їх мінеральний склад оленів 6–7-річного віку, які мали по 6–10 рогових відростків у перших рогах молодих самців-оленів.

З'ясовано, що маса окостенілих рогів була найбільшою у тварин англійської популяції, які утримувалися у напіввільних умовах і становила 4260 г, що було на 194 г або 4,7 % більше, ніж у тварин фермерського господарства. За визначення маси рогів в оленів окремих популяцій встановлено, що найважчими вони були в оленів латвійського кросбріду, а найлегшими – у самців угорської популяції.

Таблиця 4
Концентрація макроелементів у багатовідросткових рогах оленів 6–7-річного віку (M ± m, n = 3)

Показник	Англійська популяція (ферма)	Угорська популяція (ферма)	Латвійський кросбрід (ферма)	Англійська популяція (вольєр)
Вага рогів (г)	4066,4 ± 168,4	3960,8 ± 152,8	4120,66 ± 184,6	4260,42 ± 180,64
Ca (мг/кг)	178,40 ± 12,12	160,40 ± 10,82	180,76 ± 4,28	169,46 ± 13,16
P (мг/кг)	80,12 ± 5,88	76,4 ± 8,90	80,84 ± 5,66	80,46 ± 9,64
Mg (мг) кг	3,75 ± 0,22	3,32 ± 0,38	3,46 ± 0,24	3,26 ± 0,40
K (г/кг)	0,466 ± 0,022	0,426 ± 0,036	0,488 ± 0,020	0,490 ± 0,022
Na (мг/кг)	5,71 ± 0,54	5,12 ± 0,48	6,12 ± 0,32	5,34 ± 0,44
S (мг/кг)	0,513 ± 0,04	0,464 ± 0,08	0,490 ± 0,06	0,560 ± 0,06
Ca/P	2,23	2,10	2,23	2,10

Концентрація мінеральних речовин у пантах оленів є визначальним чинником їх міцності. Уміст мінералів напряму залежить від поступлення з кормом і, очевидно, визначається стадією розвитку рогового відростка. У процесі досліджень встановлено, що в окостенілих пантах зрілих за віком благородних оленів мінеральна частина в значних кількостях представлена іонами Ca та P. Так, концентрація останніх в рогах цього виду копитних коливалась, залежно від популяції, від 160,40 до 180,7 мг/кг та від 76,4 до 80,84 мг/кг сирої маси відповідно. При цьому за вмістом Кальцію і Фосфору найвищим показник був в оленів латвійського кросбріду, а найнижчою – у тварин угорської популяції. Визначений нами коефіцієнт співвідношення Ca:P не мав значущої різниці, але в цілому, був таким, що визначав кальцій-фосфорний обмін як такий, що здатний задовільнити підвищені потреби в мінералах.

На думку окремих науковців, Магній може бути своєрідним будівельним матеріалом при формуванні рогової кістки (Kuba, 2014). Завдяки здатності діяти як двовалентний катіон та можливості утворювати солі з фосфатами, Mg може компенсувати дефіцит Ca в організмі у момент критичної необхідності (за умови неможливості покрити потребу макроелементів через корм) (Tajchman et al., 2021). Аналізуючи вміст іонів Mg в рогах благородних оленів, що вирощувались у фермерському господарстві “Аміла” та утримувались в умовах вольєру було з’ясовано, що концентрація елемента в досліджуваному матеріалі була достатньо високою (3,26–3,75 мг/кг). При цьому в оленів англійської популяції найбільший вміст Mg виявлено у рогах тварин, відібраних на фермі, а найнижчою – відібраних в умовах вольєру.

Калій і Натрій є одними з найбільш лімітованих елементів диких копитних тварин. Вони мусять поступати в організм оленів, особливо тих, що вирощуються на фермах, у вигляді мінеральних добавок, оскільки вміст цих мінералів в рослинах і ґрунтах є невеликим (Grace et al., 2008). Важливим є розуміння того, що Калію відводиться особлива роль в метаболізмі мінеральних речовин. Від його забезпеченості залежать втрати іонів Ca з сечею та ріст рогів шляхом мобілізації Ca зі скелету (Raferty et al., 2005; Nowicka et al., 2006). Визначений нами рівень іонів Na і K в пантах оленів знаходився в межах референтних величин для цього виду диких копитних тварин і не мав суттєвих відхилень у тварин різних популяцій та за різних умов утримання.

Уміст в рогах Сульфуру був найвищим в оленів англійською популяції, які перебували в напіввільних умовах утримання і мали широкий доступ до багатогранної фауни лісових масивів.

За подібною схемою було досліджено вагу та хімічний склад рогів молодих самців оленів (табл. 5).

Таблиця 5
Вміст мінералів в рогах оленів 1-2 річного віку (M ± m, n = 3)

Показник	Різновиди оленів		
	Англійська популяція	Угорська популяція	Латвійський кросбрід
Вага рогів (г)	644,6 ± 36,8	630,4 ± 30,8	588,4 ± 48,4
Ca (г/кг)	349,44 ± 7,64	248,7 ± 10,12	235,12 ± 9,96
P (г/кг)	110,28 ± 6,62	120,64 ± 10,14	105,16 ± 12,24
Na (г/кг)	4,82 ± 0,66	5,66 ± 0,48	5,16 ± 0,66
Mg (г/кг)	3,60 ± 0,28	4,42 ± 0,64	4,20 ± 0,50
K (г/кг)	0,642 ± 0,08	0,528 ± 0,14	0,670 ± 0,08
S (г/кг)	0,540 ± 0,04	0,624 ± 0,06	0,498 ± 0,06
Ca/P	2,13	2,06	2,24

Закономірно, що наявний лише один роговий відросток в молодих тварин мав меншу, порівняно зі старшими тваринами, вагу. Вона коливалась в межах 588,4–644,6 г. При цьому найважчими такі роги були у самців англійської популяції, а найлегші – латвійського кросбріду.

Концентрація іонів Ca і P в роговій кістці та співвідношення Ca/P мали у тварин різних популяцій значні відхилення але, в цілому, відповідали вимогам щодо вмісту цих елементів. При цьому нами було підтверджено дані багатьох дослідників, що з віком вміст Ca і P в пантах зменшується. За нашими

дослідженнями концентрація останніх в рогах молодих оленів англійської популяції, порівняно з аналогічним показником рогів 6–7-річних оленів була більшою на 31,4 і 37,6 % відповідно. У не до кінця окостенілих пантах молодих самців оленів, зокрема угорської популяції і латвійського кросбріду, більшою була й концентрація іонів Магнію та Калію.

За визначення вмісту в досліджуваному матеріалі Натрію було встановлено, що цей елемент присутній у роговій тканині в достатньо високій кількості, однак порівняно з багатовідростковими рогами оленів 6–7-річного віку його концентрація була меншою. Зокрема, рівень Na в пантах молодих оленів англійської популяції був меншим на 15,6 %.

Уміст Сульфуру в рогах молодих оленів, як і окостенілих пантах старших тварин, мав значні коливання як в окремих індивідуумів так і в тварин різних популяцій.

Підсумовуючи цю частину досліджень можна стверджувати, що рівень мінеральних елементів у рогах оленів був достатнім для забезпечення росту рогової тканини. При цьому відзначено, що із збільшенням віку тварин і ваги рогів концентрація іонів Ca, P, Mg, Na зменшувалася, а K, навпаки – зростала.

За літературними даними є припущення, що в оленів активно проходять демінералізація скелета, щоб задовольнити зростаючі потреби росту рогів (Picavet & Balligand, 2016). Швидкість росту рогів оленя благородного є високою (Currey, 2002), що спричиняє активне використання мінералів зі скелету, що, в свою чергу, відображає залежність від поступлення біоелементів ззовні.

Нами вивчено вміст основних мінералів в кістках оленя, зокрема черепній, оскільки роги в них ростуть із черепа. Для порівняння в дослідженнях було використано і реберну кістку.

На табл. 6 подано результати щодо вмісту основних макроелементів у 2-х видах кісток.

Таблиця 6

Рівень мінералів в кістках 6–7-річних оленів англійської популяції за різних умов утримання (M ± m, n = 3)

Показник	Ферма		Вольєр	
	Вид кістки			
	черепна	реберна	черепна	реберна
Ca (г/кг)	145,4 ± 24,12	160,6 ± 20,2	150,24 ± 14,7	164,4 ± 24,2
P (г/кг)	83,4 ± 7,2	79,4 ± 5,8	85,2 ± 11,2	77,6 ± 7,7
Ca/P	1,74 ± 0,22	2,02 ± 0,18	1,76 ± 0,20	2,12 ± 0,08
K (г/кг)	0,44 ± 0,02	0,52 ± 0,06	0,60 ± 0,04	0,58 ± 0,04
Na (г/кг)	5,34 ± 0,30	6,72 ± 0,28	5,56 ± 0,34	6,26 ± 0,40
Mg (г/кг)	3,12 ± 0,40	3,82 ± 0,22	3,44 ± 0,30	4,40 ± 0,18
S (г/кг)	0,32 ± 0,07	0,46 ± 0,06	0,39 ± 0,01	0,52 ± 0,05

Як результат дослідження було встановлено, що вміст іонів Ca в черепній кістці, порівняно з аналогічним показником в роговому відростку, був на 18,3 % меншим. При цьому рівень P тут був на 4,1 % більшим. На підвищене використання в процесі росту рогів Ca та іммобілізацію його зі скелету вказує зниження кальцій-фосфорного співвідношення до 1,74.

У реберній кістці відхилення в концентрації Ca і P, порівняно з пантами, були незначними. Концентрація іонів Mg в рогах і досліджуваних кістках була, приблизно, рівною.

Таким чином, отримані нами результати щодо макроелементного статусу благородних оленів підтверджують повідомлення багатьох науковців, що вміст мінералів у кістковій тканині цих диких копитних тварин визначають не тільки географічне положення, фізична активність, середовище міграції але й вік, порода, статус годівлі тощо. В оленів, що утримувались в напіввільних умовах вольєра, очевидно через більше фізіологічне навантаження, можливість мобілізації достатньої кількості мінералів зі скелету і раціону є меншою, що накладає свій вплив на ріст рогів. Маса рогів і кількість рогових відростків, очевидно, прямо не залежить від мінерального живлення тварин. Олені, на думку окремих вчених (Tajchman et al., 2020; 2022), здатні оцінювати потребу в біоелементах, визначати їх наявність або вміст в кормах і моделювати споживання, щоб задовольнити вимогу саме у тих мінералах, які на даний момент вкрай необхідні. Подібну думку висловлює і Dryden G. M. (2016). За його повідомленням поглинання мінералів зростає у процесі активного росту рогів і зменшується коли потреба в них є мінімальною (Dryden, 2016).

Висновки

1. Зі збільшенням віку самців оленів і ваги рогів концентрація Ca, P, Mg і Na в пантах зменшується, а K – зростає.

2. Вміст Ca в окостенілих рогах оленів є вищим, ніж у черепній кістці, а P – навпаки, нижчим. Рівень інших досліджуваних елементів (Mg, Na, K, S) є відносно подібним.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів.

References

Audigé, L., Wilson, P. R., Morris, R. S., & Davidson, G. W. (1995). Osteochondrosis, skeletal abnormalities and enzootic ataxia associated with copper deficiency

in a farmed red deer (Cervus elaphus) herd. New Zealand veterinary journal, 43(2), 70–76. DOI: 10.1080/00480169.1995.35852.

Ceacero, F., Landete-Castillejos, T., García, A. J., Estévez, J. A., Martinez, A., Calatayud, A., Gaspar-López, E., & Gallego, L. (2009). Free-choice mineral consumption in Iberian red deer (Cervus elaphus hispanicus) response to diet deficiencies. Livestock Science, 122(2-3), 345–348. DOI: 10.1016/j.livsci.2008.08.002.

Currey, J. D. (2002). Bones: structure and mechanics. Princeton: Princeton University Press. URL: https://books.google.com.ua/books/about/Bones.html?id=2jYsJhxiNWQC&redir_esc=y.

Dryden, G. M. (2016). Nutrition of antler growth in deer. Animal Production Science, 56(6), 962. DOI: 10.1071/an15051.

Gaspar-López, E., Landete-Castillejos, T., Gallego, L., & García, A. J. (2008). Antler growth rate in yearling Iberian red deer (Cervus elaphus hispanicus). European Journal of Wildlife Research, 54(4), 753–755. DOI: 10.1007/s10344-008-0185-8.

Georgievskii, V. I., Annenkov, B. N., & Samokhin, V. T. (2013). Mineral Nutrition of Animals: Studies in the Agricultural and Food Sciences. Elsevier Science & Technology Books. URL: https://shop.elsevier.com/books/mineral-nutrition-of-animals/georgievskii/978-0-408-10770-9.

Gómez, J. Á., Pérez-Barbería, J., García, A. J., Cappelli, J., Chonco, L., Ceacero, F., Pérez-Serrano, M., & Landete-Castillejos, T. (2022). Factors affecting antler growth period and casting date in red deer. Journal of Mammalogy, 103(1), 169–177. DOI: 10.1093/jmammal/gyab097.

Gómez, J., Landete-Castillejos, T., García, A. J., Gaspar-López, E., Estevez, J. A., & Gallego, L. (2008). Lactation growth influences mineral composition of first antler in Iberian red deer Cervus elaphus hispanicus. Wildlife Biology, 14(3), 331–338. DOI: 10.2981/0909-6396(2008)14[331:lgimco]2.0.co;2.

Gomez, S., Garcia, A. J., Luna, S., Kierdorf, U., Kierdorf, H., Gallego, L., & Landete-Castillejos, T. (2013). Labeling studies on cortical bone formation in the antlers of red deer (Cervus elaphus). Bone, 52(1), 506–515. DOI: 10.1016/j.bone.2012.09.015.

Grace, N. D., & Wilson, P. R. (2002). Trace element metabolism, dietary requirements, diagnosis and prevention of deficiencies in deer. New Zealand veterinary journal, 50(6), 252–259. DOI: 10.1080/00480169.2002.36321.

Grace, N. D., Castillo-Alcala, F., & Wilson, P. R. (2008). Amounts and distribution of mineral elements associated with liveweight gains of grazing red deer(Cervus elaphus). New Zealand Journal of Agricultural Research, 51(4), 439–449. DOI: 10.1080/00288230809510473.

Janiszewski, P., & Szczepanski, W. (2001). Analysis of autumn-winter diet of stags, hinds and calves of red deer (Cervus elaphus L.) based on rumen content. Folia For Pol Ser A For., 43, 69–83.

Kay, R. N. B., Phillio, M., Suttie, J. M., & Wenham, G. (1982). The growth and mineralization of antlers. The Journal of Physiology, 322–326.

Kirk, A. (2016). Skeletons: the extraordinary form & function of bones. New York, New York : Wellfleet Press. URL: https://archive.org/details/ skeletonsextraor0000kirk_d3m3.

Kuba, J. (2014). Analysis of changes in the concentration of Ca, P and Mg in blood serum of red deer (Cervus elaphus) immature males in farm beeding. Acta Sci. Pol. Zootech., 13(2), 31–40. URL: https://asp.zut.edu.pl/2014/13_2/asp-2014-13-2-234.pdf.

Landete-Castillejos, T., Currey, J. D., Estevez, J. A., Fierro, Y., Calatayud, A., Ceacero, F. Garcia, A. J., & Gallego, L. (2010). Do drastic weather effects on diet influence changes in chemical composition, mechanical properties and structure in deer antlers? Bone, 47(4), 815–825. DOI: 10.1016/j.bone.2010.07.021.

Landete-Castillejos, T., Currey, J. D., Estevez, J. A., Gaspar-López, E., Garcia, A., & Gallego, L. (2007). Influence of physiological effort of growth and chemical composition on antler bone mechanical properties. Bone, 41(5), 794–803. DOI: 10.1016/j.bone.2007.07.013.

Mattiello, S. (2009). Welfare issues of modern deer farming. Italian Journal of Animal Science, 8(sup1), 205–217. DOI: 10.4081/ijas.2009.s1.205.

McDowell, L. R. (2003). Minerals in animal and human nutrition. 2nd ed. Amsterdam: Elsevier Science.

Muir, P. D., Sykes, A. R., & Barrell, G. K. (1987). Calcium metabolism in red deer (Cervus elaphus) offered herbages during antlerogenesis: kinetic and stable balance studies. The Journal of Agricultural Science, 109(2), 357–364. DOI: 10.1017/S0021859600080783.

Nowicka, M. Z., Gutowska, J., Nocen, I., Piotrowska. S., & Chiubek D. (2006). Contents calcium, magnesium, and phosphorus in antlers and cranial bones of different region in West Poland. Pol. J. Environ Stud., 15(2), 297–301. URL: https://www.pjoes.com/pdf-87871-21730?filename=Contents%20of%20Calcium_.pdf.

Olguin, C. A., Landete-Castillejos, T., Ceacero, F., García A. J., & Gallego, L. (2013). Effects of Feed Supplementation on Mineral Composition, Mechanical Properties and Structure in Femurs of Iberian Red Deer Hinds (Cervus elaphus hispanicus). PLoS ONE, 8(6), e65461. DOI: 10.1371/jornal.pone.0065461.

Picavet, P. P., & Balligand, M. (2016). Organic and mechanical properties of Cervidae antlers: a review. Veterinary research communications, 40(3-4), 141–147. DOI: 10.1007/s11259-016-9663-8.

Rafferty, K., Davies, K. M., & Heaney, R. P. (2005). Potassium intake and the calcium economy. Journal of the American College of Nutrition, 24(2), 99–106. DOI: 10.1080/07315724.2005.10719450.

Shin, H. T., Hudson, R. J., Gao, X. H., & Suttie, J. M. (2000). Nutritional Requirements and Management Strategies for Farmed Deer - Review. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 13(4), 561–573. DOI: 10.5713/ajas.2000.561.

Tajchman, K., Bogdaszewska, L., Kowalczuk-Vasilev, E. & Dabrowski, R. (2020). Effects of Ca and P supplementation on the haematological parameters

and content of selected minerals in the blood of young farmed fallow deer males (Dama Dama). Biologia, 75, 401–411. DOI: 10.2478/s11756-019-00310-2.

Tajchman, K., Ukalska-Jaruga, A., Bogdaszewski, M., Pecio, M., & Dziki-Michalska, K. (2020). Accumulation of toxic elements in bone and bone marrow of deer living in various ecosystems. A case study of farmed and wild living deer. Animals, 10, 2151. DOI: 10.3390/ani10112151.

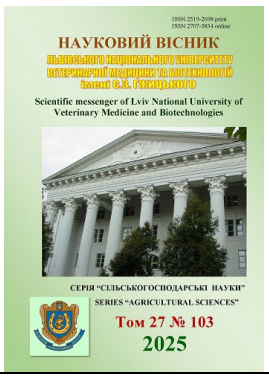
Tajchman, K., Ukalska-Jaruga, A., Bogdaszewski, M., Pecio, M., & Janiszewski, P. (2021). Comparison of the accumulation of macro- and microelements in the bone marrow and bone of wild and farmed red deer (Cervus elaphus). BMC veterinary research, 17(1), 324. DOI: 10.1186/s12917-021-03041-2.

Tajchman, K., Ukalska-Jaruga, A., Ceacero, F., Pecio, M., & Steiner-Bogdaszewska, Z. (2022). Concentration of Macroelements and Trace Elements in Farmed Fallow Deer Antlers Depending on Age. Animals, 12(23), 3409. DOI: 10.3390/ani 12233409.

Vlizlo, V. V., Fedoruk, R. S., Ratych, I. B. et al. (2012). Laboratorni metodu doslidzen y biologii, tvarunnuctvi ta veterunarnii meducuni. Dovidnuk za redakciey akademika NAAN Vlizla V.V. SPOLOM (in Ukrainian).

Wilson, P. R., & Grace, N. D. (2001). A review of tissue reference values used to assess the trace element status of farmed red deer (Cervus elaphus). New Zealand veterinary journal, 49(4), 126–132. DOI: 10.1080/00480169.2001.36219.

Zannèse, A., Morellet, N., Targhetta, C., Coulon, A., Fuser, S., Hewison, A. J. M., & Ramanzin, M. (2006). Spatial structure of roe deer populations: Towards defining management units at a landscape scale. Journal of Applied Ecology, 43(6), 1087–1097. DOI: 10.1111/j.1365-2664.2006.01229.x.



Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького. Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences

ISSN 2519–2698 print
ISSN 2707-5834 online

doi: 10.32718/nvlvet-a10316
https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture

UDC 636.597: 006.83

Productivity and meat qualities of ducklings of the "Temp" cross breed

T. Y. Tkachenko, T. L. Holubenko✉

Vinnytsia National Agrarian University, Vinnytsia, Ukraine

Article info

Received 01.07.2025
Received in revised form 04.08.2025
Accepted 05.08.2025

Vinnytsia National Agrarian University, Soniachna Str., 3, Vinnytsia, 21000, Ukraine.
Tel.: +38-097-722-56-04
E-mail: Vitylya86@ukr.net

Tkachenko, T. Y., & Holubenko, T. L. (2025). Productivity and meat qualities of ducklings of the "Temp" cross breed. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 27(103), 135–141. doi: 10.32718/nvlvet-a10316

The lines and crosses of ducks being developed should meet the consumer interests of enterprises of various types and forms of ownership, but their main requirements include high breeding and productive qualities of poultry, low production costs, including feed, a diverse range and high quality of final products. The study was conducted in accordance with existing methods using modern zootechnical, biochemical, and analytical techniques, covering a large number of poultry. The presented methodology is sufficient to solve the tasks set by the purpose of the study, which made it possible to draw reasonable conclusions. The productivity of ducks of the original lines T1 and T2 of the Temp cross was evaluated at 52 weeks of age. The egg production of ducks when kept in nests was determined by daily individual accounting. Comparing the morphological indicators of egg quality in ducks, it should be noted that no significant differences were found in relation to the linear relationship. Only the thickness of the eggshell was 10.3 microns, or 3.1 %, higher in maternal ducks. The paternal line ducks had an egg weight of 87.3 g, and their advantage over the maternal line ducks was 0.9 g. According to this indicator, the ducks of the original lines meet the regulatory requirements, according to which the weight of eggs for breeding purposes should be 75–95 g. Ducklings of the father's line had the highest live weight during the growing period. At 49 days of age, this figure was 3197 g, which is 81 g or 2.6 % (P < 0.001) higher than in maternal ducklings and 22 g or 0.7 % higher than in hybrid ducklings. Accordingly, this affected the absolute and average daily live weight gain of ducklings. In the paternal line, the average daily live weight gain was 64.1 g, exceeding the ducklings of the maternal line by 2.7 % (P < 0.01). The hybrid ducklings were 0.5 g inferior to the ducklings of the paternal line and 1.2 g superior to the maternal line (P < 0.05). Ducks of both paternal and maternal branches have quite high productive and reproductive qualities, which allows to obtain 264.7–277.6 kg of live weight from one parent pair in a 52-week period.

Keywords: *ducklings, cross, live weight germination, productivity, hatchability, egg quality.*

Продуктивність і м'ясні якості каченят кросу "Темп"

Т. Ю. Ткаченко, Т. Л. Голубенко✉

Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, Україна

Створювані лінії та кроси качок повинні відповідати споживчим інтересам підприємств найрізноманітнішого типу і форм власності, але до головних їхніх запитів слід зарахувати: високі племінні та продуктивні якості птиці, низькі виробничі витрати, зокрема кормів, різноманітний асортимент і високу якість кінцевої продукції, що виробляється. Дослідження проведено відповідно до існуючих методик з використанням сучасних зоотехнічних та аналітичних прийомів. Представленої методики достатньо для розв'язання поставлених завдань, зумовлених метою досліджень, що дало змогу зробити обґрунтовані висновки. Продуктивність качок вихідних ліній Т1 і Т2 кросу "Темп" оцінювали за 52 тижні життя. Яйцекладку качок при утриманні їх у гніздах визначали за даними щоденного індивідуального обліку. Зіставляючи морфологічні показники якості яєць у качок, варто зауважити, що значних відмінностей щодо лінійної залежності не знайдено. Тільки товщина шкаралупи яєць на 10,3 мкм, або на 3,1 %, виявилася вищою у качок материнської лінії. Качки батьківської лінії мали вагу яєць 87,3 г, і їх перевага над качками материнської лінії складала 0,9 г. За цим показником качки вихідних ліній відповідають нормативним вимогам, за котрими вага яєць для племінних цілей має бути 75–95 г. Найбільшу живу вагу за період вирощування мали каченята батьківської лінії. У 49-денному віці цей показ-

ник у них становив 3197 г, що вище на 81 г, або на 2,6 % (P< 0,001), ніж у каченят материнської лінії, і на 22 г, або на 0,7 %, ніж у гібридних каченят. Відповідно це позначилося на абсолютному та середньодобовому приростах живої ваги каченят. У батьківській лінії середньодобовий приріст живої ваги склав 64,1 г, перевищуючи каченят материнської лінії на 2,7 % (P < 0,01). Гібридні каченята за цим показником поступалися каченятам батьківської лінії 0,5 г і перевершували молодняк материнської лінії на 1,2 г (P < 0,05). Качки як батьківської, так і материнської гілки мають досить високі продуктивні та відтворювальні якості, що дозволяє здобувати за 52-тижневий період від однієї батьківської пари 264,7–277,6 кг м'яса в живій вазі.

Ключові слова: *каченята, крос, проростi живої маси, продуктивність, виводимість, якість яєць.*

Вступ

Одним із найбільш значущих показників, що характеризують зростання та розвиток сільськогосподарського птаха, є жива маса. Вона належить до кількісних показників і визначається спадковими особливостями, умовами годівлі та утримання птиці (Besulin et al., 2003; Sobolev et al., 2017; 2021).

Найважливішим показником, що характеризує м'ясну продуктивність дорослого птаха, є вихід м'яса від батьківської пари, який своєю чергою визначається плодючістю птиці. Плодючість – це здатність птиці до відтворення потомства. Залежить вона від кількості знесених яєць, виходу запліднених яєць та кількості виведеного молодняку (Leshchyshyn et al., 2018; Sobolev et al., 2025).

Нині в птахівництві для вдосконалення і тиражування ліній у більшості випадків застосовується спрямований добір, що дає змогу відтворювати їх від тих особин, які за селекціонованими показниками перевищують середній рівень популяції (Borodai & Ponomarenko, 2006; Sobolieva et al., 2020).

Тим часом на якомусь етапі, коли вже створено групи особин із бажаними продуктивними і племінними якостями, необхідно припинити добір і закріпити в потомстві отриманий ефект, тобто стабілізувати лінії. Стабілізація лінії – це концентрація та закріплення фенотипічних і генетичних особливостей типових представників даної лінії, формування її як більш однорідної популяції птиці, що за масового відтворення зможе стійко зберігати свої якості. Отже, добір модальних класів за характерними для популяції ознаками стабілізує її генетичну структуру з одночасним усередненням норми реагування особин одного виду на випадкові зовнішні чинники.

Для України високорозвинуте тваринництво є основою забезпечення продовольчої безпеки країни, оскільки в цій галузі виробляється близько 60 % вартості валової продукції сільського господарства (Besulin et al., 2003; Kaletnik, 2007).

Промислове птахівництво висуває свої особливі вимоги до якості птиці. Нині зростанню продуктивності птиці поряд із селекцією рівною мірою сприяють нові методи годівлі та утримання поголів'я. Удосконалення технології дає змогу птиці реалізувати створений генетичний потенціал, але саме робота селекціонерів дала поштовх розвитку технології, ставлячи все нові й нові завдання перед виробниками кормів, обладнання, препаратів, інкубаторів (Iurchyshyn & Vovk, 2005).

Високі темпи зростання виробництва та споживання м'яса птиці пояснюються низкою взаємопов'язаних факторів. Це – висока скоростиглість птиці та ефективне використання кормів; нижчі витрати ресурсів порівняно з виробництвом м'яса інших видів тварин і відповідно нижча ціна на кінцеву продукцію; дієтичні властивості м'яса птиці, його активна реклама як продукту здорового харчування; відсутність будь-яких релігійних чи інших обмежень у споживачів (Vertiichuk et al., 2006).

За прогнозами ФАО, до 2026 року м'ясо птиці займатиме перше місце серед усіх видів тварин у структурі виробництва м'яса (Kravets, 2006). М'ясо птиці є найважливішим і доступним для населення продуктом харчування, а також джерелом повноцінних білків і ліпідів із високим вмістом поліненасичених жирних кислот.

Нині у зв'язку зі зростаючою спеціалізацією, концентрацією та інтенсифікацією птахівництва великого значення надають оптимальному поєднанню основних технологічних параметрів, що зумовлюються біологічними особливостями птаха, який росте. Використання наявних нормативів під час вирощування на м'ясо сучасних високопродуктивних кросів качок не завжди дає змогу отримати високі прирости живої маси.

М'ясна продуктивність – найважливіша господарсько корисна ознака. М'ясна продуктивність у птахівництві має визначатися комплексом показників, що характеризують обсяг товарної продукції та її якість, а також відповідність вимогам технологічної обробки та економічної ефективності виробництва продукції.

До цих показників належать: 1) жива маса і забійний вихід, а також вирівняність стада птиці за масою в забійному віці; 2) м'ясні форми статури (особливо грудна мускулатура та ножні м'язи); 3) товарний вигляд тушки (колір, кількість пеньків); 4) м'ясні якості (вихід їстівних частин та м'язової тканини); 5) якість м'яса (хімічний склад, біологічна повноцінність протеїну, фізичні властивості – ніжність, соковитість, смакові переваги); 6) витрати корму на одиницю приросту; 7) життєздатність м'ясного, а також ремонтного молодняку та маточного стада; 8) плодючість маточного стада; 9) несучість материнської форми (Fotina et al., 2014).

Комплекс цих показників має враховуватись як у племінній роботі при розробці бажаного типу птиці та оцінці результатів селекції, так і при оцінці ефективності спеціалізованого вирощування молодняку на м'ясо (Borodai & Ponomarenko, 2006).

Харчова цінність м'яса – сукупність корисних властивостей, яка характеризується його здатністю задовольняти потреби організму людини в різноманітних речовинах, включно з енергетичною, біологічною цінністю, засвоюваністю, смаковими властивостями, і багато в чому зумовлена його хімічним складом (Ibatullin et al., 2007; Avercheva, 2020). Харчова та біологічна цінність м'яса визначається такими факторами: технологією утримання, термінами і технікою забою птиці, переробкою та зберіганням птиці. Також впливають стать, вік і вид птиці (Iurchyshyn & Vovk, 2005).

М'ясо птиці має ніжну консистенцію і високі смакові якості. Хімічний склад характеризується вмістом вологи, сухої речовини, протеїну, жиру, вуглеводів, золи, амінокислот, жирних кислот, вітамінів, макро-, мікроелементів та інших речовин. За хімічним складом м'ясо птиці можна розподілити на дві групи. В одну групу входять кури та індички з ніжним м'ясом грудних м'язів, з високим вмістом білка, екстрактивних речовин і помірною кількістю жиру. До другої групи включають гусей і качок, у яких червоне м'ясо з високим вмістом жиру. М'язові волокна у качок і гусей товщі, а сполучної тканини між ними більше, ніж у м'ясі курей та індичок, тому біологічна цінність м'яса каченят і гусенят на 10 і 5 % нижча, ніж у курчат-бройлерів. М'ясо дорослої птиці характеризується більш високим вмістом жиру і меншим – протеїну порівняно з м'ясом молодої птиці. Хімічний склад м'яса має прямий вплив на його калорійність (Zasiekin, 2005).

М'ясо птиці – це тушка птиці або її частина, що являє собою сукупність м'язів, жиру, шкіри, сполучної та кісткової тканини, або окремо м'язова тканина з жиром або без нього. М'ясні якості тушок характеризуються такими показниками: масою, вгодованістю, категорією тушки, виходом м'яса птиці, їстівних частин, зокрема м'язів. Найбільшу поживну цінність становить м'ясо молодняку сільськогосподарської птиці, спеціально вирощуваної, щоб одержати цей продукт (Buriak, 2017).

Співвідношення м'яса, жиру та кісток у тушці в основному зумовлене генетично, але може змінюватись і в результаті селекції птиці. У міру зростання в організмі молодняку все більше відкладається жиру. Цей процес пов'язаний зі статевим дозріванням і характерний для всіх видів тварин (Slavov et al., 2003).

У сучасних умовах одним із шляхів підвищення продуктивності є використання нових прийомів оцінки та добору птиці.

Швидкість зростання – найважливіший якісний показник м'ясної продуктивності. Чим більша швидкість зростання, тим менше часу необхідно витратити на вирощування молодняку до віку забою (Avercheva, 2020).

Наприклад, у курчат максимальна інтенсивність зростання грудних м'язів відбувається в період другого та третього тижнів життя.

Термін вирощування качок на м'ясо залежить від їхньої скоростиглості, яка визначається генетичними та паратиповими факторами. Нормативний термін вирощування каченят-бройлерів – вісім тижнів для легких кросів і популяцій та сім тижнів – для важких (Vertiichuk et al., 2006; Fotina et al., 2014).

Молодняк птиці сучасних кросів має винятково високу інтенсивність росту, добру конверсію корму і при вирощуванні дає м'ясо з відмінними дієтичними властивостями. З віком відбувається підвищення маси тіла, що супроводжується зростанням витрат енергії та поживних речовин на підтримку життєдіяльності організму. У цьому відносний приріст поступово знижується, а конверсія корми погіршується. Тому з економічної точки зору виробництво бройлерів тим вигідніше, чим коротший термін їх вирощування, оскільки при цьому витрата корму на одиницю продукції зменшується (Buriak, 2017).

Термін вирощування качок на м'ясо залежить від їхньої скоростиглості, яка визначається генетичними та паратиповими факторами. Нормативний термін вирощування каченят-бройлерів – вісім тижнів для легких кросів і популяцій та сім тижнів – для важких.

Удосконалення та підтримання продуктивних і племінних якостей качок, створення нових порід і ліній, а також наявних кросів базується на індивідуальній і сімейній оцінці птиці, жорсткому вибракуванні їх за провідними ознаками, оцінці ліній на сполучуваність, доборі та розмноженні найкращих сполучуваних сімейств. Молодняк для відтворення селекційних груп відводять від птиці 2–4 місяців несучості (на піку яйцекладки). Під час добору птиці селекційної групи особливу увагу звертають на ті ознаки, за якими спеціалізовані лінії: батьківські – за швидкості приросту живої маси, м'ясних якостей, заплідненості яєць, оперення і збереження молодняка; материнські лінії – за несучістю, виведенням каченят, швидкістю приросту живої маси, м'ясними якостями, оперенням і збереженням поголів'я.

У материнських лініях цей показник має бути як для селезнів, так і для качок не нижчим за середні показники по лінії (Borodai & Ponomarenko, 2006).

Мета дослідження

Оцінка та встановлення закономірностей росту та формування продуктивності та м'ясних якостей каченят кросу "Темп".

Матеріал і методи досліджень

При проведенні досліджень фронт годівлі та напування для каченят віку 1–49 днів становив 2 см на одну голову. Для дорослих качок ці нормативи відповідно дорівнювали 3 і 2 см. Ремонтний молодняк вирощували за обмеженої годівлі із застосуванням двох голодних днів на тиждень, використовуючи розширений фронт годівлі – 10–12 см. Годівлю каченят здійснювали за принципом постійного знаходження корму в годівницях, тобто "досхочу". Поживність раціонів для птиці відповідала встановленим нормам годівлі.

Продуктивність качок вихідних ліній Т1 і Т2 кросу "Темп" оцінювали за 52 тижні життя. Яйценосність качок при утриманні їх у гніздах визначали за даними щоденного індивідуального обліку.

Результати та їх обговорення

Результати, отримані щодо продуктивних якостей качок батьківської (Т1) і материнської (Т2) ліній кросу "Темп", наведені у таблиці 1.

Як видно з таблиці 1, качки батьківської та материнської ліній мають порівняно високі відтворювальні якості. За деякими показниками різниця між ними незначна. Так, вихід інкубаційних яєць перебуває практично на одному рівні і становив качок лінії Т1 – 94,2 %, а лінії Т2 – 94,3 %.

Таблиця 1
Продуктивність лінійних качок вихідного покоління кросу "Темп"

Показники	Лінія	
	T1	T2
Несучість за 52 тижні життя, шт.	138,2 ± 1,93	140,4 ± 1,34
Маса яєць, г	87,1 ± 0,27*	86,2 ± 0,24
Статева зрілість, днів	196,1 ± 0,34	197,1 ± 0,36
Збереження качок, %	96,8	97,2
Вихід інкубаційних яєць, %	94,2 ± 0,87	94,3 ± 0,77
Запліднення яєць, %	82,7 ± 0,75	85,2 ± 0,63*
Виведення яєць, %	76,2 ± 0,95	78,1 ± 0,79
Висновок каченят, %	63,6 ± 1,02	67,3 ± 0,96*
Вихід м'яса на несучку, кг	264,7	277,6

За такими показниками, як несучість, заплідненість і виведення яєць, можна зробити висновок про те, що істотну перевагу мали качки лінії Т2. У них за 52 тижні життя несучість склала 140,4 яйця, що на 2,2 яйця, або на 1,6 %, більше, ніж у качок лінії Т1.

Перевага за заплідненістю яєць склала 2,5 п.п. ($P < 0,05$), за виведенням яєць – 1,9 п.п. із виведення каченят – 3,7 п.п. ($P < 0,05$) порівняно з качками батьківської лінії. Різниця за масою яєць склала 1,0 % на користь птаха лінії Т1 ($P < 0,05$). Також у качок батьківської лінії на день раніше наставала статева зрілість.

За 52-тижневий період від батьківської пари качок батьківської лінії отримано 264,7 кг м'яса в живій масі, у материнській лінії перевага за таким виходом м'яса на несучку склала 12,9 кг за рахунок більш високих показників несучості та виведення каченят.

Морфологічні показники якості яєць лінійних качок кросу "Темп" наведено у таблиці 2.

Таблиця 2
Морфологічні показники якості яєць качок вихідного покоління

Показники	Лінія	
	T1	T2
Маса яєць, г	87,3 ± 1,74	86,4 ± 1,79
Індекс форми, од.	72,7 ± 1,18	74,6 ± 0,56
Товщина шкаралупи, мкм	332,1 ± 6,49	342,4 ± 3,61
Індекс форми білка, од.	0,067 ± 0,003	0,066 ± 0,004
Індекс форми жовтка, од.	0,392 ± 0,008	0,386 ± 0,008
Маса шкаралупи, г	9,4 ± 0,21	9,3 ± 0,16
Маса жовтка, г	28,3 ± 0,35	28,1 ± 0,54
Маса білка, г	49,6 ± 1,40	49,0 ± 0,91
Відношення маси білка до маси жовтка	1,75 ± 0,06	1,74 ± 0,03

Якість яєць характеризує співвідношення вмісту його складових частин і залежить від виду птиці, породи, віку, сезону року, продуктивності несучок, від умов утримання та годівлі. Різкі відхилення по масі окремих складових частин яйця негативно позначаються на відсотку виводимості молодняку.

Порівнюючи морфологічні показники якості яєць качок (табл. 2), слід зазначити, що істотних відмінностей залежно від лінійної залежності не виявлено. Лише товщина шкаралупи яєць на 10,3 мкм, або на 3,1 %, була вищою у качок материнської лінії. Качки батьківської лінії мали масу яєць 87,3 г та його перевага над качками материнської лінії становила 0,9 г. За цим показником качки вихідних ліній відповідають нормативним вимогам, за якими маса яєць для племінних цілей повинна становити 75–95 г.

Яйце птиці як біологічний об'єкт може мати різну форму: нормальну, подовжену, укорочену, довгасту, округлу, кулясту, еліпсоподібну і т. ін. У нашому випадку більш округлими були яйця качок материнської лінії. Округлі яйця з високим індексом форми вважаються поживнішими, ніж подовжені. Своєю чергою це частково пояснює, чому качки лінії Т2 порівняно з несучками лінії Т1 мали вищі інкубаційні якості яєць: виведення на 1,9 в.п., виведення каченят – на 3,7 в.п.

Індекс форми інкубаційних качиних яєць не повинен виходити за межі 68–77 відсотків.

Складові частини яйця – білок, жовток та шкаралупа – виконують ряд найважливіших функцій у розвитку ембріона і характеризуються різним хімічним складом та вмістом основних поживних речовин. Тому якість яйця залежить від співвідношення маси складових частин та маси цілого яйця. На масу шкаралупи припадало 10,8 %, жовтка – 32,4–32,5 %, білка – 56,7–56,8 % загальної маси яйця. Відношення маси білка до маси жовтка перебувало на рівні 1,74–1,75.

Швидкість зростання є важливим якісним показником м'ясної продуктивності птиці. Чим вища швидкість зростання, тим менше часу витрачається на вирощування молодняку до забійних кондицій. Інтенсивність росту та скоростиглість молодняка птиці характеризується такими показниками, як жива маса, швидкість росту, абсолютний і середньодобовий приріст, життєздатність птиці та конверсія корму (Zasiekin, 2005).

Швидкість росту є важливим якісним показником м'ясної продуктивності птиці. Чим вища швидкість росту, тим менше часу витрачається на вирощування молодняку до забійних кондицій.

При вирощуванні до 49-денного віку була вивчена динаміка живої маси лінійних та гібридних каченят. Отримані результати наведені у таблиці 3 та рисунку 1.

Таблиця 3
Жива маса і швидкість росту каченят

Лінія, крос	Середня жива маса каченят, г		Прирости живої маси		
	добових	у 49 днів	абсолютний, г	середньодобовий, г	відносний, %
T1	55,9 ± 0,2**	3197 ± 11,6***	3140 ± 9,4***	64,1 ± 0,23***	193,1 ± 0,98
T2	54,7 ± 0,3	3116 ± 8,9	3058 ± 11,5	62,4 ± 0,33	193,0 ± 1,11
T1×T2	55,3 ± 0,1	3175 ± 9,7***	3116 ± 12,7	63,6 ± 0,28**	193,1 ± 1,08

Як видно з даних таблиці 3, найбільшу живу масу за період вирощування мали каченята батьківської лінії. У 49-денному віці цей показник у них склав 3197 г, що вище на 81 г, або на 2,6 % (P < 0,001), ніж у каченят материнської лінії, і на 22 г, або на 0,7 %, ніж у гібридних каченят. Відповідно це відобразилося на абсолютному та середньодобовому приростах живої маси каченят. У батьківській лінії середньодобовий приріст живої маси склав 64,1 г, перевищуючи каченят материнської лінії на 2,7 % (P < 0,01). Гібридні каченята за цим показником поступалися каченятам батьківської лінії на 0,5 г і перевершували молодняк материнської лінії на 1,2 г (P < 0,05).

Таким чином, качки як батьківської, так і материнської ліній мають досить високі продуктивні та відтворювальні якості, що дозволяє отримувати за 52-тижневий період від однієї батьківської пари 264,7–277,6 кг м'яса в живій масі.

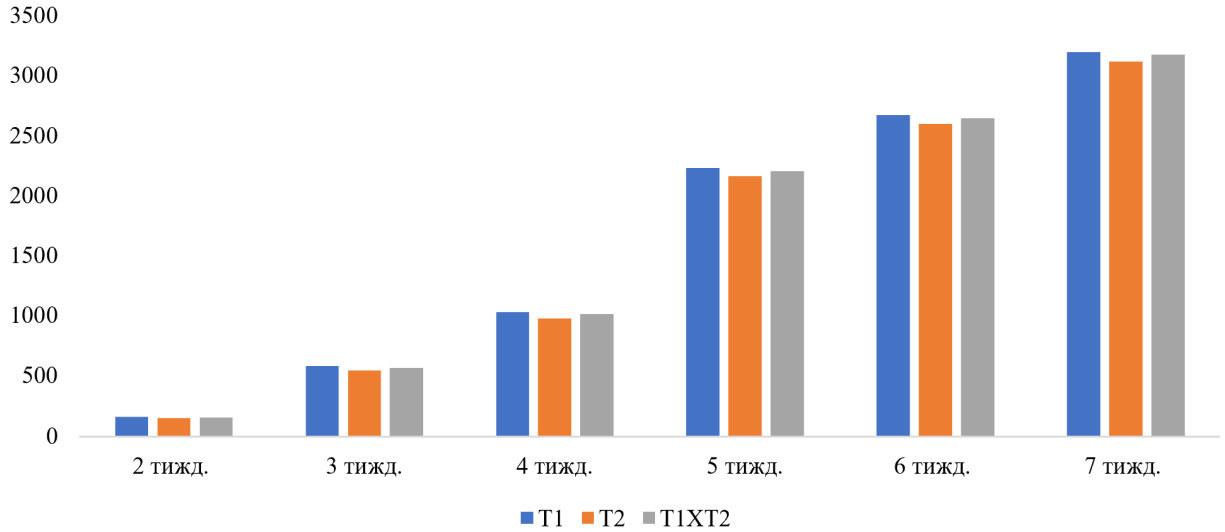


Рис. 1. Динаміка живої маси лінійних та гібридних каченят, г

Відмінності по живій масі між лінійними каченятами починали виявлятися з 2-го тижня вирощування. Так, різниця за живою масою в цьому віці становила 38 г на користь каченят батьківської лінії. Свого роду еталоном є жива маса каченят у три тижні. Добрим показником вважається, якщо каченята набрали живу масу 1,0 кг і більше. Такого рівня досягли каченята батьківської лінії та гібридні.

Найбільш високий абсолютний приріст живої маси спостерігався у всіх каченят за 5-й тиждень, причому у гібридів він був вищим на 14 г і 11 г, ніж у каченят материнської та батьківської ліній відповідно і склав 653 г. Варто зазначити, що гібридні каченята і в наступні тижні за абсолютним приростом перевершували лінійних каченят, що свідчить про більш інтенсивне зростання в останній період вирощування.

На рис. 2 наведено щотижневу динаміку зміни середньодобового приросту живої маси каченят за період вирощування до 7-тижневого віку.

Перші чотири тижні каченята батьківської лінії мали більш високий середньодобовий приріст порівняно з каченятами материнської лінії, і це перевищення склало 2,4–7,9 %.

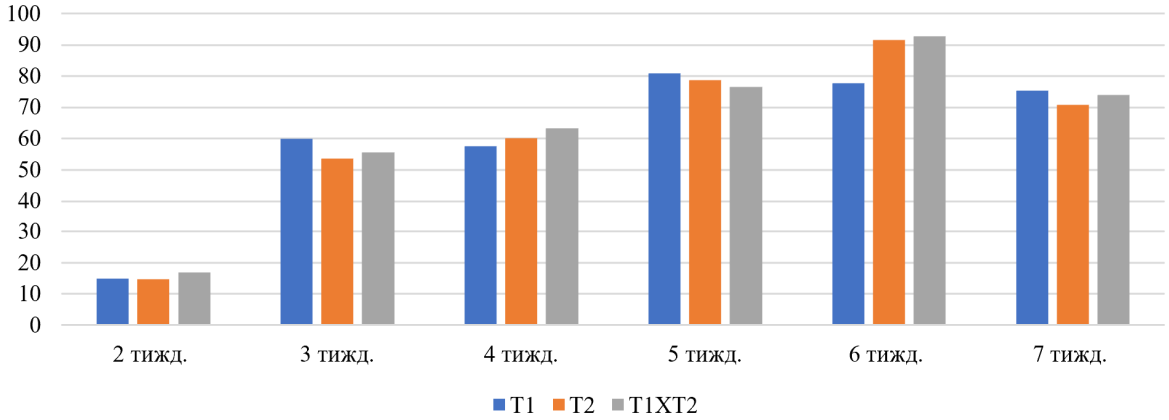


Рис. 2. Динаміка зміни середньодобового приросту каченят, г

Як видно з рис. 2, каченята T1×T2 також поступалися каченятам T1 в перший, другий і четвертий тиждень – на 1,4–4,1 %, а третього тижня трохи перевищували їх – на 0,5 %. Починаючи з п'ятого тижня і до кінця вирощування у гібридних каченят спостерігається більш високий середньодобовий приріст порів-

няно з лінійними каченятами. Так, у п'ятий тиждень перевага за цим показником становила 1,7–2,2, шостий– 0,3–1,5 та сьомий – 0,7–2,4 відсотка.

Варто зазначити спад темпу зростання у всіх каченят за шостий тиждень вирощування. У цей час значення середньодобового приросту були близькі до цього показника за третій тиждень. В останній тиждень, порівняно з шостим, середньодобовий приріст збільшився на 20,1–20,8 % у лінійних каченят і на 21,2 % – у гібридних. Водночас ці значення були нижчими, ніж за четвертий і п'ятий тижні вирощування на 2,3 і 18,6 % у гібридних та на 5,8–6,8 і 17,8–18,8 % у каченят ліній Т1 і Т2, відповідно.

Відносна швидкість зростання дозволяє порівняти темпи зростання різних особин незалежно від їхньої живої маси (рис. 3).

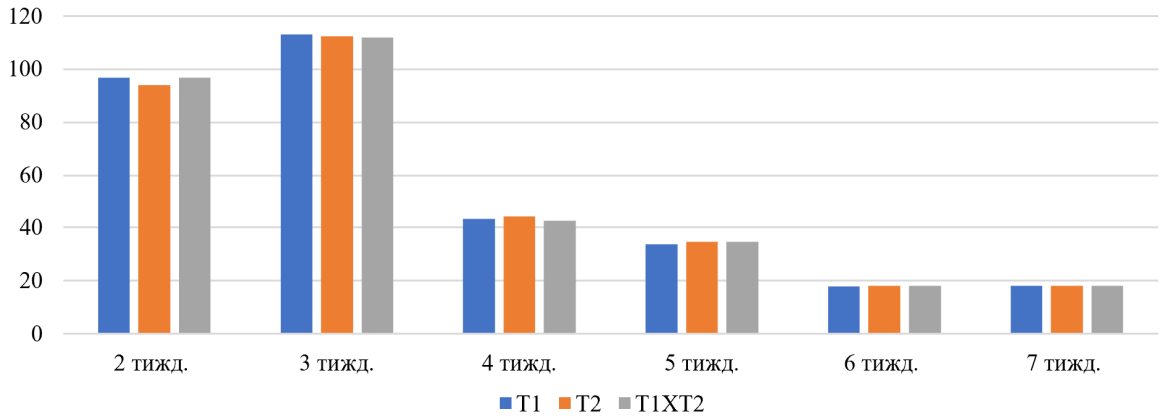


Рис. 3. Динаміка зміни відносної швидкості зростання каченят, %

Вища швидкість темпів зростання каченят всіх груп спостерігалася в перші два тижні вирощування. При цьому найвищий показник як за цей відрізок часу, так і за весь період вирощування виявлений за другий тиждень і склав 111,9–113 %.

Високу швидкість зростання каченят у стартовий період підтвердили й інші дослідники.

Починаючи з третього тижня темпи зростання зменшуються більш ніж удвічі. Спад цього показника триває до шостого тижня. У віці шести-семи тижнів каченята мали відносну швидкість зростання на рівні 17,8–18,3 відсотка.

У перші два тижні каченята батьківської лінії мали вищу відносну швидкість зростання, порівняно з каченятами материнської лінії, на 0,7–2,8 п.п.

В інші вікові періоди перевага лише на рівні 0,2–1,7 п.п. була в каченят материнської лінії.

Результати вирощування лінійних і гібридних каченят показали, що відмінності в живій масі між ними починали виявлятися з 2-го тижня вирощування. Найбільш високий абсолютний приріст живої маси виявлений у всіх каченят за 5-й тиждень. Гібридні каченята відрізнялися більш інтенсивним зростанням в останній період вирощування.

Висновки

Аналізуючи морфологічні показники якості яєць у качок, варто зазначити, що значних відмінностей щодо лінійної залежності не знайдено. Тільки товщина шкаралупи яєць на 10,3 мкм, або на 3,1 %, виявилася вищою у качок материнської лінії. Качки батьківської лінії мали вагу яєць 87,3 г, і їхня перевага над качками материнської лінії складала 0,9 г. За цим показником качки вихідних ліній відповідають нормативним вимогам, за котрими вага яєць для племінних цілей має бути 75–95 г.

Найбільшу живу вагу за період вирощування мали каченята батьківської лінії. У 49-денному віці цей показник у них становив 3197 г, що вище на 81 г, або на 2,6 % ($P < 0,001$), ніж у каченят материнської лінії, і на 22 г, або на 0,7 %, ніж у гібридних каченят. Відповідно це позначилося на абсолютному та середньодобовому приростах живої ваги каченят. У батьківській лінії середньодобовий приріст живої ваги склав 64,1 г, перевищуючи каченят материнської лінії на 2,7 % ($P < 0,01$). Гібридні каченята за цим показником поступалися каченятам батьківської лінії 0,5 г і перевершували молодняк материнської лінії на 1,2 г ($P < 0,05$).

Качки як батьківської, так і материнської гілки мають досить високі продуктивні та відтворювальні властивості, що дозволяє здобувати за 52-тижневий період від однієї батьківської пари 264,7–277,6 кг м'яса в живій вазі.

Перспективи подальших досліджень. Перспективи подальших досліджень полягають у поліпшенні системи комплектації батьківського стада качок кросу "Темп" за врахування показників батька й матері, що забезпечить збільшення за три покоління живої маси каченят батьківської лінії за живою вагою у 46-денному віці та материнської лінії і відповідно – гібридного молодняку.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів.

References

Avercheva, N. O. (2020). Suchasni aspekty rozvytku rynku kharchovykh yaiets. Ahrosvit, 10, 87–98. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/agrosvit_2020_10_15 (in Ukrainian).

Besulin, V. Y., Huzhva, V. Y., Kutsak, S. M. ta in. (2003). Ptakhivnytstvo i tekhnolohiia vyrobnytstva yaiets ta miasa ptytsi. Bila Tserkva (in Ukrainian).

Borodai, P. V., & Ponomarenko, N. P. (2006). Yakist i bezpeka kharchovykh yaiets. Propozytsiia, 11, 23 (in Ukrainian).

Buriak, R. I. (2017). Doslidzhennia ta prohnozuvannia koniunktury rynku produktsii ptakhivnytstva Ukrainy. Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. Seriia : Ekonomika, ahrarnyi menedzhment, biznes, 260, 41–53. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_econ_2017_260_7 (in Ukrainian).

Fotina, T. I., Fotina, H. A., Dvorska, Yu. Ye., Kasianenko, O. I., & Olefir, I. A. (2014). Efektyvnist zastosuvannia ekolohichnykh zakhodiv pry vyrobnytstvi produktsii ptakhivnytstva. Problemy zooinzhenerii ta veterynarnoi medytsyny, 28(2), 163–168. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/pzvm_2014_28%282%29__38 (in Ukrainian).

Ibatullin, I. I., Melnychuk, D. O., ta in. (2007). Hodivlia s.-h. tvaryn. pidruchnyk. Vinnytsia: Nova Knyha (in Ukrainian).

Iurchyshyn, V. A., & Vovk, S. O. (2005). Alimentarni ta tekhnolohichni faktory polipshennia yakosti yaiets. Visnyk ahrarnoi nauky, 8, 415 (in Ukrainian).

Kaletnik, H. M. (2007). Osnovy perspektyvnykh tekhnolohii vyrobnytstva produktsii tvarynnytstva: navch. posib. Vinnytsia (in Ukrainian).

Kravets, H. I. (2006). Suchasni krosy kurei. Ahrobiznes sohodni, 19, 15 (in Ukrainian).

Leshchyshyn, I., Kyryliv, Y., & Barylo, B. (2018). The productivity of the ducklings of Pekin species and Cherry Velly cross under the condition of feeding with the biologically active additive “Activio”. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 20(84), 161–165. DOI: 10.15421/nvlvet8429.

Slavov, V. P., Karpus, M. M., Kryvyi, M. M. ta in. (2003). Ekoloho-zootekhnichni umovy efektyvnoho vykorystannia kormiv : navch. posib. Kyiv (in Ukrainian).

Sobolev, A., Gutyj, B., Petryshak, O., Golodjuk, I., Petryshak, R., & Naumyuk, O. (2017). Morphological and biochemical blood indicators of ducklings, which are raised for the purpose of meat with the different level of selenium in feeding-stuffs. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 19(74), 57–62. DOI: 10.15421/nvlvet7413.

Sobolev, O., Gutyj, B., Petryshak, R., Petryshak, O., Sobolieva, S., Herasymenko, V., & Sokolyuk, V. (2025). Use of selenium-containing preparations in industrial duck farming. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 27(102), 311–318. DOI: 10.32718/nvlvet-a10244.

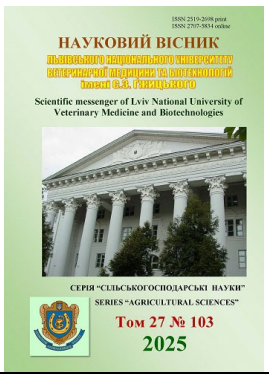
Sobolev, O., Gutyj, B., Zasukha, Y., Karkach, P., Fesenko, V., Bilkevych, V., Kuzmenko, P., Mashkin, Y., & Sobolieva, S. (2021). Modeling effect of selenium on broiler chickens’ body. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 23(95), 128–135. DOI: 10.32718/nvlvet-a9519.

Sobolev, O., Sliusarenko, S., Sliusarenko, A., Petryshak, R., Golodyuk, I., Naumyuk, O., Petryshak, O., & Kuliaba, O. (2021). The influence of selenium additives in compound feed on the chemical composition, energy and biological value of ducklings meat. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 23(94), 3–8. DOI: 10.32718/nvlvet-a9401.

Sobolieva, S., Gutyj, B., & Sobolev, O. (2020). Changes in goslings’ blood pattern under the influence of different doses additives of selenium in forages. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 22(92), 50–55. DOI: 10.32718/nvlvet-a9209.

Vertiichuk, A. I., Melnyk, V. V. ta in. (2006). Tekhnolohiia vyrobnytstva produktsii ptakhivnytstva. Pidruchnyk. Vinnytsia: Nova Knyha (in Ukrainian).

Zasiekin, M. D. (2005). Shchodo isnuiuchykh system utrymannia ptytsi. Veterynarna medytsyna Ukrainy, 7, 31–33 (in Ukrainian).



Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького. Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences

ISSN 2519–2698 print
ISSN 2707-5834 online
doi: 10.32718/nvlvet-a10317
https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture

UDC 636.4:577.112 7:636.084.52

Optimization of protein and amino acid supply in pig feeding as a factor for improving productivity

T. Yu. Tkachenko✉

Vinnytsia National Agrarian University, Vinnytsia, Ukraine

Article info

Received 01.07.2025
Received in revised form 04.08.2025
Accepted 05.08.2025

Vinnytsia National Agrarian University, Soniachna Str., 3, Vinnytsia, 21000, Ukraine.
Tel.: +38-097-722-56-04
E-mail: aspirant.tk@ukr.net

Tkachenko, T. Y. (2025). Optimization of protein and amino acid supply in pig feeding as a factor for improving productivity. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 27(103), 142–152. doi: 10.32718/nvlvet-a10317

The article highlights the importance of the qualitative amino acid composition of feed in enhancing pig productivity and improving pork quality. Emphasis is placed on the role of essential amino acids, particularly lysine, as a limiting factor determining the efficiency of feed protein utilization. Current approaches to the use of protein–vitamin–mineral supplements (PVMS) and amino acid preparations in pig nutrition are analyzed. The article notes the need for scientific justification regarding the application of novel multicomponent feed additives, considering their insufficient study and potential impact on animal health. One of the current directions in improving pig feeding practices is the optimization of the amino acid profile of compound feeds, specifically through increasing the level of lysine—an essential amino acid that plays a crucial role in muscle tissue development, protein assimilation, and achieving high live weight gains. A review of scientific literature revealed that the lysine content in crude protein of compound feeds recommended by domestic researchers is generally lower than the levels proposed by foreign authors. This difference may negatively affect animal productivity, especially when feeds contain minimal amounts of wheat grain, which is a significant source of amino acids. In this regard, we initiated a study to assess the effectiveness of feeding young pigs with compound feeds containing ensiled corn grain with limited wheat supplementation, but with different lysine levels: 6.6 % versus 4.8 % in the crude protein. The aim was to evaluate the impact of increased lysine content on productivity indicators, metabolic processes, and the qualitative characteristics of meat and liver, considering their nutritional value for human consumption. The results of our study demonstrate a pronounced positive effect of elevated lysine levels in the diet on pig growth and development, improved slaughter traits, and normalization of several biochemical parameters, particularly blood urea levels. The obtained data support the feasibility of adjusting the protein–amino acid composition of compound feeds in accordance with modern physiological and biochemical requirements of animals. These findings may be utilized in the development of more effective feeding strategies for fattening pigs to higher weight categories.

Keywords: *pig farming, feeding, amino acids, lysine, PVMS, feed additives, productivity, meat quality.*

Оптимізація білково-амінокислотного забезпечення у годівлі свиней як чинник підвищення продуктивності

Т. Ю. Ткаченко✉

Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, Україна

У статті висвітлено значення якісного амінокислотного складу кормів у підвищенні продуктивності свиней та поліпшенні якості свинини. Акцент зроблено на ролі незамінних амінокислот, зокрема лізину, як лімітуючого фактора, що визначає ефективність засвоєння кормового протеїну. Проаналізовано сучасні підходи до використання білково-вітамінно-мінеральних добавок (БВМД) та амінокислотних препаратів у годівлі. Зазначено необхідність наукового обґрунтування доцільності застосування новітніх багатокомпонентних кормових добавок, з огляду на їхню недостатню вивченість та потенційний вплив на організм тварин. Одним із актуальних напрямів удосконалення годівлі свиней є оптимізація амінокислотного складу комбікормів, зокрема

за рахунок підвищення рівня лізину – незамінної амінокислоти, яка відіграє вирішальну роль у рості м'язової тканини, засвоєнні протеїну та забезпеченні високих приростів живої маси. У ході аналізу наукових джерел було виявлено, що в раціонах, рекомендованих вітчизняними авторами, рівень лізину в сирому протеїні комбікормів, як правило, є нижчим порівняно з показниками, запропонованими зарубіжними дослідниками. Така різниця може негативно позначатися на продуктивності тварин, особливо за умов використання комбікормів із мінімальним вмістом зерна пшениці, яке є важливим джерелом амінокислот. У зв'язку з цим, нами було ініційовано дослідження щодо ефективності годівлі молодняку свиней комбікормами, до складу яких входило силосоване зерно кукурудзи з обмеженим додаванням пшениці, але з різним рівнем забезпечення лізином: 6,6 % проти 4,8 % у складі сирого протеїну. Метою стало вивчення впливу підвищеного вмісту лізину на показники продуктивності, обміну речовин, а також якісні характеристики м'яса та печінки – з урахуванням їхньої харчової цінності для людини. Результати наших досліджень свідчать про виражену позитивну дію підвищеного вмісту лізину в раціоні на ріст і розвиток свиней, поліпшення забійних ознак, а також нормалізацію ряду біохімічних показників, зокрема вмісту сечовини в крові. Отримані дані підтверджують доцільність корекції білково-амінокислотного забезпечення комбікормів відповідно до сучасних фізіолого-біохімічних потреб тварин і можуть бути використані для розробки більш ефективних годівельних стратегій при відгодівлі свиней до вищих вагових кондицій.

Ключові слова: *свинарство, годівля, амінокислоти, лізин, БВМД, кормові добавки, продуктивність, якість м'яса.*

Вступ

Актуальність забезпечення свиней незамінними амінокислотами, зокрема лізином, обумовлена тим, що він є першою лімітуючою амінокислотою у типових раціонах зерново-зернобобового типу. Лізин не синтезується в організмі свиней, і його дефіцит у кормах призводить до зниження темпів росту, погіршення показників м'ясної продуктивності, зниження засвоюваності протеїну.

Використання білково-вітамінно-мінеральних добавок, амінокислотних препаратів, преміксів та комбікормів з високим вмістом біодоступного лізину дозволяє ефективно балансувати раціони (Omelian & Pozniakovskiy, 2017; Hlavatchuk, 2024). Нині на ринку України представлений широкий асортимент таких продуктів від європейських і азійських виробників, проте вплив нових, часто недостатньо досліджених, багатокомпонентних добавок на організм тварин потребує глибшого вивчення.

Амінокислоти відіграють ключову роль у забезпеченні нормального функціонування організму сільськогосподарських тварин. Вони не тільки є основними структурними елементами білків, а й беруть участь у численних метаболічних процесах, зокрема в синтезі гормонів, ферментів, транспортних молекул, нейромедіаторів та інших біологічно активних речовин (Amdi et al., 2015; Smychok et al., 2023).

Сучасні підходи до годівлі свиней передбачають використання не лише загального показника протеїну в раціоні, а й ретельний аналіз його амінокислотного складу, зокрема забезпечення потреби в незамінних амінокислотах, серед яких вирішальне значення має лізин. Порушення оптимального амінокислотного співвідношення навіть за достатньої кількості загального протеїну знижує ефективність синтезу м'язової тканини, уповільнює ріст, погіршує конверсію корму і не дозволяє тваринам повністю реалізувати свій генетичний потенціал (Zviereva & Chorna, 2019; Zasukha et al., 2023; Martyshuk et al., 2023; Lenkov et al., 2025).

Особливої уваги заслуговує показник біодоступності амінокислот, що визначає фактичну засвоюваність поживних речовин в організмі тварини. Під терміном "біодоступність" розуміють сукупність метаболічних процесів – від травлення, всмоктування у шлунково-кишковому тракті до подальшого використання амінокислот у клітинному синтезі білка, а також механізмів їх виведення з організму. На рівень біодоступності впливає низка факторів, зокрема хімічна форма амінокислоти або білка, ступінь розщеплення в шлунково-кишковому тракті, функціональний стан травної системи, генетично зумовлені особливості метаболізму, вік, стан здоров'я та імунний статус тварини, наявність супутніх інгібіторів або антагоністів у кормі (Susol et al., 2018; Prudyus, 2024; Zasukha et al., 2024).

Недостатнє або незбалансоване надходження амінокислот може призводити до низки фізіолого-біохімічних порушень: затримки росту, зниження продуктивності, пригнічення функції залоз внутрішньої секреції, розладів у роботі ферментних систем, зменшення вмісту білків у плазмі крові, а також зниження загальної резистентності організму до стресових факторів та інфекційних захворювань.

Таким чином, при розробці раціонів для відгодівлі свиней необхідно враховувати не лише загальний рівень протеїну, а й якісний склад амінокислот та їхню біодоступність. Це дозволяє оптимізувати процеси білкового синтезу, покращити обмін речовин, підвищити продуктивність і забезпечити отримання високоякісної м'ясної продукції з необхідними споживчими властивостями.

Активне нарощення м'язової тканини у свиней вимагає стабільного та збалансованого постачання амінокислот із плазми крові, оскільки саме з неї м'язові клітини отримують необхідні субстрати для білкового синтезу. Таким чином, амінокислотний профіль плазми є критичним біохімічним індикатором, що визначає потенціал тварини до росту, особливо на заключних етапах відгодівлі (Zviereva & Chorna, 2019; Vyslotska et al., 2021).

У дослідженнях Naresh Regmi та співавт. було показано, що рівень лізину в раціоні чинить значний вплив на концентрацію цілої низки амінокислот у плазмі крові свиней на пізній стадії відгодівлі. Зокрема, встановлено, що достатнє забезпечення тварин лізином призводить до зниження вмісту в плазмі наступних семи амінокислот: треоніну, гістидину, фенілаланіну, ізолейцину, валіну, аргініну та цитруліну. Проте за подальшого підвищення вмісту лізину понад оптимальний рівень, концентрація цих амінокислот уже не знижувалася, що свідчить про досягнення метаболічної межі засвоєння лізину та його впливу на амінокислотний баланс (Ibatulin & Zhukorskyi, 2017; Abdallah et al., 2019).

Це дозволяє зробити висновок, що збільшення вмісту лізину в раціоні, хоча й позитивно впливає на темпи росту свиней, не є єдиним чинником, що визначає ефективність білкового синтезу на заключних етапах відгодівлі. Для забезпечення подальшого росту скелетних м'язів необхідно підтримувати відповідну концентрацію не лише лізину, а й інших незамінних амінокислот у крові. Це можливо шляхом введення до раціону кормових добавок, збагачених окремими амінокислотами або їх збалансованими композиціями.

Таким чином, підвищення концентрації незамінних амінокислот у плазмі крові через цілеспрямоване збагачення раціонів є перспективною стратегією посилення м'язового росту на пізніх етапах відгодівлі. Це підтверджує необхідність не лише загального забезпечення тварин лізином, а й постійного контролю за плазмовим амінокислотним профілем, що є важливою умовою для реалізації генетичного потенціалу продуктивності (Susol et al., 2018).

Одним із критичних чинників, що обмежує ефективність використання протеїну в годівлі свиней, є дисбаланс амінокислотного складу кормів. У випадках, коли одна з незамінних амінокислот, зокрема лізин, надходить у недостатній кількості, організм тварини синтезує білки відповідно до рівня цієї лімітуючої амінокислоти. Надлишкові амінокислоти, які не можуть бути використані для побудови білкових молекул, дезамінуються з утворенням аміаку, що трансформується у сечовину в процесі, який супроводжується значними енергетичними витратами. Це, в свою чергу, знижує ефективність використання корму і призводить до зменшення середньодобових приростів.

Наукова новизна дослідження полягає в експериментальному обґрунтуванні доцільності підвищення рівня лізину в сирому протеїні до 6,6 % в умовах зменшеного використання зерна пшениці в складі комбікорму. Отримані результати дозволяють не лише забезпечити повноцінну білкову годівлю молодняка свиней при відгодівлі до вищих вагових кондицій, але й зменшити втрати азоту через дезамінування, оптимізувати метаболічні процеси та покращити харчову цінність м'яса і печінки як кінцевої продукції (Amdi et al., 2015).

Мета дослідження

Метою дослідження є аналіз сучасних підходів до білково-амінокислотного забезпечення в годівлі свиней та обґрунтування доцільності використання амінокислотних кормових добавок, зокрема лізину, для підвищення продуктивності та якості свинини.

Матеріал і методи досліджень

Дослідження проводилося на молодняку свиней при груповому утриманні в спеціалізованому приміщенні для вирощування та відгодівлі. Годівля тварин здійснювалася згідно з чинними нормами годівлі. Тварини отримували комбікорм (зернову суміш), який роздавали в годівниці один раз на добу. Доступ до питної води був вільним.

Для проведення досліду було сформовано дві експериментальні групи по 12 голів свиней у кожній. У дослідженні використано молодняк свиней помісного походження (велика біла × ландрас), відібраний за принципом аналогів з урахуванням віку, живої маси та фізіологічного стану. Дослід проводили в умовах типового свинарського господарства, адаптованого для вирощування та відгодівлі тварин у груповому утриманні.

Тварини обох груп отримували повнораціонний комбікорм, приготований безпосередньо в господарстві з використанням зерна фуражної пшениці, силосованого вологого зерна кукурудзи, соняшникової макухи та білково-вітамінно-мінеральних добавок (БВМД). Для тварин дослідної групи раціон додатково збагачували білково-вітамінно-мінеральним преміксом (БВМП), що містив підвищену концентрацію лізину. Введення БВМП було спрямоване на корекцію амінокислотного складу сирого протеїну раціону з метою досягнення рівня 6,6 % лізину у складі сирого протеїну порівняно з 4,8 % у контрольній групі.

Годівля проводилася відповідно до встановлених норм годівлі свиней на відгодівлі, згідно з чинними рекомендаціями (Wang et al., 2018; Abdallah et al., 2019). Комбікорм тварини споживали один раз на добу через автоматичні годівниці. Вільний доступ до питної води забезпечувався за допомогою ніпельних поїлок.

Відгодівля тривала в чотири періоди, після завершення кожного з яких проводили облік фактичного споживання кормів, визначення валових приростів (кг) та середньодобових приростів (г), розрахунок витрат корму на 1 кг приросту живої маси, у тому числі: у перерахунку на кормові одиниці (к. од.), обмінну енергію (МДж); споживання основних амінокислот: лізину, метіоніну з цистином (г).

Комбікорм для обох груп мав однакову поживну цінність: 16,5 % сирого протеїну, проте відрізнявся за вмістом лізину в складі протеїну – 4,8 % у контрольній групі та 6,6 % у дослідній. Корм також забезпечував потребу тварин у макро- і мікроелементах, а також у вітамінах відповідно до встановлених норм годівлі.

Період відгодівлі тривав 109 днів. Під час досліду визначали з'їдену кількість корму, валовий та середньодобовий приріст живої маси, витрати корму на 1 кг приросту, включно з обмінною енергією (МДж), к. од., лізином (г), метіоніном з цистином (г). Облік показників проводився поетапно, за чотирма періодами відгодівлі.

На завершення досліду тварини досягли таких вагових кондицій: 120 кг у контрольній групі та 127 кг у дослідній, що свідчить про більш інтенсивне формування м'язової маси у свиней, які отримували раціон із підвищеним вмістом лізину.

Свині дослідної групи на зрівняльному етапі також споживали однаковий із контрольною групою раціон (лізин у СП – 4,8 %), після чого у наступні три етапи основного періоду відгодівлі раціон збагачували білково-вітамінно-мінеральним преміксом (БВМП) у кількості 3 %, що дозволило підвищити вміст лізину у сирому протеїні до 6,6 %. На завершальному етапі

частку БВМП знижували до 1,5 %, унаслідок чого концентрація лізину у СП становила 4,5 %.

Результати та їх обговорення

Відповідно до діючих норм годівлі свиней, для досягнення середньодобового приросту 650 г концентрація поживних речовин у раціоні має складати 0,85–0,86 кг сухих речовин на 1 кг корму, при цьому вміст сирого протеїну – 160–163 г/кг сухої речовини. Рівень лізину у складі сирого протеїну при таких показниках повинен становити не менше 5,0 %. Аналогічне співвідношення амінокислот при підвищених темпах приросту (до 800 г/добу) також передбачає вміст лізину на рівні 5,0 % у сирому протеїні.

У наших дослідах, натомість, було досліджено вплив комбікормів із вмістом лізину на рівні 6,6 % у складі сирого протеїну, що на 1,6 % перевищує нормативний показник, за незмінної концентрації протеїну в раціоні (160–163 г/кг сухої речовини). Таке підвищення частки лізину дозволяє моделювати амінокислотний склад раціону, більш наближений до амінокислотного профілю м'язової тканини свиней, що є критично важливим для забезпечення інтенсивного росту, збалансованого обміну речовин і формування якісної м'ясної продукції.

У таблиці подано показники поживної цінності раціонів свиней контрольної та дослідної груп упродовж основного періоду відгодівлі. Обидві групи споживали однакову кількість базових кормових компонентів: силосоване вологе зерно кукурудзи (0,7 кг), соняшникову макуху (0,15 кг), фуражну пшеницю (0,86 кг) та білково-вітамінно-мінеральну добавку (БВМД, 0,19 кг). Загальна добова даванка становила 1,9 кг.

Таблиця 1

Порівняльна оцінка поживності раціону годівлі свиней контрольної та дослідної груп в основний період досліду

Показник	Група		
	Контрольна	Дослідна	±
Вологе зерно кукурудзи, кг	0,60	0,60	-
Соняшникова макуха, кг	0,13	0,13	-
БВМД 10 %, кг	0,18	0,18	-
Пшениця фуражна, кг	0,86	0,86	-
БВМП, кг	-	0,057	-
Добова даванка, кг	1,9	1,9	-
Поживна цінність добового раціону:			
Сухої речовини, кг	1,5	1,5	0
Кормових одиниць	2,2	2,2	0
Обмінної енергії, МДж	26	26	0
Сирого протеїну, г	312,5	312,5	0
Лізину, г	15,6	20,6	+5,
Метіоніну+цистину, г	9,3	9,5	+0,2
Триптофану, г	3,3	3,2	-0,1
Треоніну, г	11,8	12	+0,2
Кальцію, г	12,4	14,8	+0,4
Фосфору, г	9,8	10,8	+1
Заліза, мг	2168	2654	+486
Міді, мг	44	51,3	+7,3
Цинку, мг	198	239	+41
Марганцю, мг	403	497	+94
Кобальту, мг	2,6	3,6	+1,0
Йоду, мг	1,8	2,1	+0,3
Каротину, мг	6,0	6,0	0
Вітаміну А, МО	11400	14389	+2989
Вітаміну D, МО	3	3,6	+0,6
Вітаміну Е, мг	122	137	+15
Вітаміну B_1, мг	9,6	9,6	0
Вітаміну B_2, мг	7	8,2	+1,2
Вітаміну B_3, мг	39,1	44,8	+5,7
Вітаміну B_4, мг	1,5	1,5	0
Вітаміну B_5, мг	143	151,5	+8,5
Вітаміну B_{12}, мкг	28,5	34,2	+5,7

Відмінністю дослідної групи було додаткове введення білково-вітамінно-мінерального преміксу (БВМП) у кількості 0,057 кг на добу, що суттєво вплинуло на амінокислотний склад та збагачення мікронутрієнтами.

Хоча показники за вмістом сухої речовини, обмінної енергії, кормових одиниць та сирого протеїну в обох групах були ідентичними (1,5 кг СР, 25 МДж ОЕ, 2,3 к. од., 313,5 г СП відповідно), вміст лізину в добовому раціоні дослідної групи становив 20,7 г, що на 5,2 г (33,5 %) більше, ніж у контрольній (15,5 г). Таке зростання рівня лізину є ключовим у контексті досягнення високих темпів нарощування м'язової маси у свиней.

Також у дослідній групі спостерігалося зростання вмісту інших важливих амінокислот: метіоніну з цистином (+0,2 г), треоніну (+0,2 г), що вказує на більш збалансований амінокислотний профіль. Незначне зниження рівня триптофану (-0,1 г) не мало істотного впливу на загальний баланс.

Мінеральний склад добового раціону дослідної групи був збагачений: залізо (+486 мг), мідь (+7,3 мг), цинк (+38 мг), марганець (+91 мг), кобальт (+0,8 мг), йод (+0,3 мг). Це свідчить про кращу забезпеченість мікроелементами, необхідними для процесів кровотворення, ферментативної активності та загальної резистентності організму.

За вітамінним складом також спостерігається позитивна динаміка: вітамін А у дослідної групи перевищував контрольну на 2989 МО, вітамін Е – на 15 мг, вітаміни групи В (В2, В3, В5, В12) – у межах від +1,2 до +8,5 одиниць. Це могло забезпечити кращий енергетичний та білковий обмін, зниження стресових реакцій і посилення імунної відповіді.

Отже, дослідна група отримувала поживно більш повноцінний, біологічно ефективніший раціон, головною відмінністю якого було значне підвищення рівня лізину при незмінному загальному рівні протеїну та енергії. Такий підхід дозволяє оцінити ефективність не лише за кількісними показниками приросту, а й за якістю м'яса, забійними характеристиками та біохімічними показниками обміну речовин.

Аналіз продуктивних показників свиней за період основної відгодівлі (109 діб) засвідчив відмінності в інтенсивності росту тварин залежно від складу комбікорму, зокрема – рівня лізину в сирому протеїні раціону.

Збільшення приростів у дослідній групі можна пояснити більш збалансованим амінокислотним складом раціону, зокрема за лізином – лімітуючою амінокислотою для свиней, яка визначає рівень синтезу білка м'язової тканини. Наявність у раціоні достатньої кількості лізину сприяла ефективнішому використанню кормового протеїну, зменшенню енергетичних втрат на дезамінування надлишку інших амінокислот, а також активнішому формуванню м'язового компоненту туші (Chumachenko & Fedak, 2018).

Результати, отримані під час проведення забою тварин після завершення періоду відгодівлі, підтвердили ефективність згодовування комбікорму з підвищеним вмістом лізину. У дослідної групи свиней, які споживали раціон з лізином на рівні 6,6 % у складі сирого протеїну, забійні показники виявилися суттєво вищими, ніж у контрольної групи.

Таблиця 2

Відгодівельні показники молодняка свиней контрольної і дослідної груп (M ± m, n = 12)

Показник	Група	
	контрольна	дослідна
Жива маса 1 голови:		
на початок основного періоду, кг	45,4 ± 0,87	45,8 ± 0,92
на кінець періоду відгодівлі, кг	120,3 ± 2,4	127,8 ± 1,8*
Приріст живої маси, кг	75 ± 1,8	82 ± 2*
Тривалість періоду відгодівлі, діб	109	109
Середньодобовий приріст, г	690	760
% до контролю	100	108,2

*P < 0,05

Таблиця 3

Забійні якості піддослідних свиней (M ± m, n = 3)

Показник	Група	
	контрольна	дослідна
Передзабійна жива маса, кг	120,8 ± 0,7	129,3 ± 1,5*
Забійна маса, кг	89,3 ± 2,3	102,2 ± 1,7*
Забійний вихід, %	73,9 ± 2,4	79,8 ± 1,2
Маса туші, кг	72,7 ± 2,6	82,8 ± 2,2*
Вихід туші, %	59,8 ± 2,1	63,4 ± 1,1
Внутрішній жир, кг	2,25 ± 0,48	1,37 ± 0,24
Печінка, г	1598 ± 62	1676 ± 0,8
Серце, г	433 ± 18	447 ± 18
Легені, г	545 ± 74	527 ± 94
Нирки, г	257 ± 30	279 ± 44
Середня товщина шпику, см	5,12 ± 0,19	4,89 ± 0,22

*P < 0,05

Дані, наведені в таблиці 3 свідчать про суттєве покращення забійних ознак у свиней дослідної групи порівняно з контрольною. Встановлено, що перед забійна жива маса у тварин дослідної групи становила 129,3 ± 1,4 кг, що на 8,5 кг (або 6,7 %) більше, ніж у контрольній (120,8 ± 0,7 кг). Цей приріст був статистично достовірним (P < 0,05).

Забійна маса у дослідної групи була також значно вищою – 102,2 ± 1,7 кг проти 102,2 ± 2,3 кг у контролі, що свідчить про кращу реалізацію живої маси у м'ясну продукцію. Забійний вихід підвищився з 73,9 ±

2,4 % у контрольній групі до 79,8 ± 1,2 % у дослідній, що є дуже вагомим економічним показником ефективності годівлі.

Маса туші у дослідній групі склала 82,8 ± 2,2 кг, перевищуючи показник контролю на 10,2 кг (при P < 0,05). Вихід туші також був вищим у дослідній групі – 63,4 ± 1,1 % проти 59,8 ± 2,1 %, що підтверджує переваги оптимізованого за вмістом лізину раціону.

Крім того, у свиней дослідної групи відмічено менше накопичення внутрішнього жиру – 1,37 ± 0,24 кг проти 2,25 ± 0,48 кг у контролі, що вказує на більшу інтенсивність м'язоутворення порівняно з ліпогенезом.

Середня товщина шпику у тварин дослідної групи становила 4,89 ± 0,22 см, що на 5,6 % менше, ніж у контрольній (5,12 ± 0,19 см), що є важливим показником м'ясної кондиції туші.

Органна маса також продемонструвала загальну тенденцію до переваги дослідної групи: печінка, серце, нирки у дослідних тварин були масивнішими, хоч ці відмінності не досягли статистичної достовірності, а маса легень залишалась у межах похибки.

Таким чином, отримані результати свідчать, що використання комбікорму з підвищеним умістом лізину (6,6 % у складі сирого протеїну) забезпечує покращення забійних ознак, м'ясної продуктивності та морфологічної структури туші свиней. Це підтверджує доцільність оптимізації амінокислотного складу раціонів при відгодівлі молодняку свиней до вищих вагових кондицій.

Зокрема, жива маса на момент забою у тварин дослідної групи становила 129,3 кг, що перевищувало аналогічний показник контрольної групи (120,8 кг). Забійний вихід у дослідній групі був вищим на 3,6 %, що свідчить про кращу реалізацію живої маси в м'ясну продукцію. Також маса туші у тварин дослідної групи була вищою порівняно з контрольною, що є підтвердженням більш інтенсивного росту м'язової тканини та кращого засвоєння поживних речовин.

Окрему увагу заслуговує показник товщини шпику, яка виявилася на 5,8 % меншою у дослідної групи порівняно з контрольною. Це є надзвичайно важливим критерієм м'ясної продуктивності, адже свідчить про переважний розвиток м'язової тканини за рахунок зниження відкладення жиру.

Таким чином, застосування комбікорму з вищим вмістом лізину забезпечило покращення забійних якостей свиней, зокрема підвищення забійного виходу, маси туші та зменшення товщини шпику. Отримані результати підтверджують доцільність оптимізації амінокислотного складу раціонів, особливо щодо вмісту лізину, для підвищення ефективності відгодівлі та покращення якісних показників свинини як харчового продукту (Povod, 2011).

При оцінюванні якості свинини першочергову увагу приділяють показникам, що визначають її товарний вигляд, споживчу привабливість та технологічну придатність до переробки. До таких показників належать: соковитість, колір (інтенсивність забарвлення), реакція середовища (pH), мармуровість, жирнокислотний склад та інші фізико-хімічні властивості, які безпосередньо залежать від умов годівлі тварин.

З-поміж перелічених показників інтенсивність забарвлення м'яса займає ключове місце з позиції сприйняття споживачем, оскільки вона формує первинне враження про свіжість і якість м'ясної продукції. Забарвлення м'яса, зумовлене вмістом міоглобіну та ступенем окисно-відновних перетворень його похідних, відображає не лише біохімічні процеси в м'язовій тканині, а й стан м'яса протягом його зберігання.

Варто зазначити, що умови та склад годівлі, зокрема вміст білка і незамінних амінокислот, можуть істотно впливати на якісні характеристики м'яса, включаючи колір, кислотність, структуру тканини та жирнокислотний профіль. Підвищення рівня лізину в раціоні, як однієї з основних амінокислот у м'язовому білку, потенційно сприяє покращенню структурно-функціонального стану м'язової тканини, що проявляється в поліпшенні мармуровості, соковитості й збереження органолептичних якостей м'яса при зберіганні (Wang et al., 2018).

Таблиця 4

Показники якості найдовшого м'яза спини піддослідних тварин (M ± m, n = 3)

Показник	Група	
	контрольна	дослідна
Загальна волога, %	68,8 ± 0,4	75,3 ± 0,6**
у т.ч. вільна волога, %	19,8 ± 0,6	16,9 ± 0,7
зв'язана волога, %	49,3 ± 1,2	54,7 ± 1,1*
Суха речовина, %	29,5 ± 0,8	28,3 ± 0,7
Білок, %	21,6 ± 0,4	22,9 ± 0,7
Жир, %	6,3 ± 0,2	3,2 ± 0,6**
pH	5,58	5,75
Ніжність, см/г азоту	267,0 ± 2,6	292,0 ± 3,8**
Мармуровість, коеф.	17,5 ± 0,8	19,7 ± 1,4

*P < 0,05, **P < 0,01

В основі отриманих результатів встановлено суттєві відмінності у фізико-хімічних характеристиках м'язової тканини між контрольною та дослідною групами.

Зокрема, вміст загальної вологи у зразках дослідної групи становив 75,3 ± 0,6 %, що достовірно (P < 0,01) перевищує показник контрольної групи (68,8 ± 0,4 %). Це свідчить про покращення волого утримуючої здатності тканин. Водночас спостерігалося зни-

ження вмісту вільної вологи у дослідній групі (16,9 ± 0,7 % проти 19,8 ± 0,6 % у контролі), що є позитивним показником з огляду на зменшення ймовірності втрати рідини при зберіганні та термічній обробці.

Вміст зв'язаної вологи у дослідній групі був достовірно вищим (54,7 ± 1,1 %, P < 0,05) порівняно з контрольною (49,3 ± 1,2 %), що також підтверджує підвищення водозв'язувальної здатності м'язової тканини.

Вміст сухої речовини у дослідній групі виявився дещо нижчим (28,3 ± 0,7 %) порівняно з контрольною (29,5 ± 0,8 %), що пов'язано зі збільшенням загальної вологи. Білковий компонент зріс до 22,9 ± 0,7 % у дослідній групі проти 21,6 ± 0,4 % у контролі, свідчачи про покращення харчової цінності м'яса.

Особливо варто відзначити достовірне (P < 0,01) зниження вмісту жиру у м'ясі дослідної групи (3,2 ± 0,6 %) у порівнянні з контрольною (6,3 ± 0,2 %), що є важливою перевагою з позиції дієтичного харчування. Також встановлено підвищення pH у дослідній групі (5,75 проти 5,58), що може позитивно впливати на технологічні та органолептичні властивості продукції.

Одним із ключових якісних параметрів є ніжність м'яса, яка в дослідній групі була значно вищою (292,0 ± 3,8 см/г азоту) порівняно з контрольною (267,0 ± 2,6 см/г азоту, P < 0,01). Це є свідченням кращої структурної організації тканин. Показник мармуровості у дослідній групі також був вищим (19,7 ± 1,4 проти 17,5 ± 0,8), хоч і без статистично достовірної різниці.

Показник pH м'яза у свиней дослідної групи становив 5,70, тоді як у контролі – 5,57, що може свідчити про більш оптимальний перебіг гліколізу та кращі умови збереження фізико-хімічних властивостей м'яса.

Проведена оцінка якості м'яса свиней, які отримували комбікорм із підвищеним вмістом лізину (6,6 % у складі сирого протеїну), показала тенденцію до поліпшення основних морфо-біохімічних та фізико-хімічних показників м'язової тканини. Зокрема, виявлено збільшення загального вмісту вологи в м'ясі, що свідчить про підвищену соковитість продукту та кращі органолептичні властивості. Особливо важливим є зростання частки зв'язаної вологи на 5,2 %, що забезпечує стабільність структури м'язової тканини, підвищує її кулінарну придатність та зменшує втрати при термічній обробці.

Інтенсивність забарвлення м'яса, як один із ключових показників товарного вигляду, за результатами дослідження істотно не відрізнялася між контрольними і дослідними тваринами, що свідчить про стабільність цього параметра при зміні амінокислотного профілю раціону.

На основі отриманих даних можна зробити обґрунтований висновок, що балансування раціону за основними незамінними амінокислотами – лізином на рівні 6,6 % у складі сирого протеїну, метіоніном із цистином – 3,0 %, триптофаном – 1,0 %, треоніном – 3,8 %, – а також із урахуванням оптимального рівня макро- і мікроелементів та вітамінів, дозволяє забезпечити високу ефективність використання силосованого зерна кукурудзи у складі комбікорму, навіть за мінімального вмісту фуражної пшениці (35 %) і відсутності ячменю.

Також слід відзначити зростання вмісту сухої речовини на 1,2 % та підвищення ніжності м'яса, що є вагомими характеристиками якості, які підвищують цінність м'яса як продукту харчування та покращують його споживчі властивості.

Обмін речовин у тваринному організмі відбувається за активної участі кровоносної системи, яка забезпечує транспорт речовин між клітинами та зовнішнім середовищем. Саме тому дослідження біохімічних показників крові тварин є важливим індикатором фізіологічного стану організму, рівня обмінних процесів, а також ефективності годівлі. Ці показники мають прямий вплив на продуктивність, ріст, розвиток та якість кінцевої продукції – м'яса (Bibik & Pashchenko, 2017).

Білки сироватки крові, які є основним резервом азоту в організмі, поділяються на чотири основні фракції: альбуміни, α-, β- і γ-глобуліни. Кожна з цих фракцій виконує специфічні функції. Альбуміни беруть участь у транспортуванні ліпідів, жирних кислот і вуглеводів, а також у підтриманні онкотичного тиску.

Глобуліни – є компонентами імунної системи, беруть участь у захисних реакціях організму, а також у формуванні білково-ліпідних комплексів.

Збільшення частки альбумінів може свідчити про підвищену активність синтетичних процесів у печінці, що характерно для тварин, які отримують збалансований, багатий на незамінні амінокислоти раціон.

Наявність позитивних змін у фізико-хімічному складі м'яса (зокрема, підвищення зв'язаної вологи, білка, зниження вмісту жиру, покращення ніжності) у свиней дослідної групи є відображенням оптимізації білкового та амінокислотного обміну, що тісно пов'язаний із біохімічним складом крові.

Таким чином, науково підтверджено, що згодовування комбікорму із вмістом лізину 6,6 % у складі сирого протеїну позитивно впливає на метаболічний статус тварин, сприяє кращому засвоєнню поживних речовин, активізує білковий обмін, що, своєю чергою, забезпечує підвищення продуктивності та покращення якості м'яса.

Гематологічний аналіз крові свиней дозволяє оцінити стан обміну речовин, адаптаційні можливості організму та ефективність використання поживних речовин з раціону. Відповідні дані подані в таблиці 5.

У дослідній групі відзначено тенденцію до підвищення рівня еритроцитів, що склало 7,6 ± 0,33 Т/л у порівнянні з 7,3 ± 0,18 Т/л у контрольній групі, або 108,2 % до контролю. Підвищення кількості еритроцитів свідчить про стимуляцію еритропоезу, що може бути пов'язано з покращенням загального фізіологічного стану тварин, збільшенням споживання поживних речовин або позитивним впливом дослідного чинника на функцію кровотворних органів.

Таблиця 5
Гематологічні показники крові піддослідних свиней (M ± m, n = 3)

Показники	Групи		% до контролю
	контрольна	дослідна	
Еритроцити, Т/л	7,3 ± 0,18	7,6 ± 0,33	108,2
Гемоглобін, г/л	108,2 ± 6,84	119,7 ± 6,84	110,8
Загальний білок, г/л	84,3 ± 2,54	89,6 ± 2,37	106,5
Альбуміни, %	38,7 ± 2,24	43,4 ± 3,47	107,5
Глобуліни всього, %	35,5 ± 1,86	37,4 ± 2,11	106,7
Амінний азот, ммоль/л	5,32 ± 0,15	5,75 ± 0,13*	90,3
Креатинін, ммоль/л	0,069 ± 0,014	0,077 ± 0,013	111,6
Холестерин, ммоль/л	2,57 ± 0,17	2,14 ± 0,08	81,6
Глюкоза, ммоль/л	4,8 ± 0,83	3,7 ± 0,16	79,9
Загальний кальцій, ммоль/л	3,13 ± 0,15	2,98 ± 0,09	94,4
Неорганічний фосфор, ммоль/л	2,13 ± 0,10	2,05 ± 0,09	97,3
Залізо, мкмоль/л	18,6 ± 0,86	22,8 ± 1,04	116,3
Лужний резерв, ммоль/л	20,18 ± 1,04	22,87 ± 1,08	119,8

*P < 0,05

Також спостерігається зростання концентрації гемоглобіну в дослідній групі – 119,7 ± 6,84 г/л проти 108,2 ± 6,84 г/л у контролі (110,8 %). Збільшення цього показника свідчить про підвищену здатність крові до перенесення кисню, що має важливе значення для підтримання енергетичного обміну, особливо в умовах підвищеної функціональної активності організму.

Загалом такі зміни в гематологічному профілі дозволяють зробити висновок про підвищення адаптаційних можливостей організму та активізацію процесів кровотворення у тварин дослідної групи.

Аналіз білкового профілю сироватки крові показав підвищення рівня загального білка у дослідній групі – 89,6 ± 2,37 г/л проти 84,3 ± 2,54 г/л у контролі, що становить 106,5 % до контрольного показника. Це свідчить про активізацію білково-синтетичних процесів у печінці, а також про стабільний білковий обмін в організмі.

Окремо варто відзначити зростання вмісту альбумінів у дослідній групі (43,4 ± 3,47 % проти 38,7 ± 2,24 %, або 107,5 % до контролю), що свідчить про посилення синтетичної функції печінки та покращення транспортної здатності крові. Підвищення рівня глобулінів (37,4 ± 2,11 % проти 35,5 ± 1,86 %, або 106,7 %) може бути опосередкованим свідченням активації імунобіологічних процесів, що вказує на зростання резистентності організму до зовнішніх чинників.

Отже, загальне зростання білкових фракцій може розглядатися як позитивний метаболічний ефект, пов'язаний з підвищеною функціональною активністю організму в дослідній групі.

Що стосується азотистого та енергетичного обміну, в дослідній групі виявлено достовірне підвищення рівня амінного азоту в сироватці крові — 5,75 ± 0,13 ммоль/л (P < 0,05) проти 5,32 ± 0,15 ммоль/л у контрольній. Це свідчить про активізацію протеолітичних процесів, зростання білкового обміну або підвищену утилізацію амінокислот у тканинах. Ймовірно, це також є результатом інтенсивнішого обміну азотовмісних сполук.

Паралельно з цим спостерігалося підвищення рівня креатиніну (0,077 ± 0,013 ммоль/л у дослідній проти 0,069 ± 0,014 ммоль/л у контрольній групі, або 111,6 %), що може свідчити про посилення м'язового метаболізму та зростання енерговитрат тварин.

Натомість рівні глюкози та холестерину у сироватці крові знизилися: глюкоза – 3,7 ± 0,16 ммоль/л проти 4,8 ± 0,83 ммоль/л (79,9 %); холестерин – 2,14 ± 0,08 ммоль/л проти 2,57 ± 0,17 ммоль/л (81,6 %).

Це зниження, за умови стабільного загального стану організму, може вказувати на ефективнішу утилізацію глюкози клітинами, зниження ліпідного навантаження, а також нормалізацію вуглеводного та жирового обміну, що позитивно позначається на загальній адаптаційній реакції організму.

У дослідній групі зафіксовано незначне зниження рівнів загального кальцію та неорганічного фосфору — 2,98 ± 0,09 ммоль/л та 2,05 ± 0,09 ммоль/л відповідно (94,4 % та 97,3 % до контролю). Такі зміни можуть бути наслідком підвищеного використання мінеральних елементів у процесах кісткоутворення, тканинного росту або внутрішньоклітинного фосфорилювання.

Натомість рівень заліза у дослідній групі був істотно вищим – 22,8 ± 1,04 мкмоль/л проти 18,6 ± 0,86 мкмоль/л у контрольній, що становить 116,3 %. Це підтверджує результати щодо еритроцитів і гемоглобіну, оскільки залізо є ключовим елементом для синтезу гемоглобіну та функціонування еритроцитів.

Значне підвищення лужного резерву у дослідній групі (22,87 ± 1,08 ммоль/л проти 20,18 ± 1,04 ммоль/л, або 119,8 % до контролю) свідчить про посилення буферної системи крові та кращу здатність організму підтримувати стабільний кислотно-лужний баланс. Це є важливою умовою для підтримки ефективного обміну речовин на клітинному рівні та нормального функціонування ферментних систем.

Аналіз гематологічних і біохімічних показників крові показав, що в тварин дослідної групи спостерігаються стабільні позитивні зрушення, зокрема: активізація кровотворення (підвищення еритроцитів, гемоглобіну, заліза), покращення білкового обміну (зростання загального білка, альбумінів і глобулінів), інтенсифікація енергетичного обміну (зміни амінного азоту, креатиніну), оптимізація вуглеводного та ліпідного

обміну (зниження глюкози й холестерину), підвищення буферної ємності крові (ріст лужного резерву).

Отримані результати свідчать про позитивний вплив дослідного чинника на обмінні процеси та функціональний стан організму.

Результати проведеного дослідження морфологічного та біохімічного складу крові свиней вказують на істотні зміни у фізіологічному стані тварин під впливом підвищеного рівня лізину (6,6 %) у сирому протеїні раціону. Порівняльний аналіз контрольної та дослідної групи демонструє, що використання білково-вітамінно-мінерального преміксу з підвищеним вмістом лізину позитивно вплинув на обмін речовин, особливо на білковий та енергетичний обміни.

У дослідній групі свиней, які отримували раціон з вищим рівнем лізину, спостерігалося:

- підвищення концентрації загального білка у сироватці крові на 6,0 %, що свідчить про інтенсифікацію білкового синтезу, покращення засвоєння протеїну та ефективніше використання амінокислот. Це також може вказувати на покращену функцію печінки – головного органа білкового метаболізму;
- зростання вмісту альбумінів на 2,9 % та глобулінів на 1,9 %, що характеризує підвищену активність синтетичних процесів у печінці. Альбуміни, як низькомолекулярні білки, виконують транспортну функцію, підтримують онкотичний тиск плазми, а також беруть участь у підтримці гомеостазу. Глобуліни, у свою чергу, є важливими компонентами імунної системи, і їх зростання може бути ознакою підвищеної резистентності організму;
- зниження рівня амінного азоту на 10,7 % у дослідній групі – це ознака більш ефективного використання амінокислот на синтез тканинних білків, а не на дезамінування з подальшим утворенням сечовини. Зменшення амінного азоту у плазмі підтверджує гіпотезу про зменшення азотистого навантаження на печінку.

Крім цього, важливу роль у процесах обміну речовин відіграють еритроцити та гемоглобін. Еритроцити, як основні формені елементи крові, відповідають за транспортування кисню від легенів до тканин та вуглекислого газу – у зворотному напрямку. У дослідній групі кількість еритроцитів зросла на 8,1 %, а концентрація гемоглобіну підвищилася на 10,7 % порівняно з контролем.

Це свідчить про покращення кисневого забезпечення тканин, особливо м’язової тканини, що могло сприяти інтенсивнішому росту, кращому засвоєнню поживних речовин і формуванню якіснішого м’ясного білка. Зростання гемопоетичної активності може бути наслідком не лише збалансованого амінокислотного складу раціону, а й підвищеного вмісту мікроелементів (заліза, міді, кобальту), які є кофакторами для синтезу гемоглобіну.

Додатково, підвищення рівня заліза в крові на 15,2 % вказує на поліпшення процесів еритропоезу та метаболізму кисню. А збільшення лужного резерву на 19,4 % є показником стабільного кислотно-лужного балансу в організмі, що забезпечує оптимальні умови для ферментативної активності та метаболізму білків.

Водночас, зниження рівня глюкози на 20,4 % та холестерину на 18,5 % може бути свідченням активного використання енергії на ріст і синтез тканинних структур, що відповідає підвищеним приростам живої маси свиней дослідної групи.

Відповідно до діючих норм годівлі свиней, для досягнення середньодобового приросту 650 г концентрація поживних речовин у раціоні має складати 0,85–0,86 кг сухих речовин на 1 кг корму, при цьому вміст сирого протеїну – 160–163 г/кг сухої речовини. Рівень лізину у складі сирого протеїну при таких показниках повинен становити не менше 5,0 %. Аналогічне співвідношення амінокислот при підвищених темпах приросту (до 800 г/добу) також передбачає вміст лізину на рівні 5,0 % у сирому протеїні.

У наших дослідах, натомість, було досліджено вплив комбікормів із вмістом лізину на рівні 6,6 % у складі сирого протеїну, що на 1,6 % перевищує нормативний показник, за незмінної концентрації протеїну в раціоні (160–163 г/кг сухої речовини). Таке підвищення частки лізину дозволяє моделювати амінокислотний склад раціону, більш наближений до амінокислотного профілю м’язової тканини свиней, що є критично важливим для забезпечення інтенсивного росту, збалансованого обміну речовин і формування якісної м’ясної продукції.

Висновки

У дослідній групі, що отримувала раціон із вмістом лізину 6,6 % у сирому протеїні, середньодобовий приріст становив 760 г (проти 690 г у контролі, +9,1 %). Це підтверджує, що підвищення рівня лізину в раціоні значно підвищує ефективність використання корму і сприяє зменшенню втрат енергії на неефективні метаболічні шляхи.

Загальний білок у сироватці крові зріс на 6,0 %, альбуміни – на 2,9 %, глобуліни – на 1,9 %, амінний азот знизився на 10,7 % при рівні лізину 6,6 %, що свідчить про зменшення дезамінування амінокислот і їх краще засвоєння. Кількість еритроцитів збільшилась на 8,1 %, гемоглобін – на 10,7 %, вказуючи на покращене кисневе живлення тканин. Баланс глюкози знизився на 20–15 %, холестерин – на 18,5 %, що може бути пояснено активним використанням енергії на інтенсивний білковий синтез.

Підвищений вміст лізину (6,6 %) у сирому протеїні раціону свиней дослідної групи сприяв активізації обмінних процесів, що підтверджується комплексом змін у морфологічних та біохімічних показниках крові. Зокрема, встановлено статистично достовірне підвищення вмісту гемоглобіну в крові на 10,7 %, а також збільшення кількості еритроцитів на 8,1 % порівняно з контрольною групою. Ці показники свідчать про посилення функцій кровотворення та покращення процесів транспорту кисню в організмі, що є критично важливим для підтримання інтенсивного росту й високої продуктивності свиней у період відгодівлі. Важливим свідченням ефективнішого білкового обміну є зростання рівня загального білка в сироватці крові на 6,0 %, а також альбумінів – на 2,9 % і глобулінів – на 1,9 %. Це вказує на покращення синтетичної

функції печінки та загального білкового забезпечення організму. Одночасно було зафіксовано зниження рівня амінного азоту на 10,7 %, що свідчить про зменшення процесів дезамінування внаслідок дефіциту незамінних амінокислот, і, відповідно, про економніше використання азоту на синтез білків м'язової тканини, а не на енерговитратний процес утворення сечовини.

Паралельно з активізацією білкового обміну, було встановлено позитивну динаміку мінерального обміну. Зокрема, в крові свиней дослідної групи спостерігалося зростання вмісту заліза на 15,2 %, що пов'язано з підвищеним синтезом гемоглобіну та потребою організму в транспортуванні кисню. Крім того, показник лужного резерву у дослідної групи збільшився на 19,4 %, що свідчить про зміцнення буферної системи організму, посилення ферментативної активності та стійкості до метаболічного навантаження. Такі зміни у гематологічних показниках демонструють комплексну дію високого рівня лізину на фізіологічний стан свиней, забезпечуючи не лише оптимальні умови для росту та розвитку тварин, але й підвищення їх продуктивності за рахунок більш ефективного використання поживних речовин корму. Таким чином, оптимізація амінокислотного складу протеїну, зокрема забезпечення фізіологічно обґрунтованого рівня лізину у раціоні, є ключовим чинником інтенсифікації білкового і мінерального обміну та, відповідно, формування високих продуктивних і забійних якостей свиней на відгодівлі.

При забої дослідної групи показники перевищували контроль: живкова маса +6,2 %, забійна маса +14,6 % ($P < 0.05$), вихід туші +3,6 %. Значною була й різниця в структурі тіла — маса внутрішнього жиру знизилась на 39,3 %, товщина шпику — на 5,6 %. Це демонструє, що збалансованість лізину призводить до зменшення жировідкладень за рахунок інтенсифікації м'язового синтезу.

Ці покращення пояснюються балансуванням амінокислотного складу та оптимальним pH м'язової тканини, що підвищує водозв'язувальну здатність, соковитість і смак м'яса.

Позитивні зміни біохімічних і морфологічних показників крові, а також якісні характеристики м'яса підсилюють доцільність впровадження такого амінокислотного балансування в виробництво.

Відомості про конфлікт інтересів

Автор стверджує про відсутність конфлікту інтересів.

References

Abdallah, A., Wang, J., Elemba, E., Abubakari, A.-H., Zhong, Q., & Sun, Z. (2019). Amino acid release patterns of growing pig diets formulated with different dietary protein sources. Journal of Applied Animal Research, 47(1), 417–422. DOI: 10.1080/09712119.2019.1651318.

Amdi, C., Lahrmann, H. P., Oxholm, L. C., Schild, S.-L. A., Nielsen, M. B. F., Steinmetz, H. V., & Hansen, C. F. (2015). Pen-mate directed behaviour in ad libitum fed pigs given different quantities and frequencies of straw. Livestock Science, 171, 44–51. DOI: 10.1016/j.livsci.2014.11.005.

Bibik, N. D., & Pashchenko, V. M. (2017). Rol aminokyslot u formuvanni produktyvnosti svynei. Visnyk Poltavskoi derzhavnoi agrarnoi akademii, 1, 120–123 (in Ukrainian).

Chumachenko, S. P., & Fedak, N. M. (2018). Efektyvnist vidhodivli svynei za vykorystannia konservovanoho bakterialnymy preparatamy voloho zernofurazhu. Naukovotekhnichnyi biuleten derzhavnoho naukovo-doslidnoho kontrolnoho instytutu veterynarnykh preparativ ta kormovykh dobavok i Instytutu biolohii tvaryn, 8, 88–91. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ntbibt_2018_19_2_15 (in Ukrainian).

Hlavatchuk, V. (2024). Research on the productivity of HELUX ASPERSA MAXIMA snails when fed with a lysine-methionine supplement. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 26(100), 255–262. DOI: 10.32718/nvlvet-a10039.

Ibatulin, I. I., & Zhukorskyi, O. M. (2017). Metodolohiia ta orhanizatsiia naukovykh doslidzhen u tvarynnytstvi. posibnyk. Kyiv (in Ukrainian).

Lenkov, L., Lykhach, V., Gutyj, B., Faustov, R., Lykhach, A., & Reznichenko, V. (2025). Effectiveness of the use of complex feed additive "Gepasorbex" based on active plant components in industrial pig breeding. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 27(102), 71–83. DOI: 10.32718/nvlvet-a10211.

Lytvynenko, Yu. A. (2021). Biokhimichni aspekty bilkovoho obminu u svynei pry riznykh rivniakh lizynu v ratsioni. Nauk.-tekh. biul. Instytutu tvarynnytstva NAAN, 126, 47–53 (in Ukrainian).

Martyshuk, T., Gutyj, B., Sobolieva, S., Khalak, V., Vozna, O., & Todoriuk, V. (2023). The effectiveness of the use of the feed additive "Butaselmevit-plus" as part of compound feed for young pigs. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 25(98), 92–98. DOI: 10.32718/nvlvet-a9816.

Omelian, A., & Pozniakovskiy, Y. (2017). Arginine and lysine: the impact of their correlation on the productivity of young quails. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 19(74), 44–47. DOI: 10.15421/nvlvet7410.

Povod, M. H. (2011). Zabiini ta fysyko-khimichni yakosti svynei zalezhno vid tekhnolohii vyrobnytstva svynyny. Zbirnyk nauk. prats Vinnytskoho NAU, 9(49), 135–141.

Prudyus, T. (2024). Hematological and biochemical indicators of the blood of young piglets fed with the "Globigen Jump Start" feed additive. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 26(101), 135–139. DOI: 10.32718/nvlvet-a10123.

Semchuk, I. Ya., & Stoliarchuk, P. Z. (2008). Produktyvni yakosti svynei pry zhodovuvanni kormosumishok, zbahachenykh biolohichno aktyvnymy rechovynamy. Naukovyi visnyk Lviv.

nats. un-tu vet. medytsyny ta biotekhnolohii im. S. Z. Hzhytskoho, 2–3(37), 160–163 (in Ukrainian).

Smychok, T., Gutyj, B., Kozenko, O., Todoriuk, V., Martyshuk, T., Kushnir, V., Krempa, N., Vus, U., Rudenko, O., Vozna, O., & Senechyn, V. (2023). The influence of the feed additive "Metisevit" on the activity of the antioxi-dant defense system of piglets under conditions of nitrate-nitrite load. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 25(99), 176–181. DOI: 10.32718/nvlvet-a9929.

Susol, R. L., Harmatiuk, K. V., & Khalak, V. I. (2018). Optymizatsiia systemy rozvedennia i hodivli svynei miasnoho napriamku produktyvnosti v umovakh pivdnia Ukrainy. Zernovi kultury. Dnipro, 2(12), 353–359. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/grcr_2018_2_2_24 (in Ukrainian).

Syrovatko, K. M. (2018). Vplyv bilkovo-vitaminno-mineralnoi dobavky na peretravnist pozhyvnykh rechovyn ratsioniv molodnyku svynei. Ahrarna nauka ta kharchovi tekhnolohii : zbirnyk nauk. prats. VNAU, 1(100), 35–41 (in Ukrainian).

Vyslotska, L., Gutyj, B., Khalak, V., Martyshuk, T., Todoriuk, V., Stadnytska, O., Magrelo, N., Sus, H., Vysotskyi, A., Vus, U., & Magrelo, V. (2021). The level of products of lipid peroxidation in the blood of piglets at the action feed additive "Sylimevit". Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 23(95), 154–159. DOI: 10.32718/nvlvet-a9523.

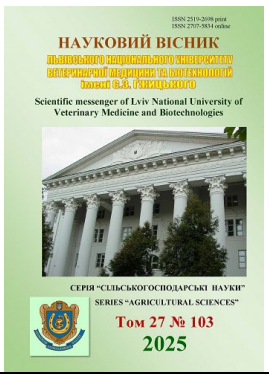
Vyslotska, L., Gutyj, B., Kozenko, O., Khalak, V., Chornyj, M., Martyshuk, T., Krempa, N., Vozna, O., & Todoriuk, V. (2021). System of antioxidant protection of the body of piglets under the action of feed additive "Sylimevit". Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences, 23(104), 10–17. DOI: 10.32718/nvlvet10402.

Wang, Y., Zhou, J., Wang, G., Cai, S., Zeng, X., & Qiao, S. (2018). Advances in low-protein diets for swine. Journal of Animal Science and Biotechnology, 9(1). DOI: 10.1186/s40104-018-0276-7.

Zasukha, L., Voloshchuk, V., Khalak, V., Gutyj, B., & Bordun, O. (2024). Reproductive qualities of sows of the large white breed of French breeding and their evaluation according to some breeding indices. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 26(100), 43–48. DOI: 10.32718/nvlvet-a10006.

Zasukha, L., Voloshchuk, V., Khalak, V., Gutyj, B., & Bordun, O. (2023). Signs of individual development of young pigs and their relationship with fattening and meat qualities under the condition of industrial technology of their cultivation. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 25(99), 257–264. DOI: 10.32718/nvlvet-a9941

Zviereva, V. V., & Chorna, S. A. (2019). Optymizatsiia aminokyslotnoho skladu kombikormiv dlia svynei. Tvarynnytstvo Ukrainy, 5, 25–28 (in Ukrainian).



Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького. Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences

ISSN 2519–2698 print
ISSN 2707-5834 online
doi: 10.32718/nvlvet-a10318
https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture

UDC 636.52:615.322

Review: Substantiation for the use of phytobiotic additives in poultry farming

V. O. Alieksieiev✉

Vinnytsia National Agrarian University, Vinnytsia, Ukraine

Article info

Received 01.07.2025
Received in revised form 04.08.2025
Accepted 05.08.2025

Vinnytsia National Agrarian University, Soniachna Str., 3, Vinnytsia, 21000, Ukraine.
Tel.: +38-063-443-37-35
E-mail: dealingdep@gmail.com

Alieksieiev, V. O. (2025). Review: Substantiation for the use of phytobiotic additives in poultry farming. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 27(103), 153–158. doi: 10.32718/nvlvet-a10318

Phytobiotic feed additives have emerged as promising natural alternatives to antibiotic growth promoters in poultry production due to their multifaceted biological activities and compatibility with sustainable farming systems. Plant-based products are simpler and more cost-effective to produce than synthetic preparations; moreover, they are less toxic, cause fewer side effects, and typically exert a slower, more gradual effect on the organism. The group of phytogenic additives includes a wide range of naturally occurring chemical compounds that have a complex impact on the host organism and influence both the normal and pathogenic microbiota. Research shows that phytobiotics inhibit the growth of pathogenic bacteria such as Salmonella spp., Clostridium perfringens, and Escherichia coli, while promoting the development of mutualistic microorganisms in the digestive tract. Certain compounds demonstrate antiparasitic activity against Eimeria spp. and other intracellular parasites, helping to maintain intestinal integrity, reduce parasitic load, and decrease bird mortality. Production trials indicate that the inclusion of phytogenic additives improves feed conversion, average daily and total body weight gain, carcass yield, laying performance, as well as the qualitative characteristics of meat and eggs – including amino acid and fatty acid profiles, oxidative stability, and the content of vitamins and trace elements. Additionally, phytobiotics stimulate the secretion of digestive enzymes and positively affect intestinal morphology by increasing villus height and the villus-to-crypt ratio, which leads to better feed digestibility and nutrient absorption. They also mitigate the negative effects of oxidative stress by enhancing the activity of endogenous antioxidants such as glutathione, superoxide dismutase, and catalase, while reducing the levels of oxidative stress markers such as malondialdehyde and conjugated dienes, thereby improving product shelf life. Accumulated scientific evidence confirms the effectiveness and safety of incorporating plant-based feed additives into poultry diets to enhance bird health and productivity. Further research should focus on the standardization of phytobiotic formulations and the investigation of synergistic interactions among individual plant-derived compounds to optimize their application in commercial poultry production.

Keywords: *phytobiotics, productivity, prophylaxis, digestive system, antioxidant status.*

Огляд: обґрунтування використання фітобіотичних добавок у птахівництві

В. О. Алєксєєв✉

Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, Україна

Фітобіотичні кормові добавки набувають все більшого значення як природна альтернатива антибіотикам-стимуляторам росту у птахівництві завдяки широкому спектру біологічної активності та відповідності принципам сталого тваринництва. Рослинні продукти простіші і дешевші у виготовленні, ніж синтетичні препарати, крім того вони менш токсичні та мають менше побічних проявів, характеризуються повільною дією на організм. Група фітогенних добавок включає в себе велику кількість хімічних речовин природнього походження, які мають комплексний вплив на макроорганізм та впливає на нормальну та патогенну мікробіоту. Дослідження показують, що фітобіотики пригнічують ріст патогенних бактерій Salmonella spp., Clostridium perfringens, Escherichia coli та сприяють розвитку мутуалістичних мікроорганізмів у травному тракті. Окремі сполуки проявляють антипаразитарну дію проти Eimeria spp. та інших внутрішньоклітинних паразитів, що сприяє збереженню цілісності кишечника, зменшенню паразитарного навантаження та смертності птиці. Виробничі випробування засвідчують, що додавання фітогенних добавок покращує конверсію

корму, середньодобовий та абсолютний приріст живої маси, вихід тушки, продуктивність несучок, а також якісні характеристики м'яса та яєць — зокрема амінокислотний, жирнокислотний склад, стабільність до окислення, вміст вітамінів та мікроелементів. Крім того, фітобіотики стимулюють секрецію травних ферментів, позитивно впливають на морфологію кишечника збільшуючи висоту ворсинок та їх співвідношення до глибини крипт, що призводить до кращої перетравності і засвоюваності кормів. Також вони дозволяють зменшити негативний вплив оксидативного стресу підвищуючи активність ендогенних антиоксидантів глутатіону, супероксиддисмутази та каталази при одночасному зменшенні рівнів маркерів оксидативного стресу (малоновий діальдегід, кон'юговані дієни), що дозволяє покращити зберігання продукції. Накопичені наукові дані підтверджують доцільність та безпечність включення рослинних кормових добавок у системи годівлі птиці для покращення її здоров'я та продуктивності. Подальші дослідження мають бути спрямовані на стандартизацію складу фітобіотиків і вивчення синергізму між окремими компонентами рослин для оптимізації їх застосування у промисловому птахівництві.

Ключові слова: *фітобіотики, продуктивність, профілатика, травна система, антиоксидантний статус*

Вступ

Метою сучасного тваринництва є збільшення продуктивності та прибутковості виробництва без негативного впливу на здоров'я організму тварин та споживача. Проте інтенсифікація виробництва призводить до виникнення несприятливих чинників навколишнього середовища, кормових та внутрішніх стресів негативно впливаючи на адаптаційні механізми організму тварин, їх здоров'я та ефективність виробництва (Shevchuk et al., 2018).

З метою контролю несприятливих факторів та стимулювання росту значного поширення набули кормові антибіотики, проте у 2006 році вони були заборонені до використання в країнах Європейського Союзу. Їх широке використання у тваринництві призвело до швидко зростаючої резистентності до антибіотиків патогенних мікроорганізмів, які викликають захворювання у людей (Chemerovska & Rublenko, 2022).

Використання препарату авопарцину як стимулятору росту сприяло розвитку стійкості бактерій до ванкоміцину – резервного антибіотику в гуманній медицині для лікування інфекцій викликаних метицилін стійким золотистим стафілококом (Kotsyumbas et al., 2013). Досліджуючи культуру *Salmonella* групи D (gallinarum, pulorum) виділену від загиблих курчат, встановлено резистентність до макролідів, метициліну, ванкоміцину, лінкозамідів та низьку чутливість до хлорамфеніколу та фторхінолонів (Kucheruk et al., 2018).

Однією з сучасних альтернатив кормовим антибіотикам є фітобіотики (фітогеники або фітокоректори) – це природні кормові добавки рослинного походження з вмістом біологічно активних речовин, які мають широкий спектр дії. Препарати на основі рослинної сировини здавна використовуються як для лікування людей, так і тварин та вважаються традиційними та безпечними (Salamon & Hrytsyna, 2019).

До групи фітогенних кормових добавок входять такі хімічні речовини як флавоноїди, глюкозиди, поліфеноли, терпеноїди, полісахариди та інші сполуки. В організмі тварин вони можуть проявляти антибактеріальну, протигрибкову, протизапальну, антиоксидантну, імуностимулюючу дію, стимулювати апетит, виділення травних соків (Wang et al., 2024).

Класифікація ЄС вирізняє такі категорії рослинних кормових добавок як ароматичні речовини (м'ята довголиста, полин однорічний), адаптогени (елеутерокок, левзея), вітаміновмісні (кропива, шипшина, нагідки), жовчогінні, антимікробні (шавлія, материнка, ромашка), для поліпшення обміну речовин, гіркоти (Palapa et al., 2016).

Ефірні олії є перспективними препаратами з антибактеріальними властивостями, адже у мікроорганізмів відсутня стійкість до цих препаратів, вони можуть використовуватися в харчовій промисловості через відсутність негативного впливу на макроорганізм завдяки природньому походженню. Ефірні олії це гідрофобні молекули, які здатні проникати через мембрани бактеріальних клітин, збільшувати їх проникність, призводячи до лізису патогенів (Upadhaya & Kim, 2017; Darmohray et al., 2018; Abd El-Hack et al., 2022).

Рослинні настої та ефірні олії можуть застосовуватися для профілактики аспергільозу птиці, адже проявляють фунгіцидні властивості пригнічуючи ріст грибів *Aspergillus flavus, Aspergillus niger* та *Aspergillus fumigatus*. Крім того, вони зменшують виділення афлатоксинів та впливають на відповідь макроорганізма, підвищуючи його резистентність (Karasenko, 2022; Karasenko & Peredera, 2022; Ogwuegbu & Mthiyane, 2024).

Фітогенні препарати проявляють лікувальні властивості при паразитозах та інвазіях внутрішньоклітинних паразитів. Механізм їх дії полягає в інгібуванні внутрішніх ферментних систем збудників, порушенні обміну речовин, викликає окислювальний стрес всередині клітин паразита, впливає на ліпідну мембрану клітин та пригнічує споруляцію. Застосування фітобіотиків дозволяє зменшити виділення ооцист та прояви кишкових уражень (Hascoët et al., 2025).

Застосування фітобіотичних кормових добавок в годівлі птиці дозволяє отримати вищі середньодобові прирости, забійну масу, масу яєць при покращенні конверсії корму та зниженні смертності поголів'я. Покращується якість продукції – довший термін зберігання, менший рівень контамінації патогенами, кращі смакові якості. У бройлерів збільшується вихід грудних і стегнових м'язів, зменшується вміст жиру, покращується амінокислотний склад та ніжність м'яса. Отримана яєчна продукція має більшу щільність шкаралупи та вміст каротиноїдів (Kolesnyk & Danchenko, 2012; Saki et al., 2014; Chudak et al., 2020; Obianwuna et al., 2024).

Вплив на показники продуктивності реалізовується, серед іншого, впливом на травну систему птиці. Активні компоненти фітобіотичних добавок стимулюють активність шлунково-кишкового тракту, збільшують висоту ворсинок дванадцятипалої кишки та

секрецію травних ферментів, що покращує перетравність та засвоюваність поживних речовин та енергії, що особливо важливо для монограстичних тварин (Hong et al., 2012; Oso et al., 2019; Abdel-Wareth & Lohakare, 2020; Zhang et al., 2021).

Фітобіотики здатні модифікувати мікробіоту кишечника збільшуючи кількість бактерій-агоністів та мутуалістів і пригнічуючи антагоністичні та умовно патогенні мікроорганізми, забезпечуючи більш повне розщеплення та засвоєння поживних речовин. Нормальна функція кишечника та взаємодія між мікробіоценозом та макроорганізмом утворює бар'єр проти патогенів та складний компонент імунної системи птиці (Kaminska, 2010; Mountzouris & Brouklogiannis, 2024).

Доведено негативний вплив окислювального стресу на продуктивність сільськогосподарської птиці через пошкодження клітин та руйнування білків і нуклеїнових кислот. Причинами оксидативного стресу можуть бути вплив харчових токсинів, забрудненого повітря, патогенних мікроорганізмів та теплового стресу. Фітогенні кормові добавки здатні збільшувати активність ферментів антиоксидантної системи організму, в тому числі глутіонпероксидази та супероксиддисмутази і, як наслідок, зменшувати в крові рівні маркерів окислювального стресу, таких як малоновий діальдегід та дієнові кон'югати (Zhukova, 2013; Wu et al., 2015; Oke et al., 2024).

Наразі фітобіотичні препарати займають невелику частку ринку кормових добавок, але демонструють найшвидші темпи росту в межах 6–7,25 % річних. Майже половина використання фітогенів припадає на галузь птахівництва. Це відносно новий, але перспективний тип кормових добавок, який почав активно застосовуватися з середини 2000-х років та викликає до себе значний інтерес виробників та науковців (Martinez et al., 2020).

Мета дослідження

Проаналізувати вітчизняні та іноземні літературні джерела щодо застосування фітобіотичних добавок у птахівництві.

Результати та їх обговорення

Птахівництво є важливою складовою продовольчої безпеки як скоростигла галузь з коротким відтворювальним циклом. Регуляторні зміни та ринкові вимоги призводять по пошуку нових груп препаратів, для забезпечення споживачів якісною та безпечною продукцією. У відповідь на заборону використання кормових антибіотиків, стрімко зріс інтерес науковців та виробників до фітогенних кормових добавок, які за дотримання певних умов, можуть також використовуватися в екологічному та органічному тваринництві (Bezhenar & Vasiuta, 2015; Wang et al., 2024).

Фітобіотичні кормові добавки вважаються безпечними як для виробничих тварин, так і для споживача через своє природнє походження та низьку токсичність. Фітобіотики не потребують періоду очікування перед забоєм та не виявляються в залишкових кількостях в продукції. Крім того, вони сумісні з іншими складовими раціонів та не викликають побічних ефектів при комбінованому використанні (Upadhaya & Kim, 2017; Oladeji et al., 2019).

Іщенко В. Д. та інші експериментально встановили, що застосування фігенної добавки "COMI BET" сприяє зменшенню смертності курей від хронічного ларинготрахеїту на 24–56 % у різних вікових груп порівняно з періодом спостереженням перед застосування кормової добавки. Протягом 3 днів після застосування зникають клінічні прояви захворювання – витікання з очей, розлади дихання та трахеїт (Ishchenko et al., 2019).

Запропоновано використання ефірних олій фенхелю 288,3 мкг/мл, 0,25–2,0 %, м'яти перцевої 135,7 мкг/мл, 1,5–3,5 % та шавлії 137,6 мкг/мл, 1,3–2,5 % для санації виробничих приміщень. Отримані дані свідчать, що ефірні олії в дозі 0,025 мл/м^3 забезпечують зниження бактеріального забруднення повітря протягом доби на 63,2 %. Концентрація гемолітичного стафілокока в повітрі знизилась в 5 разів станом на кінець експерименту (Svintytska, 2013).

В серії дослідів Чудака Р. А., Побережець Ю. М. та Вознюка О. І. було встановлено вплив екстракту Ехінацеї пурпурової на м'ясну та яєчну продуктивність перепелів. Використання добавки в дозі 12 мг/кг живої маси підвищує абсолютні прирости самиць на 13,5 % та самців на 20,3 % ($P < 0,001$) при зменшені витрати корму на 0,69 кг та на 0,56 кг відповідно на 1 кг приросту маси. Покращився амінокислотний та жирнокислотний склад м'яса та печінки, зросли ніжність м'яса грудних та стегнових м'язів та вміст фосфору, кальцію, цинку, заліза та магнію (Chudak et al., 2018; Chudak, 2019; Chudak & Poberezhets, 2020).

Яєчна продуктивність зростала при введені добавки в дозі 12 мг/кг та 18 мг/кг на 4,9 % та 6,1 % відповідно, маса яєць була вище на 2,9 % та 4,9 % ($P < 0,01$) порівняно з контрольними показниками. Зріс вміст незамінних амінокислот на 4,63 % та 1,28 % відповідно, вітаміну А на 15,4 % та 26,1 % ($P < 0,001$) та відношення маси жовтка до маси білка на 1,7 % та 5,3 % (Chudak et al., 2020).

Дослідження Антоненка П. П. та Ковальової І. В. демонструє, що додаткове згодовування препарату з вмістом семи рослинних речовин курям-несучкам збільшує масу яєць на 2,3 % та масу жовтка на 7,4 % ($P < 0,001$), яєчна продуктивність зросла на 9,3 %. Покращились забійні показники – маса непатраної тушки зросла на 19,8 % та на 8,9 % зросла кількість тушок першої категорії порівняно з контролем (Antonenko & Kovalova, 2016). Згодовування фітопрепаратів дозволяє збільшити вміст каротиноїдів в жовтку яєць в 1,9–2,38 разів та вітаміну Е на 15,2–15,6 %. Виводимість яєць зростає на 14,9–21,1 %, підвищується антиоксидантна активність жовтків яєць (Havilei et al., 2024).

Дослід Царук Л. Л. та Бережнюк Н. А. демонструє, що введення в раціон фітогенного препарату збільшує масу курчат бройлерів в 35-денному віці на 6,68 % ($P < 0,001$) та в 42-денному віці на 9,06 % ($P < 0,001$) порівняно з контролем. Споживання корму зросло на 3,65 %, але витрати корму на 1 кг приросту знизились

на 4,7 %. Маса стегнових і грудних м'язів зросла на 14,8 % та 14,24 % (Tsaruk & Berezhnyuk, 2019). Подібні результати отримані в експерименті Гунчак А. В. – за випоювання 10 % настою листя евкаліпту прирости маси тіла зросли на 16,47 %. При випоюванні настою за схемою з перервами маса тіла переважала контроль на 12,54 % (Hunchak et al., 2016).

Дані отримані Гунчак А. В. свідчать про збільшення ліполітичної активності ферментів дванадцятипалої кишки на 27,1 %, протеїназної активності на 23,9 %, амілолітичної на 41,18 % у курчат за введення препарату листя евкаліпту (Hunchak et al., 2013). Подібні результати отримані Xin Yang – додавання до основного раціону ефірних олій збільшує активність трипсину, хімотрипсину та ліпази дванадцятипалої, порожньої та клубової кишки ($P < 0,05$). При морфологічному дослідженні зразків тонкого кишківника встановлено збільшення висоти ворсинок та товщини м'язового шару (Yang et al., 2018).

Результати гістологічних досліджень Жили М. І., Шкіль М. І. та Пономаренко С. П. свідчать, що використання препарату "Біотон" в досліді на індиках, дозволяє зменшити такі дистрофічно-некротичні прояви в тканинах печінки як наявність зернистих включень або вакуоль, каріолізис, неоднорідне забарвлення цитоплазми або порушення будови часточок порівняно з контрольною групою. Зразки отримані від дослідних птахів мали збережені, чітко контуровані ядра, збережена часточкова будова (Zhyla et al., 2016).

Згідно з результатами дослідження M. Mohammadi Gheisar, A. Hosseindoust, I.H. Kim, мікрокапсульовані ефірні олії в раціоні курчат-бройлерів сприяли збільшенню ($P = 0,002$) кількості фекальних *Lactobacillus* та збільшенню засвоюваності енергії. Як наслідок протягом експерименту збільшився приріст маси ($P = 0,02$) та покращилась конверсія корму ($P = 0,01$) (Gheisar et al., 2015). K. Abouelezz та інші вказують, що додавання орегано та ефірних олій до раціону качок дозволило знизити кількість коліформних бактерій в сліпій кишці з $1,6\times10^7$ до $8,58\times10^6$ КУО ($P < 0,001$), загальну кількість аеробів з $5,0 \times10^7$ до $2,33 \times10^7$ КУО та лактозонегативних ентеробактерій з $2,27 \times10^7$ до $1,3 \times10^7$ КУО порівняно з контрольними тваринами (Abouelezz et al., 2019).

Ariane F. A. dos Santos та інші експериментально підтвердили, що екстракт жовтої суничної гуави згодований курям-несучкам стимулює активність глутатіон-S-трансферази та знижує рівень перекисного окиснення ліпідів сироватки крові. Збільшилась загальна антиоксидантна активність жовтка яєць та після 4 тижнів зберігання яйця мали нижчий pH білка та рівень перекисного окиснення ліпідів жовтка (dos Santos et al., 2020). V. Pirgozliev та інші встановили, що додавання до основного раціону курчат-бройлерів препарату з вмістом карвакролу, коричного альдегіду та олії стручкового перцю збільшувало концентрацію печінкового вітаміну E на 53,2 %, каротину на 34,3 % та коензиму Q_{10} на 19,2 % ($P < 0,05$). Дослідні птахи мали нижчий коефіцієнт конверсії корму, використовуючи на 56 г корму менше для отримання кілограма приросту ($P < 0,05$) (Pirgozliev et al., 2019).

Наведені вище біологічні ефекти фітогенних кормових добавок на здоров'я та продуктивність птиці та їх безпечність роблять їх використання доцільним для отримання більшої кількості продукції, підвищення її якості та зменшення виробничих витрат знижуючи смертність птиці на виробництві.

Висновки

Фітобіотичні кормові добавки мають значний потенціал у підвищенні ефективності птахівництва завдяки різноманіттю біологічного впливу на організм птиці. Вони сприяють профілактиці захворювань шляхом пригнічення патогенної мікрофлори та паразитів, покращують здоров'я кишківника, мікробіоти та стан травлення загалом. Застосування фітобіотиків позитивно впливає на підтримання цілісності слизової оболонки кишківника, підвищує активність ендогенних ферментів і забезпечує кращу засвоюваність поживних речовин. Це сприяє підвищенню приростів живої маси, покращенню конверсії корму, а також поліпшенню якісних показників м'яса та яєць, зокрема їх амінокислотного й антиоксидантного профілю. Крім того, фітогенні добавки захищають клітини від оксидативного стресу, що є важливим для підтримки здоров'я птиці у стресових умовах. Накопичені наукові дані підтверджують доцільність широкого впровадження фітобіотиків у сучасні системи годівлі.

Відомості про конфлікт інтересів

Автор стверджує про відсутність конфлікту інтересів.

References

Abd El-Hack, M. E., El-Saadony, M. T., Saad, A. M., Salem, H. M., Ashry, N. M., Abo Ghanima, M. M., Shukry, M., Swelum, A. A., Taha, A. E., El-Tahan, A. M., AbuQamar, S. F., & El-Tarabily, K. A. (2022). Essential oils and their nanoemulsions as green alternatives to antibiotics in poultry nutrition: A comprehensive review. Poultry Science, 101(2), 101584. DOI: 10.1016/j.psj.2021.101584.

Abdel-Wareth, A. A. A., & Lohakare, J. D. (2020). Productive performance, egg quality, nutrients digestibility, and physiological response of Bovans Brown hens fed various dietary inclusion levels of peppermint oil. Animal Feed Science and Technology, 267, 114554. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2020.114554.

Abouelezz, K., Abou-Hadied, M., Yuan, J., Elokil, A. A., Wang, G., Wang, S., Wang, J., & Bian, G. (2019). Nutritional impacts of dietary oregano and Enviva essential oils on the performance, gut microbiota and blood biochemicals of growing ducks. Animal, 13(10), 2216–2222. DOI: 10.1017/S1751731119000508.

Antonenko, P. P., & Kovalova, I. V. (2016). Sumisna diia fitododavok ta selenitu natriiu na produktyvnist′ kureinesuchok ta iakist′ produktsii za tekhnohennoho navantazhennia. Tekhnolohiia vyrobnytstva i pererobky produktsii tvarynnytstva, 2, 5–11 (in Ukrainian).

Bezhenar, I. M., & Vasiuta, T. M. (2015). Stan ta perspektyvy rozvytku ptakhivnytstva v Ukraini. Ahrosvit, 18, 41–51. (in Ukrainian).

Chemerovska, I., & Rublenko, I. (2022). Problema antybiotykorezystentnosti mikroorhanizmiv v Ukraini ta sviti. Scientific Journal of Veterinary Medicine, 2(176), 33–41. DOI: 10.33245/2310-4902-2022-176-2-33-41 (in Ukrainian).

Chudak, R. A. (2019). Produktyvnistʹ ta retentsiia mineralʹnykh elementiv u miasnykh perepeliv za dii ekstraktu ekhinatsei blidoyi. Ahrarna nauka ta kharchovi tekhnolohii: Zbirnyk naukovykh prats, 4(107), 60–71 (in Ukrainian).

Chudak, R. A., & Poberezhets, Yu. M. (2020). Aminokyslotnyi ta khimichnyi sklad miasa perepeliv za vykorystannia sukhoho ekstraktu ekhinatsei blidoyi. Slovak International Scientific Journal, 39, 54–60 (in Ukrainian).

Chudak, R. A., Poberezhets, Y. M., & Vozniuk, O. I. (2020). Efektyvnist vykorystannia fitobiotyka z Echinacei blidoyi u hodivli perepeliv (Monograph). Vinnytsia, Ukraine: Druk Plus (in Ukrainian).

Chudak, R. A., Poberezhets, Yu. M., & Vozniuk, O. I. (2018). Vplyv sukhogo “ekstraktu ekhinatsei blidoyi” na sklad pechinky perepeliv. Ahrarna nauka ta kharchovi tekhnolohii. Hodivlia tvaryn ta tekhnolohiia kormiv, 2(101), 81–89. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/anxt_2018_2_11 (in Ukrainian).

Darmohray, L., Gutyj, B., & Darmohray, O. (2018). Antimicrobic activity concept of water extract of plants *Galega orientalis* (Lam.). Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences, 20(87), 122–125. DOI: 10.15421/nvlvet8724 (in Ukrainian).

dos Santos, A. F. A., da Silva, A. S., Galli, G. M., Paglia, E. B., Dacoreggio, M. V., Kempka, A. P., Souza, C. F., Baldissera, M. D., da Rosa, G., Boiago, M. M., & Paiano, D. (2020). Addition of yellow strawberry guava leaf extract in the diet of laying hens had antimicrobial and antioxidant effect capable of improving egg quality. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 29, 101788. DOI: 10.1016/j.bcab.2020.101788.

El-Shall, N. A., Abd El-Hack, M. E., Albaqami, N. M., Khafaga, A. F., Taha, A. E., Swelum, A. A., El-Saadony, M. T., Salem, H. M., El-Tahan, A. M., AbuQamar, S. F., El-Tarabily, K. A., & Elbestawy, A. R. (2022). Phytochemical control of poultry coccidiosis: A review. Poultry Science, 101(1), 101542. DOI: 10.1016/j.psj.2021.101542.

Gheisar, M. M., Hosseindoust, A., & Kim, I. H. (2015). Evaluating the effect of microencapsulated blends of organic acids and essential oils in broiler chickens diet. Journal of Applied Poultry Research, 24(4), 511–519. DOI: 10.3382/japr/pfv063.

Hascoët, A.-S., Torres-Celpa, P., Riquelme-Neira, R., & Hidalgo-Olate, H. (2025). Evaluation of the effectiveness of a phytogenic supplement (alkaloids and flavonoids) in the control of Eimeria spp. in experimentally challenged broiler chickens. Animals, 15(6), 847. DOI: 10.3390/ani15060847.

Havilei, O. V., Pankova, S. M., Poliakova, L. L., & Chorna, H. V. (2024). Vplyv vkliuchennia fitododavky z lystia horiakha volosʹkoho v ratsion iaiech nykh kurei na vitaminnu zabezpechenistʹ ta antyoksydantni vlastyvosti iaietsʹ. Visnyk ahrarnoi nauky, 102(9), 22–30. DOI: 10.31073/agrovisnyk202409-03 (in Ukrainian).

Hong, J.-C., Steiner, T., Aufy, A., & Lien, T.-F. (2012). Effects of supplemental essential oil on growth performance, lipid metabolites and immunity, intestinal characteristics, microbiota and carcass traits in broilers. Livestock Science, 144(3), 253–262. DOI: 10.1016/j.livsci.2011.12.008.

Hunchak, A. V., Ratych, I. B., Sirko, Ya. M., Kyryliv, B. Ya., Kystsiv, V. O., Lisna, B. B., & Halushchak, L. I. (2013). Intesyvnistʹ metabolichnykh protsesiv v orhanizmi kurchat-broileriv za vypoiuvannia yim nastoiu z lystia evkalipta. Ptakhivnytstvo, 69, 92–99 (in Ukrainian)

Hunchak, A. V., Sirko, Ya. M., Kyryliv, B. Ya., Kystsiiv, V. O., Lisna, B. B., Koretchuk, S. I., Stefanyshyn, O. S., Kaminska, M. V., & Martyniuk, U. A. (2016). Vplyv roslynnykh ekstraktiv na protsesy travlennia v orhanizmi ptytsi, produktyvnistʹ ta yakistʹ produktsii. Biolohiia Tvaryn, 18(2), 25–35. DOI: 10.15407/animbiol18.02.025 (in Ukrainian).

Ishchenko, V. D., Solomon, V. V., Palytsia, Y. V., Nemova, T. V., & Ishchenko, A. Ya. (2019). Vykorystannia preparatu “SOMI VET” dlia pidvyshchennia zberezhenosti molodniaku kurei. Suchasne Ptakhivnytstvo, 9–10, 10–14 (in Ukrainian).

Kaminska, M. V. (2010). Mikroflora travnoho traktu silskohospodarskoi ptytsi: sklad, osnovni funktsii, prychyny ta naslidky porushen. Ptakhivnytstvo: mizhvidomchyi tematychnyi naukovyi zbirnyk, 65, 14–25 (in Ukrainian).

Karasenko, A. (2022). Efektyvnist obrobky zerna pryrodnymy dezinfektantamy dlia profilaktyky asperhilozu ptakhiv. NV LNU veterynarnoi medytsyny ta biotekhnolohii. Seriia: Veterynarni nauky, 24(107), 35–39. DOI: 10.32718/nvlvet10706 (in Ukrainian).

Karasenko, A., & Peredera, S. (2022). Fitontsydni vlastyvosti roslyn shchodo hrybiv Aspergillus. Bulletin of Agricultural Science, 100(9), 55–61. DOI: 10.31073/agrovisnyk202209-06 (in Ukrainian).

Kolesnyk, D. M., & Danchenko, O. O. (2012). Osoblyvosti vplyvu kropyvy dvodomnoi na perebih protsesiv lipoperoksydatsii ta oksyduvatyvnoho rozpadu zhyrnykh kyslot u kuriachomu farshi. Tekhnolohiia vyrobnytstva i pererobky produktsii tvarynnytstva, 7, 101–105 (in Ukrainian).

Kotsiumbas, I. Ya., Hunchak, V. M., & Stetsko, T. I. (2013). Problemy vykorystannia antymikrobnykh preparativ dlia stymuliuvannia rostu produktyvnykh tvaryn ta alternatyvy yikh zastosuvanniu. Naukovo-tekhnichnyi biuleten Instytutu biolohii tvaryn i Derzhavnoho naukovo-doslidnoho kontrolnoho instytutu vetpreparativ ta kormovykh dobavok, 14(3–4), 381–389 (in Ukrainian).

Kucheruk, M. D., Zasiekin, D. A., Vygovska, L. M., & Ushkalov, V. O. (2018). Antybiotykorezystentnist polovykh shtamiv mikroorhanizmiv. Bioresursy i

pryrodokorystuvannia, 10(5–6), 205–217. DOI: 10.31548/bio2018.05.026 (in Ukrainian).

Martinez, D. A., Ponce-de-Leon, C. L., & Vilchez, C. (2020). Meta-analysis of commercial-scale trials as a means to improve decision-making processes in the poultry industry: A phytogenic feed additive case study. International Journal of Poultry Science, 19(11), 513–523. DOI: 10.3923/ijps.2020.513.523.

Mountzouris, K. C., & Brouklogiannis, I. (2024). Phytogenics as natural gut health management tools for sustainable poultry production. Livestock Science, 286, 105525. DOI: 10.1016/j.livsci.2024.105525.

Obianwuna, U. E., Chang, X., Oleforuh-Okoleh, V. U., Onu, P. N., Zhang, H., Qiu, K., et al. (2024). Phytobiotics in poultry: Revolutionizing broiler chicken nutrition with plant-derived gut health enhancers. Journal of Animal Science and Biotechnology, 15(1), 169. DOI: 10.1186/s40104-024-01101-9.

Ogwuegbu, M. C., & Mthiyane, M. N. (2024). Molecular antioxidant and immunological mechanisms of phytogenics in the mitigation of aflatoxicosis in poultry. Journal of Applied Poultry Research, 33(3), 100457. DOI: 10.1016/j.japr.2024.100457.

Oke, O. E., Akosile, O. A., Oni, A. I., Opowoye, I. O., Ishola, C. A., Adebiyi, J. O., Odeyemi, A. J., Adjei-Mensah, B., Uyanga, V. A., & Abioja, M. O. (2024). Oxidative stress in poultry production. Poultry Science, 103(9), 104003. DOI: 10.1016/j.psj.2024.104003.

Oladeji, I. S., Adegbenro, M., Osho, I. B., & Olarotimi, O. J. (2019). The Efficacy of Phytogenic Feed Additives in Poultry Production: A Review. Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, 7(12), 2038–2041. DOI: 10.24925/turjaf.v7i12.2038-2041.2365.

Oso, A. O., Suganthi, R. U., Manjunatha Reddy, G. B., Malik, P. K., Thirumalaisamy, G., Awachat, V. B., Selvaraju, S., Arangasamy, A., & Bhatta, R. (2019). Effect of dietary supplementation with phytogenic blend on growth performance, apparent ileal digestibility of nutrients, intestinal morphology, and cecal microflora of broiler chickens. Poultry Science, 98(10), 4755–4766. DOI: 10.3382/ps/pez204.

Palapa, N. V., Pron, N. B., & Ustymenko, O. V. (2016). Osoblyvosti vykorystannia likarskykh roslyn u tvarynnytstvi. Zbalansovane pryrodokorystuvannia, 2, 47–51 (in Ukrainian)

Pirgozliev, V., Mansbridge, S. C., Rose, S. P., Mackenzie, A. M., Beccaccia, A., Karadas, F., Ivanova, S. G., Staykova, G. P., Oluwatosin, O. O., & Bravo, D. (2019). Dietary essential oils improve feed efficiency and hepatic antioxidant content of broiler chickens. Animal, 13(3), 502–508. DOI: 10.1017/S1751731118001520.

Saki, A. A., Aliarabi, H., Hosseini Siyar, S. A., Salari, J., & Hashemi, M. (2014). Effect of a phytogenic feed additive on performance, ovarian morphology, serum lipid parameters and egg sensory quality in laying hens. Veterinary Research Forum, 5(4), 287–293. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25610580.

Salamon, I., & Hrytsyna, M. (2019). Veterinary medicine and the use of medicinal plants. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences, 21(94), 121–126. DOI: 10.32718/nvlvet9422 (in Ukrainian).

Shevchuk, M., Stoyanovskyy, V., & Kolomiiets, I. (2018). Technological stress in poultry. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences, 20(88), 63–68. DOI: 10.32718/nvlvet8811.

Svintytska, K. V. (2013). Vykorystannia likarskykh roslyn u protsesi sanatsii povitria ptakhivnychykh prymishchen. Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii, 1, 171–173 (in Ukrainian)

Tsaruk, L. L., & Berezhniuk, N. A. (2019). Produktyvnist i zabiini pokaznyky kurchat-broileriv za dii fitobiotyka. Ahrarna nauka ta kharchovi tekhnolohii, 1, 74–85 (in Ukrainian).

Upadhaya, S. D., & Kim, I. H. (2017). Efficacy of Phytogenic Feed Additive on Performance, Production and Health Status of Monogastric Animals – A Review. Annals of Animal Science, 17(4), 929–948. DOI: 10.1515/aoas-2016-0079.

Wang, J., Deng, L., Chen, M., Che, Y., Li, L., Zhu, L., Chen, G., & Feng, T. (2024). Phytogenic feed additives as natural antibiotic alternatives in animal health and production: A review of the literature of the last decade. Animal Nutrition, 17, 244–264. DOI: 10.1016/j.aninu.2024.01.012.

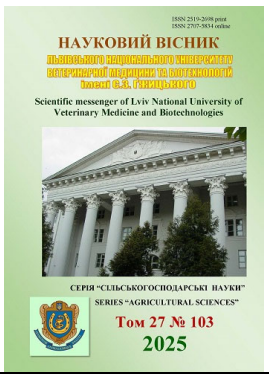
Wu, Q. J., Wang, Z. B., Wang, G. Y., Li, Y. X., & Qi, Y. X. (2015). Effects of feed supplemented with fermented pine needles (Pinus ponderosa) on growth performance and antioxidant status in broilers. Poultry Science, 94(6), 1138–1144. DOI: 10.3382/ps/pev013.

Yang, X., Xin, H., Yang, C., & Yang, X. (2018). Impact of essential oils and organic acids on the growth performance, digestive functions and immunity of broiler chickens. Animal nutrition (Zhongguo xu mu shou yi xue hui), 4(4), 388–393. DOI: 10.1016/j.aninu.2018.04.005.

Zhang, L. Y., Peng, Q. Y., Liu, Y. R., Ma, Q. G., Zhang, J. Y., Guo, Y. P., Xue, Z., & Zhao, L. H. (2021). Effects of oregano essential oil as an antibiotic growth promoter alternative on growth performance, antioxidant status, and intestinal health of broilers. Poultry Science, 100(7), 101163. DOI: 10.1016/j.psj.2021.101163.

Zhukova, I. O. (2013). Vplyv oksyduvatyvnoho stresu na orhanizm tvaryn. Naukovyi visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu veterynarnoi medytsyny ta biotekhnolohii im. Hzhytskoho, 15(3(1)), 83–87 (in Ukrainian).

Zhyla, M. I., Shkil, M. I., & Ponomarenko, S. P. (2016). Morfolohichna kharakterystyka vnutrishnikh orhaniv indykiv pry zastosuvanni preparatu “Bio-ton”. Naukovyi Visnyk Lvivskoho Natsionalnoho Universytetu Veterynarnoi Medytsyny ta Biotekhnolohii imeni S. Z. Gzhytskoho. Seriia: Veterynarni Nauky, 18(2), 74–78 (in Ukrainian).



Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького. Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences

ISSN 2519–2698 print
ISSN 2707-5834 online
doi: 10.32718/nvlvet-a10319
https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture

UDC 631.879.4:633.35:57.85.2

Physical and chemical indicators of composted peas straw with the participation of a domestic biodestructor

L. V. Mitiohlo[1], S. V. Merzlov[2], G. V. Merzlova[2]✉, O. P. Osipenko[3], P. V. Kovtun[2]

[1]State Enterprise "Experimental Farm "Niva" named after M. V. Zubets Institute of Animal Breeding and Genetics of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Khrystynivka, Ukraine
[2]Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine
[3]LLC Yozera Ukraine, Lviv, Ukraine

Article info

Received 04.07.2025
Received in revised form 04.08.2025
Accepted 05.08.2025

State Enterprise "Experimental Farm "Niva" named after M. V. Zubets Institute of Animal Breeding and Genetics of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Sadova Str., 1, Khrystynivka village, Cherkasy region, Khrystynivka district, 20009, Ukraine.

Bila Tserkva National Agrarian University, 8/1 Soborna sq., Bila Tserkva, 09117, Ukraine. Tel.: +38-096-901-31-99 E-mail: merzlovagv@ukr.net

LLC Yozera Ukraine, Yavorivska Str., 30, village of Zymna Voda, Lviv region, Lviv district, 81110, Ukraine

Mitiohlo, L. V., Merzlov, S. V., Merzlova, G. V., Osipenko, O. P., & Kovtun, P. V. (2025). Physical and chemical indicators of composted peas straw with the participation of a domestic biodestructor. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 27(103), 159–165. doi: 10.32718/nvlvet-a10319

The article presents the results of the study of the composting process of spoiled pea straw using a domestically produced biodestructor. It has been established that in Ukraine and worldwide, significant volumes of by-products of leguminous crops, in particular peas, remain unused in animal husbandry and are subject to disposal. Traditional methods, such as ploughing straw, have both positive and negative consequences, and a promising direction is the production of bio-compost using microbiological preparations. The aim of the study was to investigate the temperature dynamics and changes in the chemical composition of pea straw biomass during its fermentation using different doses of the Kompanaza biodestructor. The experiment was conducted in four groups: a control group without a biological preparation and three experimental groups, where the biodestructor was used in doses of 7.0, 14.0 and 28.0 cm³/t. Fermentation lasted 110 days in piles weighing 260 kg, with periodic aeration. It was found that already on the second day, the temperature in the experimental groups was 5.8–11.7 % higher than in the control group. The most intense heating was observed when the maximum dose of the biodestructor (28.0 cm³/t) was applied, where on the 4th day the temperature exceeded the control by 72.7 %, and the thermophilic regime lasted the longest – 10 days longer than the control. The effect of the biodestructor on the chemical composition of straw has been proven. The crude protein content after composting decreased in all groups, but when the biological product was applied, its level was 12.0–16.1 % higher than in the control ($P < 0.05$). Nitrogen losses in biomass were lower in the experimental groups: 4.6–17.1 % less than in the control group. The calcium content after fermentation increased with an increase in the dose of the biodestructor and in the III experimental group exceeded the control by 14.5 % ($P < 0.05$). Phosphorus losses were lower when using the biological product; at the highest dose, its content was 16.9 % higher than in the control. Thus, it has been established that the use of a domestically produced biodestructor during the composting of pea straw intensifies mineralization processes, increases the fermentation temperature, reduces nutrient losses and contributes to the enrichment of biomass with calcium and crude protein. The results obtained confirm the feasibility of using biological products for the disposal of legume by-products for the production of high-quality organic fertilizers.

Keywords: *biological products, biomass, temperature, fermentation, phosphorus, nitrogen, calcium.*

Фізико-хімічні показники соломи горохової компостованої за участі вітчизняного біодеструктора

Л. В. Мітіогло[1], С. В. Мерзлов[2], Г. В. Мерзлова[2]✉, О. П. Осіпенко[3], П. В. Ковтун[2]

[1]Державне підприємство "Дослідне господарство "Нива" Інституту розведення і генетики тварин імені М. В. Зубця Національної академії аграрних наук України", с. Христинівка, Україна

[2]*Білоцерківський національний аграрний університет, м. Біла Церква, Україна*
[3] *ТзОВ Йозера Україна, м. Львів, Україна*

У статті наведено результати дослідження процесу компостування зіпсованої соломи гороху із застосуванням біодеструктора вітчизняного виробництва. Встановлено, що в Україні та світі значні обсяги побічної продукції бобових культур, зокрема гороху, залишаються невикористаними у тваринництві та підлягають утилізації. Традиційні методи, такі як заорювання соломи, мають як позитивні, так і негативні наслідки, а перспективним напрямом є виробництво біокомпосту із застосуванням мікробіологічних препаратів. Метою дослідження було вивчення температурної динаміки та змін хімічного складу біомаси соломи гороху під час її ферментування з використанням різних доз біодеструктора "Компаназа". Експеримент проводили у чотирьох групах: контрольна без біопрепарату та три дослідні, де використовували біодеструктор у дозах 7,0; 14,0 та 28,0 см³/т. Ферментація тривала 110 діб у буртах масою 260 кг, періодично проводилася аерація. Встановлено, що вже на 2 добу температура у дослідних групах була вищою порівняно з контролем на 5,8–11,7 %. Найбільш інтенсивний розігрів спостерігався за внесення максимальної дози біодеструктора (28,0 см³/т), де на 4 добу температура перевищувала контроль на 72,7 %, а термофільний режим тривав найдовше – на 10 діб більше порівняно з контролем. Доведено вплив біодеструктора на хімічний склад соломи. Вміст сирого протеїну після компостування знизився у всіх групах, проте при внесенні біопрепарату його рівень був вищим, ніж у контролі, на 12,0–16,1 % (P < 0,05). Втрати Нітрогену у біомасі були меншими у дослідних групах: на 4,6–17,1 % менше відносно контролю. Вміст Кальцію після ферментації зростав із підвищенням дози біодеструктора і у III дослідній групі перевищував контроль на 14,5 % (P < 0,05). Втрати Фосфору були меншими за застосування біопрепарату, у найбільшій дозі його вміст був на 16,9 % більшим порівняно з контролем. Таким чином, встановлено, що застосування біодеструктора вітчизняного виробництва під час компостування соломи гороху інтенсифікує процеси мінералізації, підвищує температуру ферментації, зменшує втрати поживних елементів та сприяє збагаченню біомаси кальцієм і сирим протеїном. Отримані результати підтверджують доцільність використання біопрепаратів для утилізації побічної продукції бобових культур з метою виробництва високоякісних органічних добрив.

Ключові слова: *біопрепарати, біомаса, температура, ферментація, Фосфор, Нітроген, Кальцій.*

Вступ

Як в Україні так і в інших країнах світу завжди існує попит на бобові як корми для сільськогосподарських тварин та птиці. Використання бобових у сівозмінах призводить до покращення родючості грунтів (Sichkar, 2017).

Серед бобових важливе місце займає горох, він відноситься до найдавніших окультурених рослин багатих на сирий протеїн (Koivunen et al., 2016; Levytskyi et al., 2018). Горох – одна з найдавніших культур. В археологічних розкопках насіння гороху вперше були знайдені в шарах, що відносяться до неолітичного періоду кам'яного віку. Горох має велике харчове значення і вирощується, головним чином, як продовольча культура, горох – одна з найдавніших культур. В археологічних розкопках насіння гороху вперше були знайдені в шарах, що відносяться до неолітичного періоду кам'яного віку. Горох має велике харчове значення і вирощується, головним чином, як продовольча культура.

За вирощування гороху отримують значні обсяги соломи. Вихід соломи залежить від сорту та кліматичних умов регіону. Солома гороху є цінним кормовим ресурсом для жуйних тварин, містить від 5,0 до 9,9 % сирого протеїну (Levytskyi et al., 2018).

На даний час у холдингах та фермерських господарствах значна кількість соломи горохової не використовується для тваринництва. Існує декілька способів утилізації соломи. Найбільш поширеним є заорювання соломи для підвищення родючості грунтів. Проте цей спосіб має як позитивні так і негативні відгуки.

Застосовують піроліз соломи горохової (термоконверсія в анаеробних умовах) для одержання біовугілля (Gaskin et al., 2008). Отримане біовугілля використовують для покращення родючості ґрунтів та підвищення їх pH (закислення грунтів) (Chan et al., 2008). Біовугіля із бобових містить деякі лужні речовини та має лужне значення pH (Yuan et al., 2011). Включення біовугілля з соломи гороху призводить до більшого підвищення pH ґрунту порівняно із біовугіллям соломи небобових зернових (Yuan & Xu 2011).

Також ведуться дослідження щодо виробництва із соломи гороху борошна і використання його за технології комбікормів для сільськогосподарських тварин (Levytskyi et al., 2018).

Одним із ефективних способів утилізації соломи горохової є виробництво органічного добрива із використання біологічних препаратів, які містять різні мікроорганізми (Zhahg et al., 2016). Для утилізації грубих кормів застосовують біопрепарати, які містять монокультуру (*L. plantarum*) бактерій або поєднання декількох синбіотичних видів бактерій (*L.plantarum Pediococcus, Enterococcus або Lactococcusspp*. або *L. fermentum, L. plantarum і L. paracacei*) (Gao et al., 2008).

За даними (Osipenko & Merzlov, 2023) застосування біодеструкторів, які містять комплекс бактерій прискорюють ферментування органічних відходів у два рази.

Невивченими є питання застосування вітчизняного біодеструктора компанази за виробництва біокомпосту із соломи гороху та його фізико-хімічні показники.

За ферментування органічних відходів під час мезофільних та термофільних режимів інтенсивно збільшується кількість мікроорганізмів, а також синтезуються їх екзоензими. За дії ензимів проходить гідроліз полімерних сполук до сполук, які леко використовуються мікроорганізмами як енергетичний і пластичний матеріал. Для максимального нарощування кількості бактерій під час компостування оптимізують склад органічних відходів за вмістом Нітрогену, Карбону, Фосфору та вологи. Крім того, на даний час застосовують концентровані бактеріальні препарати. За таких умов процес ферментації соломи інтенсифікується і супроводжується зниженням викидів у зовнішнє середовище.

Ферментування (гниття) соломи гороху традиційним способом супроводжується надмірними викидами у зовнішнє середовище, а також погіршується

якість кінцевого продукту (Raut et al., 2008; Amir et al., 2008; Khan et al., 2014; Blazy et al., 2014).

За внесення у органічні відходи біопрепаратів, які містять мікроорганізми прискорюють час їх деградації у органічне добриво для рослин (Nasiru et al., 2013; Zhahg et al., 2016; Kovtun & Merzlov, 2023).

Відсутня інформація у доступній літературі щодо впливу на ряд технологічно-хімічних показників зіпсованої соломи гороху за її ферментування із використанням біопрепарату для прискореного приготування біокомпосту "Компаназа".

Мета дослідження

Таким чином метою експериментальної роботи є дослідження показників температури та хімічного складу біомаси зіпсованої соломи гороху за її компостування із використанням біодеструктора вітчизняного виробництва.

Матеріал і методи досліджень

Фізико-хімічні показники компосту біомаси зіпсованої соломи гороху досліджували за використання під час ферментації рідних доз біодеструктора БТУ-ЦЕНТР. Вміст вологи у соломі гороху перед дослідженням був на рівні 64,3 %. Ферментування соломи проводили у буртах масою по 260 кг кожний. Під час формування буртів із соломи гороху у контрольній групі не проводили застосування біодеструктора. Для ферментування біомаси соломи у І дослідній групі використовували біодеструктор із розрахунку 7,0 см^3/т. У солому із ІІ дослідної групи додавали біодеструктор у дозі 14,0 см^3/т. У ІІІ дослідній групі солому гороху обробляли біодеструктором доводячи його вміст у дозі 28,0 см^3/т. Процес аерації соломи гороху у буртах проводили шляхом її механічного переміщування із періодичністю один раз на 8 діб (табл. 1).

Таблиця 1
Схема експерименту

Група	Буртів у групі, шт	Вага соломи гороху в кожному бурті, кг	Доза внесеного біопрепарату, см^3/т
Контрольна	5	260,0	-
І дослідна	5	260,0	7,0
ІІ дослідна	5	260,0	14,0
ІІІ дослідна	5	260,0	28,0

Вивчення хімічних показників проводили у соломі гороху до ферментації і після ферментації, яка тривала – 110 діб. Досліджували ряд мікроелементів (Кальцій, Фосфор, Нітроген) та вміст сирого протеїну. Вміст Нітрогену у біомасі соломи визначали керуючись методикою (Bremner, 1996).

За методики К'єльдаля (Liu et al., 2015) досліджували масову частку сирого протеїну у соломі. Кальцій та Фосфор визначали методикою викладеною у (Wolf et al., 2003).

Температуру в буртах із соломи гороху досліджували застосовуючи термометри, які відповідали вимогам ДСТУ OIML R 133:2019. Показники одержували на глибині 35–37 см.

Статистичну обробку експериментальних даних проводили за використання стандартних методів програми Statistica.

Результати та їх обговорення

У період формування буртів зіпсована солома гороху мала температуру 15,0 °С. Починаючи із 2 доби компостування відмічали підвищення температури в середині буртів соломи. У контролі температура в середині буртів на 2 добу підвищилась на 2,0 °С відносно показника на 1 добу. У дослідних групах відмічалось збільшення температури відносно контролю. У І та ІІ дослідній групі температура була вищою, відповідно, на 5,8 та 11,7 % відносно контрольної групи. Використання найбільшої дози біодеструктора супроводжувалось збільшенням температури в середині буртів відносно контролю на 11,7 %.

Встановлено збільшення температури соломи гороху в середині буртів на 4 добу компостування. Температура відносно показника у першу добу ферментації у І, ІІ та ІІІ дослідній групі збільшилась, відповідно, на 86,6 %, у 2,4 та 2,5 рази. У контрольній групі температура у цей період збільшилась на 46,6 % відносно цього показника у період закладання буртів. Зафіксовано найвище збільшення температури на 4 добу у буртах де солому обробляли біодеструктором у дозі 28,0 см^3/т. Різниця із контролем становила 72,7 %. Станом на 6 добу ферментування зафіксовано підвищення температури у середині буртів соломи гороху відносно 4 доби. Біомаса соломи гороху у буртах із дослідних груп розігрівалась до 14 доби компостування. Температура ферментування залежала від дози біодеструктора, яким обробляли зіпсовану солому.

На 14 добу найбільша температура соломи гороху у буртах виявлена у групі де використовували біодеструктор у дозі 28,0 см^3/т. Різниця із контрольною, І та ІІ дослідними групами становила, відповідно, 20,4; 15,2 та 3,9 % (рис. 1).

Із 16 доби ферментування температура в середині буртів починала знижуватись. У контрольній групі зниження температури було на рівні 2,0 °С у І-ІІ групах цей показник станови 3,0–5,0 °С відносно даних отриманих на 14 добу. До 70 доби у дослідних групах зберігалась закономірність підвищення температури в залежності від дози біодеструктора – чим більшу дозу препарату застосовували для обробки соломи гороху тим температура була більшою.

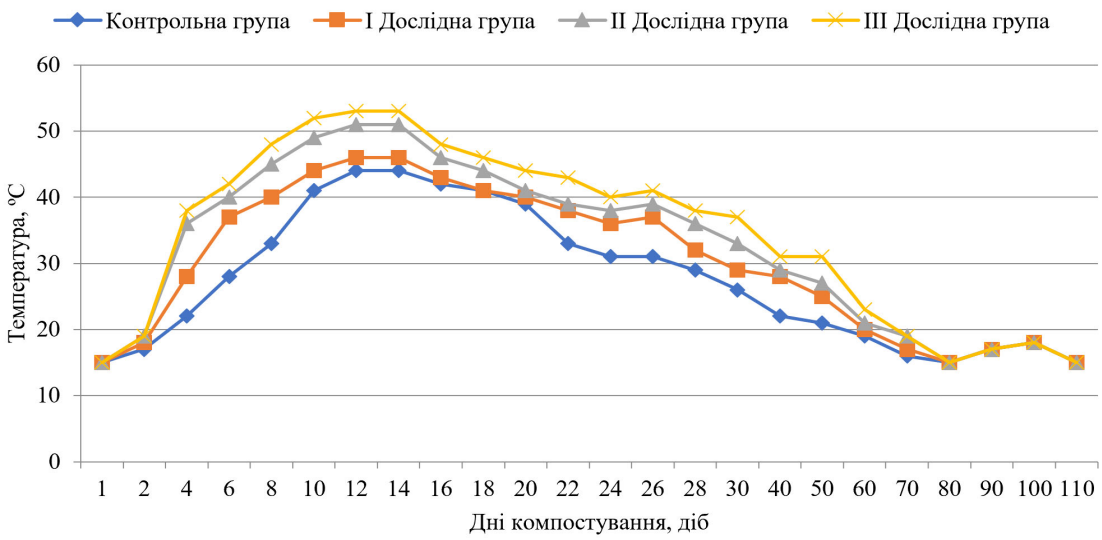


Рис. 1. Динаміка температури в буртах із соломи гороху

Встановлено, що у контрольних буртах із зіпсованої соломи гороху процес компостування за термофільного режиму протікав із 10 по 18 добу.

За використання найменшої дози біодеструктора (I дослідна група) тривалість термофільного режиму ферментування соломи була довшою на 4 доби. Найбільша пролонгованість термофільного компостування соломи гороху була виявлена у буртах де використовували біодеструктор у дозі 28,0 см^3/т. різниця із контролем становила 10 діб.

Після 50 доби компостування температура біомаси у буртах із контрольної групи знизилась до меж психрофільного режиму і залежала від температури повітря. На 60 добу температура соломи у буртах із дослідних груп відповідала мезофільному режиму. Після 80 доби ферментування різниці за температурою у середині буртів між дослідними і контрольною групами не було виявлено.

Також досліджували вплив різних доз біологічного препарату на ряд хімічних показників у компостованій соломі гороху. Експериментально було виявлено, що показники хімічних елементів залежали від дози біодеструктора. У соломі гороху, яка не підлягала ферметації показник вмісту сирого протеїну був на рівні 37,2 г/кг (табл. 2).

У соломі із I дослідної групи буртів (не вносились біологічні препарати) показник сирого протеїну був меншим у 2,73 рази у порівняні із показником у соломі гороховій до ферментування. Під час застосування низької дози біодеструктора (7,0 см^3/т) присутність конгломерату бактерій призводить до зниження вмісту протеїну у компостованій масі у 2,63 рази відносно вихідних даних. Різниця була статистично значущою. На статистично значущу величину знизився вміст сирого протеїну у компостованій біомасі соломи із II дослідної групи буртів. Встановлено зменшення вмісту сирого протеїну у біомасі соломи із буртів III дослідної групи відносно показника до фементації у 2,35 рази ($P < 0,01$).

Порівнюючи між дослідними групами було встановлено, що за компостування із використанням біодеструктора підвищується вміст сирого протеїну у ферментованій соломі гороху. Чим більше вносили біодеструктора у солому гороху тим у її ферментованій біомасі було більше сирого протеїну. У біомасі соломи, яку ферментували за використання біодеструктора у дозі 28,0 см^3/т вміст сирого протеїу був вищим ніж у біомасі соломи, яку компостували із використанням біодеструктора у дозі 7,0 см^3/т та у біомасі із контрольних буртів, відповідно, на 12,0 та 16,1 % ($P < 0,05$).

Збільшення вмісту сирого протеїну у ферментованій біомасі соломи гороху обґрунтовується збільшенням кількості бактерій, яка у своїй біомасі синтезує і накопичує сирий протеїн та Нітроген.

Таблиця 2

Хімічні показники соломи гороху до і після ферментації, n = 5

Показник	Зіпсована солома гороху до компостування	Група			
		контрольна	I дослідна	II дослідна	III дослідна група
Сирий протеїн, г/кг	37,2 ± 4,89	13,6 ± 0,45^{2**}	14,1 ± 0,34^{2**}	14,9 ± 0,54^{2**}	15,8 ± 0,22^{1*2**}
Уміст Нітрогену, г/кг	5,94 ± 0,21	2,16 ± 0,06^{2***}	2,26 ± 0,13^{2***}	2,38 ± 0,04^{1*2***}	2,53 ± 0,05$^{1**-2***}$
Уміст Кальцію, г/кг	9,2 ± 0,28	13,8 ± 0,05^{2***}	14,3 ± 0,37^{2***}	14,8 ± 0,67^{2**}	15,8 ± 0,25^{1**2***}
Уміст Фосфору, г/кг	1,1 ± 0,04	0,59 ± 0,02^{2**}	0,61 ± 0,03^{2**}	0,64 ± 0,04^{2**}	0,69 ± 0,02^{1**2**}

Примітка: ^{1*} – $P < 0,05$; ^{1**} – $P < 0,01$ – відносно контролю; ^{2**} – $P < 0,01$; ^{2***}– $P < 0,001$- відносно вмісту у соломі гороху до компостування

Доведено зміни концентрації Кальцію у біомасі соломи гороху за ферментації із використанням біодеструктора. За компостування біомаси проходить мінералізація органічної речовини. Вміст Кальцію у біомасі соломи із контрольної групи де компостування проходило без внесення біодеструктора збільшився відносно соломи до компостування на 50,0 %. За використання біодеструктора у дозі 7,0 та 14,0 см^3/т соломи горохової у останньої на кінець ферментування вміст макроелементів збільшується, відповідно, на 55,4 та 60,8 % відносно показника до компостування. Різнця у обох випадках є статистично значущою. За використання найбільшої дози біодеструктора встановлено статистично значуще підвищення вмісту Кальцію у компостованій біомасі соломи гороху відносно даних отримах до компостування.

Порівнюючи вміст Кальцію між дослідними групами було встановлено, що за використання під час компостування біодеструктора у дозі 7,0 см^3/т вміст елемента збільшився на 3,6 % у порівнянні із контролем. Виявлено, чим більше перед компостуванням використовували біодеструктора тим вміст Кальцію у біомасі був більшим. У соломі гороху після ферментації із ІІІ дослідної групи був більшим ніж у контролі на 14,5 % ($P < 0,05$).

Дослідженням компостування соломи гороху було підтверджено явище втрати Нітрогену у компостованій біомасі внаслідок деградації нітрогенвмісних речовин і елімінації його у складі газів у атмосферне повітря. У соломі гороху із контрольної групи внаслідок компостування вміст Нітрогену зменшується у 2,75 рази у порівнянні із показником до компостування. За внесення біодеструкторів втрати нітрогену із соломи зменшуються. Чим більше вносили біопрепарату тим вміст нітрогену у ферментованій масі соломи збільшується. У І, ІІ та ІІІ дослідних групах цей показник на кінець експерименту був більший ніж у контролі, відповідно, на 4,6, 10,1 та 17,1 % відносно контрольної групи.

Доведено чим більше вносили біодеструктора для компостування у солому гороху тим інтенсивніше проходила мінералізації останьої, проте втрати Фосфору були меншими. Вміст Фосфору у ІІІ дослідній групі на 16,9 % був більшим у порівнянні із контролем.

Експериментально доведено, що на температуру компостованої біомаси соломи гороху впливає ряд факорів. Одним із них є час компостування. Також рядом авторів (Liu et al., 2011; Khan et al., 2014) наводяться дані експериментів де стверджується, що впродовж періоду ферментування органічних відходів температура в середині буртів змінюється від психрофільного до термофільного і навпаки. За мезофільного періоду температура біомаси піднімається вище 20,0 °С і зростає до 40,0 °С, тривалість цього етапу залежить від різних факторів. За термофільного режиму температура піднімається вище 41,0 °С таке підвищення температури триває від 6 до 25 діб (в залежності від маси та природи біовідходів). Після третьої фази настає поступове охолодження біомаси і дозрівання. Дослідженнями доведено, що за компостування соломи гороху із внесенням найменшої дози біодеструктора мезофільний період був найдовшим. За дози біодеструктора 28,0 см^3/т мезофільний режим тривав 2 доби, високотемпературна фаза (термофільна) становила 20 діб. Непролонгований період термофільного режиму пояснюється відносно незначними запасами доступних форм Нітрогену у соломі, що підтверджується даними ряду авторів (Tiquia et al., 1996; Romero-Yam et al., 2015), які стверджують, що від співвідношення Карбону до Нітрогену (C:N) у біомасі органічних відходів нарощується чисельність бактерій та залежить динаміка температури.

Нами встановлено, що чим більше до соломи вносили біодеструктора тим час саморозігріву проходив швидше та температура саморозігріву була вищою. Наші результати досліджень щодо зростання температури співпадають із даними досліджень авторів (Hwang et al., 2020), які відмічають, що за ферментування посліду птиці із різними органічними відходами утворення тепла залежало від деградації органічної сполуки у біомасі. Також дослідники відмічають, що інтенсивність протікання біохімічних процесів і утворення тепла залежить від кількості та розвитку мезофільних і термофільних бактерій та інших мікроорганізмів.

За процесу компостування зіпсованої соломи гороху вміст Нітрогену у останьої знижується на статистично значущу величину у порівнянні із біомасою до компостування. Поясненням такого явища є гідроліз ензимами мікроорганізмів органічних сполук в тому числі білків за мезофільних і термофільних режимів з утворення нітрогенвмісних газів, які переходять у повітря. Доказом наших тверджень є результати досліджень авторів (Hwang et al., 2020), які стверджують, що за мезофільних і термофільних режимів проходить гідроліз білків внаслідок чого до 75,0 аміаку утворюється на початкових етапах ферментування органічної біомаси. За нашими дослідженнями зменшення Нітрогену у біомасі соломи гороху за період компостування у межах 2,3–2,6 рази.

Доведено, що чим більше до соломи гороху вносили біодеструктора тим вміст Нітрогену та Фосфору у біомасі після компостування більший.

Дане явище обґрунтовується тим, що чим більше бактерій у органічних відходах тим відсоток трансформації елементів із них у біомасу мікроорганізмів, які в ній знаходяться є більшим (Sommer, 2001; Osipenko & Merzlov, 2023).

Експериментально встановлено чим більше вносили біодеструктора у солому гороху тим процес мінералізації проходив активніше відповідно вміст Кальцію у ферментованій біомасі був вищим. Кальцій не утворював сполук, які елімінуються у навколишнє середовище тому за більшої мінералізації його вміст зростає. Підтвердження наших досліджень і аналізу зустрічається в наукових працях (Osipenko & Merzlov, 2023).

Отже, результати наших досліджень не розбігаються із даними інших дослідників і є доповненням до них.

Висновки

Показники температури у середині буртів соломи гороху змінюються від часу його компостування та дози внесеного біодеструктора. Із збільшенням вмісту бактеріального препарату у біомасі соломи гороху температура компостування зростає. На 14 добу найвища температура компостування утворюється у буртах де солому гороху обробляли біодеструктором у дозі 28,0 см^3/т. Різниця із контрольною групою становила 20,4 %.

Вміст ряду хімічних сполук та елементів у біомасі соломи гороху після компостування залежить від дози використаного біодеструктора. За використання найбільшої дози біопрепарату (28,0 см^3/т) зменшуються втрати у соломі гороху Фосфору, Нітрогену та підвищується вміст Кальцію, відповідно, на 16,9; 17,1 та 14,5 % відносно контролю.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів.

References

Amir, S., Merlina, G., Pinelli, E., Winterton, P., Revel, J. C., & Hafidi, M. (2008). Microbial community dynamics during composting of sewage sludge and straw studied through phospholipid and neutral lipid analysis. Journal of hazardous materials, 159(2-3), 593–601. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2008.02.062.

Blazy, V., De-Guardia, A., Benoist, J. C., et al. (2014). Process Conditions Influence on Pig Slaughter House Compost Quality Under Forced Aeration. Waste Biomass Valor, 5, 451–468. DOI: 10.1007/s12649-013-9251-x.

Bremner, J. M. (1996). Nitrogen – total. In: Sparks DL, editor. Methods of soil analysis. Part 3 – Chemical methods. Madison, WI:SSSA Inc. 1085-121.

Chan, K. Y., van Zwieten L., Meszaros I., Downie A., & Joseph, S. (2008). Using poultry litter biochars as soil amendments. Aust J Soil Res, 46(5), 437–444. DOI: 10.1071/SR08036.

DSTU OIML R 133:2019 Termometry ridynni skliani (OIML R 133:2002, IDT) vid 21 hrudnia 2019 r. № 466 z 2021-01-01 (in Ukrainian).

Gao, L., Yang, H., Wang, X., Huang, Z., Ishii, M., Igarashi, Y., & Cui, Z. (2008). Rice straw fermentation using lactic acid bacteria. Bioresource Technology, 99(8), 2742–2748. DOI: 10.1016/j.biortech.2007.07.001.

Gaskin, J. W., Steiner, C., Harris, K., Das, K. C. & Bibens, B. (2008). Effect of Low-Temperature Pyrolysis Conditions on Biochar for Agricultural Use. Transactions of the ASABE, 51(6), 2061–2069. DOI: 10.13031/2013.25409.

Hwang, H. Y., Kim, S. H., Kim, M. S., Park, S. J., & Lee, C. H. (2020). Co-composting of chicken manure with organic wastes: characterization of gases emissions and compost quality. Applied Biological Chemistry, 63(1). DOI: 10.1186/s13765-019-0483-8.

Khan, N., Clark, I., Sánchez-Monedero, M. A., Shea, S., Meier, S., & Bolan, N. (2014). Maturity indices in co-composting of chicken manure and sawdust with biochar. Bioresource Technology, 168, 245–251. DOI: 10.1016/j.biortech.2014.02.123.

Koivunen, E., Partanen, K., Perttilä, S., Palander, S., Tuunainen, P., & Valaja, J. (2016). Digestibility and energy value of pea (Pisum sativum L.), faba bean (Vicia faba L.) and blue lupin (narrow-leaf) (Lupinus angustifolius) seeds in broilers. Animal Feed Science and Technology, 218, 120–127. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2016.05.007.

Kovtun, P. V., & Merzlov, S. V. (2023). Pokaznyky mikrobiolohichnoho skladu poslidu kurchat-broileriv iz pidstylkoiu za riznoho chasu zberihannia. Naukovo-tekhnichnyi biuleten DNDKI veterynarnykh preparativ ta kormovykh dobavok, 24(1), 48–55. DOI: 10.36359/scivp.2023-24-1.07 (in Ukrainian).

Levytskyi, A. P., Lapinska, A. P., Sichkar, V. I., Mudryk, L. M., & Nikolenko, M. Ie. (2018). Perspektyvy vykorystannia horokhovoi solomy pry vyrobnytstvi kombikormovoi produktsi. Zernovi produkty i kombikormy, 18(2), 39–45 (in Ukrainian).

Liu, D., Zhang, R., Wu, H., Xu, D., Tang, Z., Yu, G., Xu, Z., & Shen, Q. (2011). Changes in biochemical and microbiological parameters during the period of rapid composting of dairy manure with rice chaff. Bioresource technology, 102(19), 9040–9049. DOI: 10.1016/j.biortech.2011.07.052.

Nasiru, A., Ismail, N., & Ibrahim, M. H. (2013). Vermicomposting: Tool for Sustainable Ruminant Manure Management. Journal of Waste Management, 2013, 1–7. DOI: 10.1155/2013/732759.

Osipenko, I., & Merzlov, S. (2023). Temperature, microbiological and chemical composition of broiler chickens' excrement with litter after its composting with different doses of biodestructor. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 25(99), 94-101. DOI: 10.32718/nvlvet-a9916.

Raut, M. P., Prince William, S. P., Bhattacharyya, J. K., Chakrabarti, T., & Devotta, S. (2008). Microbial dynamics and enzyme activities during rapid composting of municipal solid waste – a compost maturity analysis perspective. Bioresource technology, 99(14), 6512–6519. DOI: 10.1016/j.biortech.2007.11.030.

Romero-Yam, L. A., Almaraz-Suárez, J. J., VelascoVelasco, J., Galvis-Spinola, A., & Gavi-Reyes, F. (2015). Microbial dynamics during composting of filter cake reactivated with chicken manure. Revista Chapingo Serie Horticultura, 21(1), 21–31. DOI: 10.5154/r.rchsh.2013.09.032.

Sichkar, V. I. (2017). Bobova dlia sivozmin Pivdnia. Farmer, 10(94), 68–72 (in Ukrainian).

Sommer, S. G. (2001). Effect of composting on nutrient loss and nitrogen availability of cattle deep litter. European Journal of Agronomy, 14(2), 123–133. DOI: 10.1016/s1161-0301(00)00087-3.

Tiquia, S. M., Tam, N. F. Y., & Hodgkiss, I. J. (1996). Microbial activities during composting of spent pig-manure sawdust litter at different moisture contents. Bioresource Technology, 55(3), 201–206. DOI: 10.1016/0960-8524(95)00195-6.

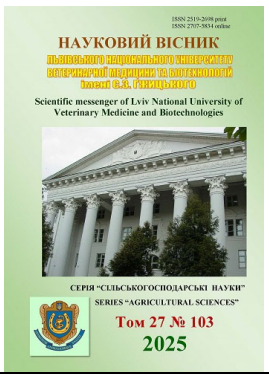
Wolf, A., Watson, M., & Wolf, N. (2003). Digestion and Dissolution Methods for P, K, Ca, Mg and Trace Elements. In: Peters, J., Ed., Recommended Methods of Manure Analysis, University of Wisconsin-Extension, Madison, 30–38.

Yuan, J. H., & Xu, R. K. (2010). The amelioration effects of low temperature biochar generated from nine crop residues on an acidic Ultisol. Soil Use and Management, 27(1), 110–115. DOI: 10.1111/j.1475-2743.2010.00317.x.

Yuan, J.-H., Xu, R.-K., & Zhang, H. (2011). The forms of alkalis in the biochar produced from crop residues at different temperatures. Bioresource Technology, 102(3), 3488–3497. DOI:10.1016/j.biortech.2010.11.018.

Zhang, H., Li, G., Gu, J., Wang, G., Li, Y., & Zhang, D. (2016). Influence of aeration on volatile sulfur compounds (VSCs) and NH 3 emissions during aerobic composting of kitchen waste. Waste Management, 58, 369–375. DOI: 10.1016/j.wasman.2016.08.022.

Liu, Z., Gonzalez, J. S., Wang, H., Gunasekaran, S., & Runge, T. (2015). Dairy manure protein analysis using UV-vis based on the Bradford method. Analytical Methods, 7(6), 2645–2652. DOI: 10.1039/c4ay03006k.



Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького. Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences

ISSN 2519–2698 print
ISSN 2707-5834 online

doi: 10.32718/nvlvet-a10320
https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture

UDC 636.2.034.082

Comparative analysis of milk productivity traits of Holstein cows sired by bulls from different countries of origin

O. V. Marenych, M. M. Romanovych, L. I. Muzyka, V. Ye. Bodnaruk, V. V. Mykytiuk✉

Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv, Ukraine

Article info

Received 07.07.2025
Received in revised form 11.08.2025
Accepted 12.08.2025

Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv, Pekarska Str., 50, Lviv, 79010, Ukraine.
Tel.: +38-098-781-58-94
E-mail: vitaliimykytiuk@ukr.net

Marenych, O. V., Romanovych, M. M., Muzyka, L. I., Bodnaruk, V. Ye., & Mykytiuk, V. V. (2025). Comparative analysis of milk productivity traits of Holstein cows sired by bulls from different countries of origin. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 27(103), 166–179. doi: 10.32718/nvlvet-a10320

An assessment of the effect of the countries of origin (CO) of bulls on the indicators of milk productivity of daughter cows during the first and higher lactations was carried out in the conditions of the breeding plant PLAE "Ukraine" of the Lutsk district of the Volyn region. The research material was data on zootechnical and breeding registration of cows, borrowed from the electronic information database of the DFMS "Intesel Orsek" as of September 2024. The CO of the sires was determined by the first two letters of the identification number, as well as the numbers of their fathers and mothers. Based on the CO of the breeding bull from the general population (N = 1275), experimental groups of cows were formed: the first (I) group – descendants of bulls of Canadian origin, the second (II) group – German, the third (III) group – Dutch, and the fourth (IV) group – American (USA) origin. Statistical data processing included a Student's t-test for independent and paired samples, Pearson's correlation coefficient, and a one-way ANOVA. A statistically significant effect of the CO of breeding bulls on the milk productivity of primiparous cows was established. The highest level of productivity in quantitative terms was demonstrated by the daughters of Dutch bulls, which significantly exceeded the indicators of the progeny of other groups: in milk yield by 320.0–419.3 kg ($P < 0.001$), in amount of milk fat by 12.1–16.4 kg ($P < 0.001$), and in amount of milk protein by 10.0–12.9 kg ($P < 0.001$). The results obtained partially contradict the data indicating the highest breeding value and transmission ability in American and Canadian bulls, but are consistent with the opinion of other scientists about the significant effect of the environment on the realization of the genetic potential of sires of different CO. During higher lactation, cows of all experimental groups had almost the same level of the milk productivity, which was confirmed by ANOVA. Daughters of Dutch bulls reached peak productivity at the earliest age (1.38), as evidenced by the smallest relative difference between lactations ($d = 6.7–6.8\,\%$; $P < 0.001$) and the highest repeatability ($RC = 0.664–0.666$; $P < 0.001$) of productive traits. This may indicate a potentially lower level of their productive longevity. Despite statistical significance (for the first lactation), the effect size of CO on the offspring is not large enough ($\eta^2 = 1.16–1.27\,\%$; $P < 0.001$) to be a key criterion in the selection of a breeding bull. The revealed advantage of the daughters of Dutch sires, in particular NL 520813625 N.Ubrox and NL 447860719 Shirley, allows us to recommend them for widespread use in this herd. Conducting similar studies in other regions using linear mixed models will allow a more accurate assessment of the effect of the bull's CO on the milk productivity of daughter cows, eliminating the effect of a number of genetic and exogenous factors. This will make it possible to develop more accurate and effective recommendations for domestic breeders, which can be implemented in various farms in Ukraine.

Keywords: *country of origin of sire, Holstein cows, origin of bulls, milk productivity, effect of sires, primiparous cows, milk yield, milk fat, milk protein, effect size.*

Порівняльний аналіз ознак молочної продуктивності корів голштинської породи отриманих від бугаїв-плідників різної селекції

О. В. Маренич, М. М. Романович, Л. І. Музика, В. Є. Боднарук, В. В. Микитюк✉

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Ґжицького, м. Львів, Україна

Проведено оцінку впливу країни селекції (КС) бугаїв-плідників на показники молочної продуктивності корів-дочок за першу та вищу лактації в умовах племінного заводу ПОСП "Україна" Луцького району Волинської області. Матеріалом дослідження були дані зоотехнічного й племінного обліку корів, запозичені з електронної інформаційної бази СУМС "Інтесел Орсек" станом на вересень 2024 року. КС плідників визначали за першими двома літерами ідентифікаційного номера, а також номерами їхніх батьків та матерів. Базуючись на КС бугая-плідника із генеральної сукупності (N = 1275) було сформовано піддослідні групи корів: перша (I) група – нащадки бугаїв канадської селекції, друга (II) група – німецької, третя (III) група – нідерландської та четверта (IV) група – американської (США) селекції. Статистична обробка даних включала: t-критерій Стьюдента для незалежних та парних вибірок, коефіцієнт кореляції Пірсона та однофакторний дисперсійний аналіз. Встановлено статистично значущий вплив КС бугаїв-плідників на молочну продуктивність корів-первісток. Найвищий рівень продуктивності за кількісними ознаками продемонстрували дочки нідерландських бугаїв, що істотно перевищило показники нащадків інших груп: за надоєм на 320,0–419,3 кг (P < 0,001), за виходом молочного жиру на 12,1–16,4 кг (P < 0,001) та за виходом молочного білка на 10,0–12,9 кг (P < 0,001). Отримані результати частково суперечать даним, що відзначають найвищу племінну цінність та передавальну здатність у американських та канадських бугаїв, але узгоджуються з думкою інших науковців про значний вплив середовища на реалізацію генетичного потенціалу бугаїв-плідників різної селекції. За вищу лактацію корови всіх піддослідних груп мали майже однаковий рівень продуктивності, що підтверджено дисперсійним аналізом. Дочки нідерландських бугаїв досягли пікової продуктивності в найбільш ранньому віці (1,38), що засвідчено найменшою відносною різницею між лактаціями (d = 6,7–6,8 %; P < 0,001) та найвищою повторюваністю (r_w = 0,664–0,666; P < 0,001) продуктивних ознак. Це може вказувати на потенційно нижчий рівень їх продуктивного довголіття. Попри статистичну значущість (за першу лактацію), сила впливу КС на потомство є недостатньо великою (η^2 = 1,16–1,27 %; P < 0,001), щоб бути ключовим критерієм у виборі бугая-плідника. Виявлена перевага дочок нідерландських плідників, зокрема NL 520813625 Н.Уброкса та NL 447860719 Ширлі, дозволяє рекомендувати їх для широкого використання в даному стаді. Проведення аналогічних досліджень в інших регіонах із застосуванням змішаних лінійних моделей дозволить точніше оцінити вплив КС бугая на молочну продуктивність корів-дочок, нівелюючи вплив низки генетичних та екзогенних чинників. Це дасть змогу розробити точніші та ефективніші рекомендації для вітчизняних селекціонерів, які можна буде впроваджувати в різних господарствах України.

Ключові слова: *країна походження батька, голштинська порода, бугаї-плідники, молочна продуктивність, вплив плідника, корови-дочки, надій молока, молочний жир, молочний білок, сила впливу.*

Вступ

Скотарство є однією з ключових галузей агропромислового комплексу України, що відіграє вирішальну роль у забезпеченні населення високоякісними продуктами харчування та формуванні економічного потенціалу країни. З-поміж усіх напрямів молочне скотарство посідає особливе місце, оскільки молочна продукція є невід'ємною частиною раціону людини. Сучасні тенденції розвитку галузі спрямовані на інтенсифікацію виробництва, що вимагає постійного вдосконалення методів розведення та селекції великої рогатої худоби (ВРХ). Важливою складовою цього процесу є використання елітних бугаїв-плідників, генетичний потенціал яких визначає продуктивні якості майбутніх поколінь (Mrode et al., 2019; Fedorovych et al., 2021; Eifeel et al., 2022; Muzyka et al., 2022; Pochukalin et al., 2022; Hussein et al., 2025; Matvieiev et al., 2025).

Голштинська порода ВРХ є однією з найпоширеніших та найпродуктивніших молочних порід у світі, завдяки високій молочній продуктивності, швидкому росту та ефективній конверсії корму (Polupan et al., 2024; Kostenko et al., 2025; Vechorka et al., 2025). Проте, бугаї-плідники голштинської породи, що походять з різних країн селекції (КС), можуть відрізнятися за племінною цінністю та здатністю стійко передавати спадкову інформацію своєму потомству, тобто препотентністю. Це обумовлено відмінностями у селекційних програмах, умовами годівлі, догляду та утримання, а також станом довкілля. Відтак, успішне використання імпортованих генетичних ресурсів вимагає глибокого розуміння успадковуваності продуктивних ознак потомством та його адаптаційної здатності, оскільки це визначає подальший генетичний прогрес стада (Fikse & Banos, 2001; Voitenko & Sydorenko, 2020; Bashchenko et al., 2021; Polupan & Bezrutchenko, 2022; Mykytiuk et al., 2024; Kochuk-Yashchenko et al., 2024).

В Україні, як і в багатьох інших країнах, для інтенсифікації селекційного процесу активно використовують сперму високоцінних бугаїв-поліпшувачів різних КС, переважно із США, Канади, Німеччини, Данії, Франції та Нідерландів. Однак, питання ефективності реалізації їхнього генетичного потенціалу в умовах конкретних господарств залишається недостатньо вивченим. Більшість попередніх досліджень зосереджувалися на загальному порівнянні корів-дочок окремих плідників та інших генеалогічних факторів, тоді як системний аналіз впливу саме КС є досить обмеженим (Fyl et al., 2019; Ivanov et al., 2021; Polupan et al., 2021; Mykytiuk et al., 2023; Cherniak, 2024; Pavlenko & Kompanets, 2024; Biriukova et al., 2025).

Наявність статистично значущого впливу КС бугая-плідника на формування господарськи цінних ознак у їхніх нащадків підтверджено як вітчизняними, так і закордонними дослідженнями. Зокрема, Kuziv et

al. (2022) встановили, що КС бугаїв справляла найсуттєвіший вплив на динаміку росту живої маси телиць та на формування молочної продуктивності корів-первісток. Так, дочки німецьких плідників відзначились найвищими надоями та виходом молочного жиру, тоді як нащадки бугаїв нідерландської селекції – найнижчою живою масою, водночас із найменшим віком першого отелу та найкоротшим сервіс-періодом. Аналогічного висновку дійшли Fedorovych et al. (2025), де КС батька мала суттєвий вплив на ріст живої маси телиць у різні періоди їх вирощування. Дослідження Babik et al. (2017) засвідчило, що КС бугая-плідника істотно впливала на продуктивне довголіття голштинських корів. Оскільки тварини, які походили від бугаїв угорської та канадської селекції, характеризувались відчутно довшою тривалістю продуктивного використання, у порівнянні з дочками плідників інших селекцій.

Результати досліджень, проведених у США, Польщі, Греції, Бразилії, Мексиці, Ефіопії, Кенії та інших країнах, також свідчать про значну варіабельність селекційних ознак у потомства бугаїв-плідників різної селекції (Weigel, 1996; Maia et al., 2005; García-Ruiz et al., 2015; Czubska-Stączek et al., 2016; 2016a; Roessler, 2019). Дослідники повідомляють, що бугаї з Канади та США частіше передають своїм дочкам високий потенціал надою, тоді як плідники європейських селекцій забезпечують вищий вміст жиру та білка в молоці (Majewska et al., 2003; Tsiokos et al., 2009; Muasya et al., 2014; Ayalew et al., 2015; Sullivan et al., 2022). Як зазначають закордонні автори, міжпопуляційні відмінності у племінних ресурсах голштинської породи є значними та потребують ретельного аналізу для оптимізації селекційних програм, що дозволить підтримувати необхідний рівень мінливості ознак, яка є запорукою успішної селекційної роботи (Moussavi & Mesgaran, 2009; Nicolazzi et al., 2011; Gnyp, 2012; Pytlewski et al., 2019; Värv et al., 2024).

Таким чином, необхідно здійснювати періодичний моніторинг впливу бугаїв-плідників та їхньої КС на фенотип корів-дочок з метою розробки науково обґрунтованих рекомендацій щодо прискорення генетичного прогресу та максимізації молочної продуктивності дійного стада в умовах конкретного господарства.

Мета дослідження

Мета дослідження – оцінити вплив країни селекції батька на комплекс ознак молочної продуктивності корів-дочок, щоб виявити тенденції для подальшої розробки стратегій добору бугаїв-плідників, спрямованих на оптимізацію селекційно-племінної роботи та пришвидшення темпів генетичного прогресу молочного стада в господарстві.

Матеріал і методи досліджень

Дослідження проведено на високопродуктивному стаді племінного заводу – ПОСП "Україна", що знаходиться в селі Вільхівка Луцького району Волинської області.

Об'єкт дослідження – молочна продуктивність чистопородних корів голштинської породи, отриманих від бугаїв-плідників різного походження (селекції). У досліджуваних корів вивчали показники молочної продуктивності за 305 днів першої та вищої лактації, такі як: надій молока (кг), вміст жиру й білка в молоці (%), а також кількість молочного жиру та молочного білка (кг).

Матеріал дослідження – дані зоотехнічного й племінного обліку корів, взяті із електронної інформаційної бази – СУМС "Інтесел Орсек" станом на вересень 2024 року.

Умови утримання дослідного стада. Піддослідне поголів'я утримували в приміщеннях безприв'язно-боксовим способом, з однаковим мікрокліматом та умовами догляду. Годівлю корів проводили за раціонами, які повністю забезпечували їх усіма необхідними елементами живлення. Роздачу кормів здійснювали на кормові столи, двічі на добу за допомогою мобільного міксера-кормороздавача – Peecon Biga Topliner Mammoet Future вертикального типу з об'ємом бункера – 27 м^3. Напували тварин автоматичними, груповими напувалками м'ячикового типу – Miraco BigSpring 6000/6001, об'ємом – 230 літрів із функцією підігріву води. Доїння корів проводилось у доїльному залі – "Cascade" паралельного типу, відомого виробника – "DeLaval" на 72 місця, виробничою потужністю 300 голів/годину із системою комп'ютерної ідентифікації тварин. Для осіменіння корів використовували сперму чистопородних, елітних голштинських плідників, в основному канадської, німецької, нідерландської та американської селекцій. Штучне осіменіння корів та телиць проводили ректо-цервікальним способом.

Групування тварин. Формування піддослідних груп корів проводили за КС їхніх батьків – бугаїв-плідників. Походження бугая визначали за першими двома літерами його ідентифікаційного номера, при цьому обов'язковою умовою була ідентичність КС самого плідника до КС його батька та матері. Базуючись на КС бугаїв-плідників було сформовано чотири експериментальні групи корів: перша (I) – нащадки бугаїв канадської селекції, друга (II) – німецької, третя (III) – нідерландської та четверта (IV) – американської (США) селекції. Додатково було створено 16 підгруп, які складалися з корів-напівсестер за батьком (нащадків окремих плідників); середня чисельність кожної такої підгрупи становила близько 80 голів. Відповідно, до кожної досліджуваної групи увійшло по чотири підгрупи корів-напівсибсів.

Методи дослідження. Дослідження проводили шляхом ретроспективного аналізу даних молочної продуктивності корів. Порівняння здійснювали як між основними експериментальними групами корів, так і між підгрупами – у межах кожної групи окремо. Оцінювали повторюваність ознак молочної продуктивності між першою та вищою лактаціями у кожній піддослідній групі та по вибірці в цілому. Додатково визначали відносну різницю (%) в досліджуваних показниках між цими лактаціями. Крім цього, вивчали вплив на молочну продуктивність корів таких організованих факторів:

– країна селекції батька (бугая-плідника);
– бугай-плідник (загальний вплив батька);
– батько (у межах окремої досліджуваної селекції).

Для кожного чинника визначали частку його впливу (η^2 і ω^2) на ознаки молочної продуктивності, а для факторів, пов'язаних безпосередньо з батьком, обчислювали також коефіцієнти успадковуваності (h^2) цих ознак. Силу впливу організованих факторів визначали за *В. Л. Хейсом* (Hays, 1963), а також через співвідношення факторіальної суми квадратів відхилень до загальної. Коефіцієнт успадковуваності розраховували за методикою *Д. С. Фалконера* (Falconer, 1989).

Статистичний аналіз даних. Перевірку експериментальних даних на відповідність нормальному розподілу проводили за допомогою тестів Колмогорова-Смірнова та Шапіро-Вілка, а на однорідність дисперсій – за допомогою тесту Левене (Levene's test). Загалом, гіпотеза про нормальність розподілу вибірки, груп та підгруп за переважною більшістю досліджуваних ознак не була відхилена, як і гіпотеза про однорідність дисперсій, що надало підставу для застосування методів параметричної статистики.

Вірогідність розбіжностей середніх значень показників молочної продуктивності між досліджуваними групами та підгрупами (в межах кожної групи) оцінювали за допомогою t-критерію Стьюдента для незалежних вибірок. Коефіцієнт повторюваності продуктивних ознак між першою та вищою лактаціями визначали методом кореляції Пірсона. Статистичну значущість різниць у показниках молочної продуктивності між вище зазначеними лактаціями встановлювали з використанням t-критерію Стьюдента для залежних (парних) вибірок. Загальний вплив організованих факторів на молочну продуктивність корів визначали методом однофакторного дисперсійного аналізу (One-Way ANOVA), а на його основі обчислювали частки впливу та коефіцієнт успадковуваності.

Статистичну обробку даних та інші математичні розрахунки здійснювали у середовищі комп'ютерної програми "Statistica 14.2.0" (TIBCO Software Inc., USA). Результати проведених статистичних тестів вважали вірогідними при першому рівні статистичної значущості ($P < 0,05$). Кінцеві результати статистичного аналізу представлено у вигляді таблиць та лінійчатих діаграм.

Результати

В ході дослідження встановлено, що найвищими показниками молочної продуктивності в першу лактацію за всіма ознаками відзначились корови-дочки нідерландських плідників, а найнижчими – дочки бугаїв німецької селекції (табл. 1). Водночас, масова частка білка в молоці дочок плідників III групи була меншою, ніж в інших групах (3,22 ± 0,002 %), однак його кількість була найбільшою (272,6 ± 1,95 кг). Порівняльний аналіз показав, що різниця (d) між нащадками нідерландських бугаїв та тваринами інших досліджуваних селекцій була статистично значущою та коливалась у межах: 320,0–419,3 кг (t_d = 3,85–5,03; $P < 0,001$) – за надоєм; 0,012 (t_d = 2,62; $P < 0,01$) – за вмістом жиру в молоці; 12,1–16,4 кг (t_d = 3,78–5,13; $P < 0,001$) – за молочним жиром; 0,006 (t_d = 2,04; $P < 0,05$) – за вмістом білка в молоці та 10,0–12,9 кг (t_d = 3,72–4,76; $P < 0,001$) – за молочним білком. Проте, значимих відмінностей між іншими експериментальними селекціями не виявлено, за винятком масової частки жиру між I – IV (d = 0,014; t_d = 3,02; $P < 0,01$) та II – IV (d = 0,016; t_d = 3,38; $P < 0,001$) групами.

Серед підгруп корів-первісток батьків канадської селекції найвищою продуктивністю відзначились дочки плідника *CA 105331813 К.Лавмана Ет* за більшістю досліджуваних ознак (окрім вмісту білка в молоці). На противагу цьому, дочки-напівсибси бугая *CA 9324236 К.Бонайра Ет* виявились найменш ефективними, поступаючись усім іншим підгрупам за більшістю ознак молочної продуктивності. Відтак, різниця кількісних продуктивних ознак була статистично значимою між усіма субгрупами корів-напівсестер, і становила: 352,6–1417,9 кг (t_d = 2,26–10,24; $P < 0,05$–$0,001$) – за валовим надоєм; 13,9–56,1 кг (t_d = 2,35–10,61; $P < 0,05$–$0,001$) – за кількістю молочного жиру та 11,0–45,3 кг (t_d = 2,18–10,05; $P < 0,05$–$0,001$) – за кількістю молочного білка. Водночас, за вмістом жиру в молоці різниця була вірогідною лиш між I – II (d = 0,018; t_d = 2,17; $P < 0,05$) та II – III (d = 0,024; t_d = 2,75; $P < 0,01$) підгрупами, а за вмістом білка – невірогідною між всіма субгрупами дочок канадських бугаїв-плідників.

Корови-дочки плідників *DE 1401822731 Джаміра Ет* і *DE 580694289 Шейка* мали значну перевагу в продуктивності перед нащадками бугаїв *DE 1401845327 Марлона* та *DE 1270523452 Стерлінга* за більшістю досліджуваних ознак, таких як: надій за 305 днів лактації (d = 428,2–499,5; t_d = 2,59–3,26; $P < 0,05$–$0,01$), вихід молочного жиру (d = 16,3–20,0; t_d = 2,62–3,36; $P < 0,01$–$0,001$) та молочного білка (d = 14,2–16,8; t_d = 2,61–3,42; $P < 0,01$–$0,001$). Однак, за вмістом жиру в молоці суттєвих відмінностей між піддослідними субгрупами в межах німецької селекції не виявлено, як і між I – IV та II – III підгрупами – за всіма ознаками, окрім вмісту білка в молоці між II – III (d = 0,020; t_d = 3,58; $P < 0,001$).

Дочки нідерландських бугаїв-плідників загалом продемонстрували досить високий рівень молочної продуктивності порівняно із напівсибсами плідників з інших КС. Найвищі значення досліджуваних ознак зафіксовано у дочок-первісток бугая *NL 520813625 Н.Уброкса*. Примітно, що між нащадками бугаїв I – II та II – III підгруп, суттєвої різниці в продуктивності не виявлено, тоді як між дочками плідників I – III підгруп спостерігались значимі відмінності, за надоєм молока (d = 325,9; t_d = 2,02; $P < 0,05$) та кількістю молочного жиру (d = 12,6; t_d = 2,01; $P < 0,05$). Втім, корови-первістки плідника *NL 498285134 Інсуренса* суттєво поступались за продуктивністю дочкам трьох попередніх на: 741,6–1067,5 кг (t_d = 4,25–6,55; $P < 0,001$) – за надоєм; 28,1–40,7 кг (t_d = 4,20–6,46; $P < 0,001$) – за молочним жиром та 24,3–34,5 кг (t_d = 4,32–6,56; $P < 0,001$) – за молочним білком. За вмістом жиру та білка в молоці значимої різниці між експериментальними групами не встановлено.

Таблиця 1

Молочна продуктивність корів за першу лактацію залежно від країни походження їх батька, M ± SE

Ідентифікаційний номер та кличка бугая-плідника	N	Показники молочної продуктивності корів-дочок				
		надій за 305 днів, кг	вміст жиру в молоці, %	молочний жир, кг	вміст білка в молоці, %	молочний білок, кг
I група бугаїв-плідників за КС (Канада)						
CA 9324236 К.Бонайр Ет	86	7448 ± 104,6[3]	3,83 ± 0,006[1]	285,2 ± 3,94[3]	3,23 ± 0,003	240,5 ± 3,42[3]
CA 105331813 К.Лавман Ет	82	8866 ± 90,8	3,85 ± 0,006	341,3 ± 3,53	3,22 ± 0,003	285,9 ± 2,93
CA 7866458 М.С.Сіріус Ет	83	8459 ± 106,3[2]	3,82 ± 0,006[2]	323,7 ± 4,19[2]	3,23 ± 0,004	272,9 ± 3,44[2]
CA 7925727 С.Букстар Ет	79	7801 ± 115,7[3]	3,83 ± 0,006	299,1 ± 4,42[3]	3,22 ± 0,004	251,5 ± 3,72[3]
В середньому по групі	330	8141 ± 57,0[3]	3,83 ± 0,003[2]	312,2 ± 2,20[3]	3,23 ± 0,002	262,6 ± 1,84[3]
II група бугаїв-плідників за КС (Німеччина)						
DE 1401845327 Марлон	76	7787 ± 105,1[2]	3,83 ± 0,006	298,2 ± 4,04[3]	3,22 ± 0,004[3]	251,0 ± 3,39[3]
DE 1401822731 Джамір Ет	81	8260 ± 109,3	3,83 ± 0,007	316,2 ± 4,12	3,24 ± 0,004	267,8 ± 3,55
DE 580694289 Шейк	78	8286 ± 111,4	3,84 ± 0,007	318,2 ± 4,37	3,22 ± 0,004[3]	267,2 ± 3,66
DE 1270523452 Стерлінг	82	7831 ± 124,4[2]	3,83 ± 0,006	299,9 ± 4,67[2]	3,23 ± 0,004[1]	252,9 ± 4,03[2]
В середньому по групі	317	8042 ± 57,4[3]	3,83 ± 0,003[2]	308,1 ± 2,19[3]	3,23 ± 0,002	259,8 ± 1,87[3]
III група бугаїв-плідників за КС (Нідерланди)						
NL 520813625 Н.Уброкс	76	8880 ± 105,3	3,84 ± 0,007	340,7 ± 4,14	3,22 ± 0,004	286,2 ± 3,41
NL 388965513 Ф.Г.Сновмен	75	8613 ± 110,1	3,83 ± 0,007	330,1 ± 4,23	3,22 ± 0,004	277,1 ± 3,54
NL 447860719 Ширлі	78	8555 ± 122,4[1]	3,84 ± 0,007	328,1 ± 4,70[1]	3,23 ± 0,004	276,0 ± 3,94
NL 498285134 Інсуренс	77	7813 ± 124,3[3]	3,84 ± 0,007	299,9 ± 4,76[3]	3,22 ± 0,004	251,7 ± 4,01[3]
В середньому по групі	306	8461 ± 60,5	3,84 ± 0,003[3]	324,6 ± 2,33	3,22 ± 0,002[1]	272,6 ± 1,95
IV група бугаїв-плідників за КС (США)						
US 138399058 Д.Бенефіт	82	8243 ± 120,7[2]	3,85 ± 0,007	317,2 ± 4,64[2]	3,22 ± 0,004	265,8 ± 3,88[2]
US 65968729 Б.Алден Ет	78	8716 ± 108,9	3,83 ± 0,007[1]	334,2 ± 4,25	3,23 ± 0,004	281,1 ± 3,52
US 137430820 В.Д.Герман Ет	79	7672 ± 112,8[3]	3,85 ± 0,007	295,6 ± 4,37[3]	3,23 ± 0,004	248,0 ± 3,65[3]
US 65602043 В.Айрборн Ет	82	7859 ± 94,4[3]	3,86 ± 0,006	303,1 ± 3,64[3]	3,23 ± 0,004	253,7 ± 3,05[3]
В середньому по групі	322	8119 ± 57,2[3]	3,85 ± 0,003	312,4 ± 2,21[3]	3,23 ± 0,002	262,0 ± 1,84[3]
В середньому по вибірці	1275	8187 ± 29,2	3,84 ± 0,002	314,2 ± 1,12	3,23 ± 0,001	264,1 ± 0,94

Примітки: N – кількість дійсних спостережень; M – середнє значення; SE – стандартна помилка; Ет – ембріотрансплантант; У цій та наступній таблиці вірогідність різниці між піддослідними групами та підгрупами (в межах групи) вказана при порівнянні до найвищого значення ознаки ([1] – P < 0,05; [2] – P < 0,01; [3] – P < 0,001).

Серед американських бугаїв-плідників слід відзначити *US 65968729 Б.Алдена Ет* – як найбільш перспективного поліпшувача та *US 137430820 В.Д.Германа Ет* – як найменш перспективного (в межах даної селекції). Порівняльний аналіз між субгрупами досліджуваних корів показав, що за валовим надоєм молока (d = 383,9–1043,4; t_d = 2,50–6,65; P < 0,05–0,001), виходом жиру (d = 14,1–38,6; t_d = 2,39–6,33; P < 0,05–0,001) та білка (d = 12,1–33,1; t_d = 2,45–6,53; P < 0,05–0,001) різниця була статистично значущою між майже усіма підгрупами, за винятком III – IV. Проте, між продуктивними ознаками дочок *US 137430820 В.Д.Германа Ет* та *US 65602043 В.Айрборна Ет* – вірогідної різниці не виявлено, як і за вмістом молочного жиру та молочного білка – між усіма піддослідними субгрупами.

Дослідження коефіцієнтів мінливості ознак молочної продуктивності корів-первісток показало, що найнижчою мінливістю більшості показників (окрім вмісту жиру в молоці) характеризуються нащадки нідерландських плідників – 1,4–16,8 % (рис. 1). Водночас, у корів-дочок канадських та німецьких плідників зафіксовано трохи вищі показники мінливості селекційних ознак (Cv = 1,4–17,2 %) у порівнянні з I та III групами.

Найнижчими коефіцієнтами варіації продуктивних ознак у корів-напівсестер відзначились наступні бугаї-плідники: *CA 105331813 К.Лавман Ет*; (Cv = 1,3–12,6 %) *DE 1401845327 Марлон*; (Cv = 1,3–15,9 %) *NL 520813625 Н.Уброкс* (Cv = 1,4–14,0 %) та *US 65602043 В.Айрборн Ет*. (Cv = 1,4–14,6 %). Найнижчий рівень варіації досліджуваних ознак у стаді був зафіксований у дочок *CA 105331813 К.Лавмана Ет* – канадського плідника, а найвищий у *DE 1270523452 Стерлінга* (Cv = 1,4–19,4 %) – бугая з Німеччини.

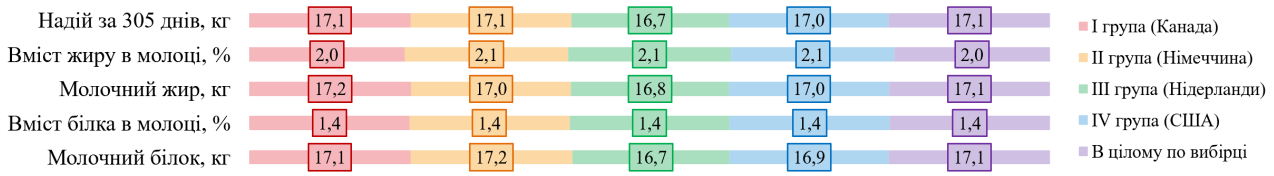


Рис. 1. Відносна мінливість (Cv) ознак молочної продуктивності корів-первісток залежно від країни походження їх батька, %

Із результатів дослідження показників молочної продуктивності корів-дочок за вищу лактацію стало відомо, що дочки німецьких плідників відзначились найвищим ступенем їх прояву, тоді як найнижчими вони виявились у нащадків американських бугаїв-плідників (табл. 2). Варто зазначити, що різниця між вище зазначеними групами була значимою тільки за кількісними ознаками, такими як: надій молока (d = 169,9; t_d = 2,42; P < 0,05), вихід молочного жиру (d = 6,3; t_d = 2,33; P < 0,05) та молочного білка (d = 6,0; t_d = 2,62; P < 0,01). Крім того, невелику різницю зафіксовано між тваринами II – III груп, але тільки за кількістю молочного жиру (d = 6,2; t_d = 2,14; P < 0,05) та молочного білка (d = 5,5; t_d = 2,24; P < 0,05). Однак, різниця між іншими досліджуваними селекціями (за більшістю ознак) була незначною та невірогідною, за винятком масової частки жиру (d = 0,009–0,012; t_d = 1,97–2,52; P < 0,05) та білка (d = 0,006–0,011; t_d = 2,09–4,03; P < 0,05–0,001) в молоці, між I – III, II – III та III – IV групами піддослідних корів. Цікаво, що нащадки канадських плідників (I група) посіли проміжну позицію між дочками німецьких бугаїв (II група) та інших селекцій, оскільки суттєвої різниці з ними не виявлено.

Серед підгруп корів-напівсибсів німецьких плідників найвищі значення продуктивних ознак продемонстрували дочки бугая *DE 1401822731 Джаміра Ет*, а найменші – нащадки *DE 1401845327 Марлона*. Так, різниця в продуктивності дочок *DE 1401822731 Джаміра Ет* і *DE 1401845327 Марлона* та *DE 1270523452 Стерлінга* й *DE 1401845327 Марлона* складає: 522,5 (t_d = 3,51; P < 0,001) і 470,5 кг (t_d = 3,05; P < 0,01) – за надоєм молока; 19,8 (t_d = 3,45; P < 0,001) і 16,8 кг (t_d = 2,81; P < 0,01) – за молочним жиром та 18,0 (t_d = 3,70; P < 0,001) і 15,2 кг (t_d = 3,01; P < 0,01) – за молочним білком. Статистично значуща різниця спостерігалась також і за вмістом молочного білка в молоці, але тільки між I – II, II – III й II – IV (d = 0,012–0,013; t_d = 2,21–2,55; P < 0,05) субгрупами дочок-напівсибсів.

Таблиця 2

Молочна продуктивність корів за вищу лактацію залежно від країни походження їх батька, M ± SE

Ідентифікаційний номер та кличка бугая-плідника	N	Показники молочної продуктивності корів-дочок				
		надій за 305 днів, кг	вміст жиру в молоці, %	молочний жир, кг	вміст білка в молоці, %	молочний білок, кг
I група бугаїв-плідників за КС (Канада)						
CA 9324236 К.Бонайр Ет	86	9240 ± 99,5	3,85 ± 0,006	356,0 ± 3,94	3,23 ± 0,004	298,5 ± 3,29
CA 105331813 К.Лавман Ет	82	9015 ± 91,6	3,85 ± 0,006	346,8 ± 3,52	3,22 ± 0,003	290,5 ± 2,94
CA 7866458 М.С.Сіріус Ет	83	9060 ± 94,7	3,84 ± 0,007	348,1 ± 3,76	3,22 ± 0,004	292,2 ± 3,11
CA 7925727 С.Букстар Ет	79	9117 ± 103,8	3,85 ± 0,007	350,7 ± 4,07	3,22 ± 0,004	294,0 ± 3,39
В середньому по групі	330	9109 ± 48,9	3,85 ± 0,003	350,5 ± 1,92	3,23 ± 0,002	293,9 ± 1,60
II група бугаїв-плідників за КС (Німеччина)						
DE 1401845327 Марлон	76	8845 ± 110,1[3]	3,85 ± 0,007	340,6 ± 4,31[3]	3,23 ± 0,004[1]	285,6 ± 3,59[3]
DE 1401822731 Джамір Ет	81	9368 ± 100,5	3,85 ± 0,007	360,4 ± 3,79	3,24 ± 0,004	303,5 ± 3,27
DE 580694289 Шейк	78	9136 ± 99,1	3,85 ± 0,007	351,9 ± 3,85	3,23 ± 0,004[1]	294,9 ± 3,24
DE 1270523452 Стерлінг	82	9316 ± 107,8	3,84 ± 0,007	357,4 ± 4,15	3,23 ± 0,004[1]	300,7 ± 3,53
В середньому по групі	317	9171 ± 52,9	3,85 ± 0,003	352,8 ± 2,04	3,23 ± 0,002	296,3 ± 1,73
III група бугаїв-плідників за КС (Нідерланди)						
NL 520813625 Н.Уброкс	76	9298 ± 90,5	3,84 ± 0,007	356,9 ± 3,56	3,22 ± 0,004	299,3 ± 2,95
NL 388965513 Ф.Г.Сновмен	75	8804 ± 104,1[3]	3,84 ± 0,007	337,8 ± 4,03[3]	3,22 ± 0,004	283,3 ± 3,37[3]
NL 447860719 Ширлі	78	9301 ± 101,7	3,84 ± 0,007	356,8 ± 3,87	3,23 ± 0,004	299,9 ± 3,30
NL 498285134 Інсуренс	77	8731 ± 114,9[3]	3,84 ± 0,007	334,9 ± 4,42[3]	3,22 ± 0,004	280,9 ± 3,72[3]
В середньому по групі	306	9034 ± 53,0	3,84 ± 0,003[1]	346,6 ± 2,04[1]	3,22 ± 0,002[1]	290,9 ± 1,72[1]
IV група бугаїв-плідників за КС (США)						
US 138399058 Д.Бенефіт	82	8965 ± 88,2	3,85 ± 0,007	345,2 ± 3,42	3,23 ± 0,004	289,2 ± 2,85
US 65968729 Б.Алден Ет	78	9035 ± 98,1	3,84 ± 0,007	347,3 ± 3,80	3,22 ± 0,004	291,3 ± 3,18
US 137430820 В.Д.Герман Ет	79	8988 ± 82,9	3,85 ± 0,007	346,1 ± 3,23	3,23 ± 0,005	290,2 ± 2,71
US 65602043 В.Айрборн Ет	82	9019 ± 97,4	3,85 ± 0,007	347,3 ± 3,77	3,22 ± 0,004	290,8 ± 3,14
В середньому по групі	322	9002 ± 46,0[1]	3,85 ± 0,003	346,5 ± 1,78[1]	3,23 ± 0,002	290,4 ± 1,49[2]
В середньому по вибірці	1275	9079 ± 25,1	3,84 ± 0,002	349,1 ± 0,97	3,23 ± 0,001	292,9 ± 0,82

Корови-дочки нідерландських бугаїв – *NL 447860719 Ширлі* та *NL 520813625 Н.Уброкса* суттєво переважали нащадків плідників *NL 388965513 Ф.Г.Сновмена* та *NL 498285134 Інсуренса* за комплексом ознак молочної продуктивності, а саме: на 494,0–570,1 кг (t_d = 3,41–3,88; P < 0,001) – за надоєм молока; на 19,0–22,0 кг (t_d = 3,40–3,89; P < 0,001) – за молочним жиром та 16,0–19,0 кг (t_d = 3,52–3,87; P < 0,001) – за молочним білком. Суттєвих відмінностей у показниках молочної продуктивності між I – III та II – IV підгрупами, як і за всіма якісними ознаками між усіма субгрупами, не виявлено.

Підгрупи корів-нащадків канадських та американських бугаїв-плідників відзначились майже однаковим рівнем прояву ознак молочної продуктивності. Такі дані можуть свідчити про високий рівень консолідованості ознак між дочками плідників вище зазначених селекцій, оскільки значення різниці між підгрупами (в межах груп) були дуже низькими і статистично незначущими за всіма продуктивними ознаками.

Аналіз коефіцієнтів варіації ознак молочної продуктивності корів-дочок за вищу лактацію показав, що найнижчі їх значення зафіксовані у нащадків плідників американської селекції – 1,5–12,4 % (рис. 2). Водночас, дочки бугаїв-плідників німецького та нідерландського походження відзначились найвищою варіацією досліджуваних ознак – 1,4–13,9 %.

Найнижчі коефіцієнти варіації ознак молочної продуктивності в межах кожної досліджуваної селекції, зафіксовані у нащадків таких бугаїв: *CA 105331813 К.Лавман Ет* (Cv = 1,3–12,4 %); *DE 1401822731 Джамір Ет* (Cv = 1,4–13,0 %); *NL 520813625 Н.Уброкс* (Cv = 1,4–11,5 %) та *US 137430820 В.Д.Герман Ет* (Cv = 1,7–11,2 %). Найнижчий рівень варіації досліджуваних ознак у стаді продемонстрували корови, народжені від *NL 520813625 Н.Уброкса* (нідерландська селекція) та *US 137430820 В.Д.Германа Ет* (американська селекція). Натомість, найвищий рівень варіації спостерігався у потомства *NL 498285134 Інсуренса* (Cv = 1,5–15,6 %) – бугая-плідника з Нідерландів.

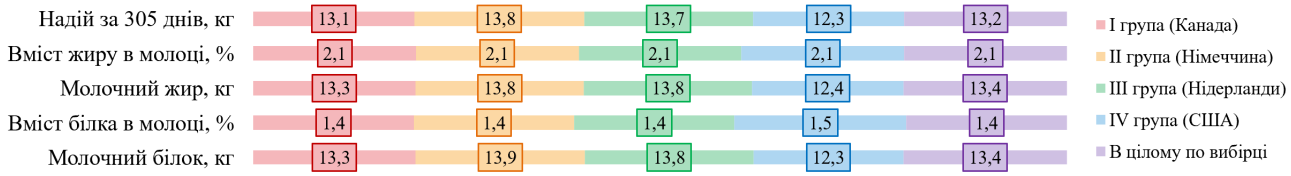


Рис. 2. Відносна мінливість (Cv) ознак молочної продуктивності корів за вищу лактацію залежно від країни селекції батька, %

З метою оцінювання стабільності прояву продуктивних ознак у дочок бугаїв між першою та вищою лактаціями було визначено коефіцієнт повторюваності (repeatability coefficient). Даний показник відображає частку фенотипової мінливості, зумовленої постійними чинниками (як генетичними, так і сталими екзогенними), і характеризує ступінь відтворюваності ознаки у часі (Robinson & Oddy, 2016; Papageorgiou & Simitzis, 2022). Отож, високі значення коефіцієнта повторюваності (r_w > 0,600) свідчать про високу стабільність селекційних ознак, тобто молочна продуктивність корів за першу лактацію є надійним предиктором їх продуктивності у вищу лактацію.

Найвищий рівень повторюваності як за кількісними (надій, молочний жир, молочний білок), так і за якісними (вміст жиру, вміст білка) продуктивними ознаками було встановлено у нащадків плідників III групи (табл. 3). Коефіцієнти кореляції кількісних ознак у цій групі варіювали в межах 0,664−0,666, що свідчить про помітний зв'язок. Однак, для вмісту жиру та білка в молоці ці показники становили 0,792 та 0,745 відповідно, демонструючи сильний зв'язок. Примітно, що саме ці корови відзначилися найменшою відносною різницею між лактаціями за кількісними показниками, що становила 6,7−6,8 % (t_d = 12,03–12,21; P < 0,001).

Таблиця 3

Повторюваність продуктивних ознак в дочок бугаїв-плідників різної селекції між першою та вищою лактаціями

Показники молочної продуктивності	Групи корів-дочок за країною селекції батька								В цілому по вибірці	
	I група (Канада)		II група (Німеччина)		III група (Нідерланди)		IV група (США)			
	r	d, %	r	d, %	r	d, %	r	d, %	r	d, %
N	330		317		306		322		1275	
Надій за 305 днів, кг	0,503^{B}	11,9^{3}	0,531^{B}	14,0^{3}	0,666^{B}	6,8^{3}	0,470^{A}	10,9^{3}	0,535^{B}	10,9^{3}
Вміст жиру в молоці, %	0,562^{B}	0,31^{3}	0,411^{A}	0,37^{3}	0,792^{C}	0,03	0,669^{B}	0,02	0,607^{B}	0,18^{3}
Молочний жир, кг	0,490^{A}	12,2^{3}	0,519^{B}	14,5^{3}	0,664^{B}	6,8^{3}	0,464^{A}	10,9^{3}	0,526^{B}	11,1^{3}
Вміст білка в молоці, %	0,566^{B}	0,01	0,453^{A}	0,03	0,745^{C}	-0,07	0,645^{B}	-0,06	0,603^{B}	-0,02
Молочний білок, кг	0,491^{A}	11,9^{3}	0,536^{B}	14,1^{3}	0,665^{B}	6,7^{3}	0,466^{A}	10,8^{3}	0,534^{B}	10,9^{3}

Примітки: r – коефіцієнт кореляції Пірсона (в ролі коефіцієнта повторюваності); d – відносна різниця між лактаціями; Усі вище наведені коефіцієнти кореляцій були вірогідними при третьому рівні статистичної значущості (P < 0,001); Щільність зв'язку визначено за таблицею Р.Е. Чеддока (^{A} – помірна; ^{B} – помітна; ^{C} – сильна)

Найнижчу повторюваність за кількісними ознаками виявлено у дочок американських бугаїв-плідників, де коефіцієнти повторюваності надою, молочного жиру та молочного білка коливалися в межах 0,464−0,470, що вказує на помірний зв'язок. За якісними ознаками мінімальна повторюваність встановлена у нащадків плідників II групи, де коефіцієнти для вмісту жиру та білка становили 0,411 та 0,453 відповідно, що також вказує на помірний зв'язок.

Найбільша відносна різниця між кількісними показниками першої та вищої лактацій зафіксована у дочок плідників німецького походження, де приріст надою склав 14,0 % (t_d = 21,06; P < 0,001), молочного жиру – 14,5 % (t_d = 21,46; P < 0,001), а молочного білка – 14,1 % (t_d = 21,05; P < 0,001).

Стосовно вмісту жиру в молоці, статистично значуща, проте дуже мала за абсолютним значенням, відносна різниця між лактаціями спостерігалася у корів, батьки яких походили з Канади та Німеччини: 0,31 (t_d = 3,96; P < 0,001) та 0,37 % (t_d = 3,93; P < 0,001), відповідно. Щодо вмісту білка в молоці, відно-

сна різниця між першою та вищою лактаціями була незначною та статистично невірогідною.

Загалом по стаду зафіксовано помітний зв'язок (r_w = 0,526−0,607; t_r = 29,6–36,6; P < 0,001) між першою та вищою лактаціями за всіма досліджуваними ознаками молочної продуктивності. Відносна різниця за надоєм, кількістю молочного жиру та молочного білка в середньому по вибірці склала 10,9−11,1 % (t_d = 33,51–33,89; P < 0,001), що може свідчити про прогресивне зростання цих показників з віком корів.

Аналіз віку досягнення найвищих надоїв (пікової лактації), виявив суттєві відмінності між групами. Корови-дочки нідерландських плідників досягали піку продуктивності найраніше – 1,38, що корелює з найвищою повторюваністю та найменшою відносною різницею між лактаціями. Таке поєднання може свідчити про низький рівень продуктивного довголіття у цій групі, тобто значна частина корів, з невстановлених причин, надалі мала нижчу молочну продуктивність або вибула після першої лактації.

На противагу цьому, найбільший вік досягнення найвищих надоїв зафіксовано у корів отриманих від німецьких бугаїв-плідників – 1,96, що збігається з найбільшою відносною різницею між лактаціями, це свідчить про значний приріст продуктивності з віком у цих тварин.

Дочки плідників канадської та американської селекції дещо поступалися нащадкам бугаїв II групи за цими показниками. Так, у корів I групи цей показник становив – 1,73, а у дочок американських бугаїв (IV група) ще менше – 1,52. Отримані результати можуть свідчити про те, що генетичний прогрес, досягнутий у різних країнах, має свої особливості, що слід враховувати при розробці ефективних стратегій добору бугаїв-плідників.

Для кількісної оцінки впливу факторів на молочну продуктивність корів у дослідженні використовували показники сили впливу (effect size) та коефіцієнта успадковуваності (heritability coefficient). Сила впливу відображає частку фенотипової варіації, зумовленої дією конкретного фактора, і дає змогу оцінити практичну вагомість відмінностей між групами (Valladares-Neto, 2018; Yigit & Mendes, 2018). Коефіцієнт успадковуваності показує частку фенотипової мінливості, що обумовлена адитивними генетичними чинниками, та визначає потенційну ефективність селекції за досліджуваними ознаками (Dechow et al., 2003; Szymik et al., 2021; Williams et al., 2022).

Результати дисперсійного аналізу свідчать про слабкий, але статистично значущий вплив КС бугая на показники молочної продуктивності корів-дочок за першу лактацію (табл. 4). Зокрема, величина ефекту КС батька на більшість продуктивних ознак у корів-первісток не перевищувала 1,16–1,27 % (F = 8,93–9,84; P < 0,001). Однак, з часом ступінь впливу КС бугая-плідника на продуктивність дочок істотно знизився. За вищу лактацію встановлено непомітний, але статистично підтверджений вплив лише на вміст (η^2 = 0,69 %; F = 5,29; P < 0,01) та кількість молочного білка (η^2 = 0,38 %; F = 2,89; P < 0,05). Проте, такі малі значення показника сили впливу не мають практичної цінності для селекції, тож ними можна знехтувати.

Таблиця 4

Вплив бугая-плідника та країни його селекції на показники молочної продуктивності в корів-дочок

Ознаки молочної продуктивності	*Перша лактація*							*Вища лактація*				
	df_{BG}	df_{WG}	η^2 ± SE, %	ω^2, %	h^2	F	P <	η^2 ± SE, %	ω^2, %	h^2	F	P <
Вплив країни селекції бугая-плідника												
Надій за 305 днів, кг	3	1271	1,27 ± 0,129	1,14	–	9,84	0,001	0,30 ± 0,131	0,17	–	2,31	–
Вміст жиру в молоці, %	3	1271	0,63 ± 0,130	0,50	–	4,81	0,01	0,32 ± 0,131	0,19	–	2,46	–
Молочний жир, кг	3	1271	1,26 ± 0,129	1,13	–	9,77	0,001	0,32 ± 0,131	0,19	–	2,48	–
Вміст білка в молоці, %	3	1271	0,38 ± 0,131	0,25	–	2,92	0,05	0,69 ± 0,130	0,56	–	5,29	0,01
Молочний білок, кг	3	1271	1,16 ± 0,130	1,03	–	8,93	0,001	0,38 ± 0,131	0,25	–	2,89	0,05
Загальний вплив бугая-плідника												
Надій за 305 днів, кг	15	1259	10,00 ± 0,593	9,41	0,399	16,87	0,001	2,33 ± 0,644	1,69	0,072	3,63	0,001
Вміст жиру в молоці, %	15	1259	1,38 ± 0,650	0,73	0,031	2,13	0,01	0,54 ± 0,655	-0,11	-0,005	0,83	–
Молочний жир, кг	15	1259	9,97 ± 0,593	9,38	0,398	16,81	0,001	2,29 ± 0,644	1,65	0,070	3,56	0,001
Вміст білка в молоці, %	15	1259	1,47 ± 0,649	0,82	0,035	2,27	0,01	1,26 ± 0,651	0,61	0,026	1,94	0,05
Молочний білок, кг	15	1259	9,80 ± 0,594	9,20	0,390	16,48	0,001	2,50 ± 0,643	1,86	0,079	3,89	0,001

Примітки: df_{BG} і df_{WG} – число ступенів свободи організованого та випадкових факторів; η^2 – сила впливу за співвідношенням факторіальної суми квадратів відхилень до загальної; ω^2 – показник сили впливу за В. Л. Хейсом; h^2 – коефіцієнт успадковуваності ознаки; F – критерій вірогідності Фішера

Бугай-плідник як фактор мав значно більший вплив на продуктивність дочок у першу лактацію. Сила впливу на валовий надій молока, кількість молочного жиру та білка становила 9,80–10,00 % (F = 16,48–16,87; P < 0,001). Водночас, для масової частки жиру та білка в молоці, величина ефекту була значно нижчою, не перевищуючи 1,38–1,47 % (F = 2,13–2,27; P < 0,01). Коефіцієнти спадковості кількісних ознак становили 0,390–0,399, що вказує на те, що близько 40 % варіації цих ознак обумовлено генетикою батька. Натомість, рівень успадковуваності якісних ознак був істотно меншим (h^2 = 0,031–0,035), що свідчить про неефективність відбору за цими ознаками.

Аналіз показників продуктивності корів-напівсестер за вищу лактацію показав значно нижчі результати. Так, статистично значуща сила впливу була в межах 1,26–2,50 % (F = 1,94–3,89; P < 0,05–0,001) за різними продуктивними ознаками, окрім вмісту жиру в молоці. Індекс успадковуваності досліджуваних ознак був незначним – 0,026–0,079.

Від'ємні значення, отримані для деяких ознак, можна пояснити статистичною похибкою, що виникає, коли справжні значення параметрів близькі до нуля. У такому разі, через випадкові коливання у вибірці, незміщені оцінки ω^2 та h^2 набувають від'ємних значень, що свідчить про відсутність реального впливу фактора на варіацію досліджуваної ознаки.

При аналізі впливу бугаїв-плідників у межах окремої досліджуваної селекції встановлено істотні відмінності (табл. 5). Найбільш суттєвий вплив бугая на молочну продуктивність дочок-первісток спостерігався в I групі (канадська селекція). Частка впливу на кількісні ознаки становила 15,66–16,47 % (F = 36,53–38,79; P < 0,001), відповідно, коефіцієнти успадковуваності також були найвищими: 0,772–0,811. Слід зазначити, що такі значення герітабельності для канадської селекції потребують додаткової перевірки та аналізу, оскільки є аномально високими для ознак молочної продуктивності.

Водночас, плідники американської та нідерландської селекцій продемонстрували меншу силу впливу на продуктивність дочок-первісток: 7,55–8,26 % (F = 14,97–15,42; P < 0,001) – у IV групі та 7,64–7,85 % (F = 15,68–17,29; P < 0,001) – у III групі корів-напівсибсів. Коефіцієнти успадковуваності кількісних ознак у цих групах варіювали від 0,368 до 0,404. Проте, найменшою часткою впливу (η^2 = 2,86–3,06 %; F = 5,57–5,97; P < 0,001) та найнижчими індексами успадковуваності (h^2 = 0,124–0,134) відзначились нащадки бугаїв німецького походження.

Таблиця 5

Вплив бугая-плідника на ознаки молочної продуктивності дочок у межах окремої досліджуваної селекції

Ознаки молочної продуктивності	*Перша лактація*							*Вища лактація*				
	df_{BG}	df_{WG}	$\eta^2 \pm SE$, %	ω^2, %	h^2	F	P <	$\eta^2 \pm SE$, %	ω^2, %	h^2	F	P <
I група бугаїв-плідників за КС (Канада)												
Надій за 305 днів, кг	3	326	15,98 ± 0,427	15,53	0,787	37,40	0,001	0,51 ± 0,506	0,01	0,000	1,02	–
Вміст жиру в молоці, %	3	326	1,39 ± 0,501	0,89	0,047	2,78	0,05	0,25 ± 0,507	-0,26	-0,014	0,49	–
Молочний жир, кг	3	326	16,47 ± 0,425	16,03	0,811	38,79	0,001	0,58 ± 0,506	0,07	0,004	1,14	–
Вміст білка в молоці, %	3	326	0,15 ± 0,508	-0,36	-0,019	0,29	–	0,34 ± 0,507	-0,17	-0,009	0,67	–
Молочний білок, кг	3	326	15,66 ± 0,429	15,21	0,772	36,53	0,001	0,60 ± 0,505	0,09	0,005	1,19	–
II група бугаїв-плідників за КС (Німеччина)												
Надій за 305 днів, кг	3	313	2,86 ± 0,514	2,34	0,124	5,57	0,001	2,57 ± 0,516	2,05	0,108	4,98	0,01
Вміст жиру в молоці, %	3	313	0,19 ± 0,528	-0,34	-0,018	0,36	–	0,52 ± 0,526	0,00	0,000	0,99	–
Молочний жир, кг	3	313	3,02 ± 0,513	2,50	0,132	5,88	0,001	2,37 ± 0,517	1,85	0,098	4,59	0,01
Вміст білка в молоці, %	3	313	3,06 ± 0,513	2,54	0,134	5,97	0,001	1,50 ± 0,521	0,98	0,052	2,88	0,05
Молочний білок, кг	3	313	3,03 ± 0,513	2,52	0,133	5,91	0,001	2,72 ± 0,515	2,21	0,117	5,29	0,01
III група бугаїв-плідників за КС (Нідерланди)												
Надій за 305 днів, кг	3	302	7,83 ± 0,509	7,31	0,380	15,37	0,001	4,67 ± 0,527	4,13	0,217	8,86	0,001
Вміст жиру в молоці, %	3	302	0,10 ± 0,552	-0,45	-0,024	0,17	–	0,01 ± 0,552	-0,54	-0,029	0,01	–
Молочний жир, кг	3	302	7,64 ± 0,510	7,12	0,371	14,97	0,001	4,67 ± 0,527	4,13	0,217	8,86	0,001
Вміст білка в молоці, %	3	302	0,66 ± 0,549	0,11	0,006	1,20	–	0,44 ± 0,550	-0,11	-0,006	0,79	–
Молочний білок, кг	3	302	7,85 ± 0,509	7,33	0,382	15,42	0,001	4,79 ± 0,526	4,26	0,224	9,11	0,001
IV група бугаїв-плідників за КС (США)												
Надій за 305 днів, кг	3	318	8,26 ± 0,478	7,77	0,404	17,29	0,001	0,06 ± 0,521	-0,46	-0,025	0,11	–
Вміст жиру в молоці, %	3	318	1,10 ± 0,515	0,59	0,031	2,14	–	0,12 ± 0,520	-0,40	-0,021	0,23	–
Молочний жир, кг	3	318	7,55 ± 0,482	7,06	0,368	15,68	0,001	0,04 ± 0,521	-0,48	-0,026	0,08	–
Вміст білка в молоці, %	3	318	0,46 ± 0,518	-0,06	-0,003	0,88	–	0,12 ± 0,520	-0,40	-0,022	0,22	–
Молочний білок, кг	3	318	8,04 ± 0,479	7,55	0,393	16,78	0,001	0,05 ± 0,521	-0,47	-0,025	0,10	–

За вищу лактацію найвищий ступінь впливу та коефіцієнт успадковуваності у межах окремих селекцій продемонстрували бугаї нідерландського походження: 4,67–4,79 % (F = 8,86–9,11; P < 0,001) та 0,217–0,224 відповідно. Натомість, німецькі плідники відзначились значно меншим розміром ефекту (η^2 = 2,37–2,72 %; F = 4,59–5,29; P < 0,01) та герітабельністю (h^2 = 0,098–0,117). Важливо зазначити, що у межах канадської та американської селекцій статистично значущого впливу на молочну продуктивність корів у вищу лактацію не встановлено, відтак успадковуваність продуктивних ознак була близькою до нуля (h^2 < 0,001).

Отже, результати дисперсійного аналізу засвідчили, що КС бугая-плідника має невеликий, проте статистично значущий вплив на формування фенотипу корів-первісток. З часом сила впливу та коефіцієнт успадковуваності проявили тенденцію до стрімкого зниження, що частково можна пояснити накопичувальним впливом середовищних факторів, які посприяли реалізації генетичного потенціалу тварин.

Обговорення

Підсумок основних результатів. Результати проведеного дослідження підтвердили статистично значущий вплив КС бугаїв-плідників на формування ознак молочної продуктивності у корів-первісток. Зокрема, найвищий рівень продуктивності за кількісними ознаками продемонстрували корови, отримані від нідерландських бугаїв, що значно перевищувало показники нащадків плідників усіх інших груп (P < 0,001). Натомість, найнижчі показники за першу лактацію були зафіксовані у дочок німецьких бугаїв, проте їх вірогідність, у порівнянні з канадською та американською селекціями, статистично не підтвер-

дилась. Варто зазначити, що за вищу лактацію корови усіх досліджуваних груп відзначились майже однаковим рівнем прояву молочних ознак. Водночас, нащадки німецьких та канадських плідників все ж відрізнялися від нідерландських та американських, однак ця різниця, у більшості міжгрупових порівнянь, була статистично незначною або маловірогідною ($P < 0,05$).

Слід відмітити, що в нашому дослідженні була виявлена цікава тенденція: дочки нідерландських бугаїв реалізували свій генетичний потенціал вже у першу лактацію, тоді як продуктивність корів, отриманих від німецьких плідників, істотно зросла із віком. Це може свідчити про їх вищу адаптаційну здатність та потенціал до зростання продуктивності у подальших лактаціях. Результати дисперсійного аналізу підтвердили раніше зроблені висновки міжгрупових порівнянь, засвідчивши невеликий, проте статистично значущий вплив (η^2 = 1,16–1,27 %; $P < 0,001$) фактора "країна селекції батька" на фенотип піддослідних корів-первісток. Однак, за вищу лактацію статистично значущих відмінностей між експериментальними групами не виявлено.

Найвищим ступенем впливу та успадковуваністю, у межах окремої досліджуваної селекції, відзначились нащадки канадських плідників, за першу лактацію та нідерландських – за вищу. Високий рівень варіабельності в цих селекційних групах відкриває значні перспективи для ефективного добору за фактором "бугай-плідник". Водночас, дочки німецьких бугаїв (за першу лактацію), а також канадських та американських (за вищу), показали незначну силу впливу батька на комплекс продуктивних ознак та низьку частку їх успадковуваності. Гіпотетично, це може свідчити про високу фенотипову або генотипову консолідованість піддослідних корів у межах цих селекцій, що, своєю чергою, знижує ефективність відбору.

Узгодженість з іншими дослідженнями. Отримані результати загалом узгоджуються з даними інших досліджень, що підтверджують значну варіабельність селекційних ознак у потомства бугаїв-плідників різного походження (Gnyp, 2012; Babik et al., 2017; Pytlewski et al., 2019; Kuziv et al., 2022). Проте, на відміну від загальноприйнятих уявлень іноземних авторів, що американські та канадські бугаї мають найвищу племінну цінність за кількісними ознаками (надій молока, вихід молочного жиру та молочного білка), в нашому дослідженні дочки-первістки нідерландських плідників продемонстрували статистично значуще кращі результати у порівнянні з вищезазначеними (Maia et al., 2005; Tsiokos et al., 2009; Ayalew et al., 2015; Sullivan et al., 2022). Таку розбіжність результатів можна пояснити низкою факторів, зокрема, специфікою генетичної структури популяції, а також відмінними умовами годівлі, догляду та утримання в досліджуваному господарстві, які могли краще розкрити потенціал саме нідерландської генетики. Дослідження, проведене в Кенії, підтверджує, що генетика бугая-плідника може по-різному проявлятися залежно від дії факторів навколишнього середовища (Muasya et al., 2014). Це вкотре підкреслює важливість добору бугаїв-плідників за адаптаційною здатністю їх потомства до конкретних умов довкілля.

Обмежуючі фактори та обмеження дослідження. Головним обмежуючим фактором даного дослідження є те, що воно проводилось на базі одного племінного заводу в певних кліматичних і господарських умовах. Це безумовно впливає на узагальнення отриманих даних і не дозволяє екстраполювати їх на ширшу популяцію. Попри те, що піддослідних тварин утримували в однакових умовах, що частково мінімізує вплив середовищних факторів, це не виключає їх повністю. Зокрема, зберігається вплив року та сезону народження, генотипу жіночих предків, затримок росту в різні періоди вирощування та інших неврахованих чинників.

Істотним недоліком нашого дослідження є недостатня кількість лактацій, що унеможливлює повну оцінку молочної продуктивності. Особливо це актуально для корів-дочок нідерландських плідників, оскільки вони досягали піку своєї продуктивності найраніше. Даний факт підтверджується найвищими коефіцієнтами повторюваності та найменшою відносною різницею між лактаціями, що пояснює незначний приріст молочної продуктивності у корів даної селекції за вищу лактацію. Відтак, значна частина тварин, з невстановлених причин, надалі мала нижчу молочну продуктивність або вибула після першої лактації. Це, своєю чергою, може свідчити про потенційно нижчий рівень їх продуктивного довголіття.

Аномально високі значення герітабельності ($h^2 > 0,700$), зафіксовані в межах I групи (канадська селекція), є нетиповими для кількісних ознак молочної продуктивності. Даний результат, найімовірніше, не відображає істинної успадковуваності та пояснюється статистичними обмеженнями дослідження, а саме – малою вибіркою плідників (4 бугаї) при великій кількості потомства (Hunde et al., 2024; Tabet et al., 2025). Така структура даних могла призвести до помилкового віднесення неадитивних генетичних ефектів або випадкових флуктуацій до успадковуваності (Mondal et al., 2024). Цей факт підкреслює необхідність використання ширших та репрезентативніших вибірок для точної оцінки генетичних параметрів (Spanos, 2023; Bekmezci & Sürücü, 2025).

Практичне значення результатів. Виявлена перевага дочок-первісток нідерландських бугаїв-плідників в умовах ПОСП "Україна" дозволяє обґрунтовано рекомендувати їх для подальшого використання з метою пришвидшення генетичного прогресу та підвищення рентабельності виробництва молока. Водночас, при розробці селекційних рекомендацій слід враховувати, що, на противагу ранньої реалізації генетичного потенціалу, ця група тварин гіпотетично може мати нижчий рівень продуктивного довголіття. З огляду на це, рішення про доцільність використання генетичного матеріалу, імпортованого з конкретної країни, повинно бути комплексним, з урахуванням довгострокової стратегії розвитку стада. Слід зазначити, що КС не може бути ключовим критерієм при виборі бугая-плідника, оскільки її ефект є недостатньо великим, хоча і статистично значущим. Натомість, добір плідників для відтворення маточного

поголів'я передусім слід здійснювати на основі результатів їхньої оцінки (за продуктивністю нащадків або геномної), враховуючи не лише селекційний індекс, а й потенційний поліпшувальний вплив на окремі селекційні ознаки.

Напрями для подальших досліджень. На основі отриманих результатів та виявлених обмежень, перспективними напрямами для подальших досліджень можуть бути:

- оцінка впливу КС бугая-плідника на тривалість продуктивного використання корів-дочок у різних господарствах. Таке дослідження дозволить ґрунтовно дослідити молочну продуктивність за більшу кількість лактацій, а також дасть змогу більш точно визначити коефіцієнти повторюваності, які є ключовими для її подальшого прогнозування;
- проведення аналогічних досліджень в інших регіонах України. Застосування змішаних лінійних статистичних моделей дозволить точніше оцінити ступінь реалізації генетичного потенціалу тварин, нівелюючи вплив низки генетичних та екзогенних чинників. Це також дасть змогу більш точно визначити частку успадковуваності господарсько-корисних ознак у межах кожної досліджуваної селекції;
- визначення середніх коефіцієнтів фенотипової консолідованості продуктивних ознак у корів-напівсибсів у межах окремої селекції. Це дозволить кількісно оцінити варіабельність селекційних ознак та препотентність окремих бугаїв-плідників, що, своєю чергою, вкаже на потенціал для подальшого відбору;
- аналіз геному піддослідних тварин для ідентифікації специфічних генів, пов'язаних з молочною продуктивністю та адаптаційною здатністю, характерною для потомства бугаїв з різних КС;
- порівняльний аналіз молочної продуктивності та інших селекційних ознак між різними поколіннями нащадків бугаїв з конкретної КС, який дозволить оцінити генетичний прогрес у межах популяції.

Зазначені дослідження розширять розуміння генетичної мінливості голштинської породи, пов'язаної з КС плідника. Це дасть змогу розробити точніші та ефективніші рекомендації для вітчизняних селекціонерів, які можна буде впровадити в різних господарствах України.

Висновки

1. Встановлено, що КС батька мала статистично значущий вплив на молочну продуктивність у корів-дочок за першу лактацію.
2. Найвищий рівень молочної продуктивності, за кількісними ознаками зафіксовано у дочок-первісток нідерландських бугаїв-плідників.
3. За вищу лактацію значних відмінностей між піддослідними групами не виявлено. Проте, дочки німецьких плідників все ж переважали корів з інших селекцій, хоча ця різниця була незначною та маловірогідною ($P < 0,05$).
4. Дочки нідерландських бугаїв відзначились найбільш раннім віком досягнення пікової продуктивності, що підтверджується найменшою різницею між лактаціями при найвищій повторюваності. Це може свідчити про потенційно нижчий рівень їх продуктивного довголіття.
5. Лідерками за молочною продуктивністю виявилися дочки плідника *NL 520813625 Н.Уброкса.* Вони продемонстрували найвищі результати по стаду за першу лактацію, а також майже найвищі – за вищу.
6. Виявлена перевага дочок нідерландських плідників, зокрема *NL 520813625 Н.Уброкса* та *NL 447860719 Ширлі*, дозволяє обґрунтовано рекомендувати їх для ширшого використання у відтворенні маточного поголів'я даного господарства.

Отже, генетичний прогрес, досягнутий у різних країнах, має свої особливості, що слід враховувати при розробці ефективних стратегій добору бугаїв-плідників.

Перспективи подальших досліджень. Планується вивчення продуктивного довголіття голштинських корів, отриманих від бугаїв з різних КС, на значно ширшій популяції та з урахуванням генетичних і середовищних чинників.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів.

References

Ayalew, W., Aliy, M., & Negussie, E. (2015). Milk production performance of Holstein Friesian dairy cows at Holetta Bull Dam farm, Ethiopia. Livestock Research for Rural Development, 27(9), e173. URL: http://www.lrrd.org/lrrd27/9/wond27173.html.

Babik, N. P., Fedorovych, Ye. I., & Fedorovych, V. V. (2017). Duration and effectiveness of lifetime use of dairy cows dependending on their father's country origin. Animal Breeding and Genetics, 54, 19–29. DOI: 10.31073/abg.54.03 (in Ukrainian).

Bashchenko, M. I., Boiko, O. V., Honchar, O. F., Sotnichenko, Yu. M., Tkach, Ye. F., Gavrysh, O. M., Nebylytsja, M. S., Lesyk, Ya. V., & Gutyj, B. V. (2021). The cows calving in the selection of bull-breeder in Monbeliard, Norwegian Red and Holstine breed. Ukrainian Journal of Ecology, 11(2), 236–240. DOI: 10.15421/2021_105.

Bekmezci, M., & Sürücü, L. (2025). Determination of validity, reliability and sample size in qualitative research. PaperASIA, 41(4b), 287–300. DOI: 10.59953/paperasia.v41i4b.545.

Biriukova, O. D., Polupan, Yu. P., & Pryima, S. V. (2025). Dynamics of the influence of genetic factors on the milk productivity of cows during changes in the level of productivity in the herd. Animal Breeding and Genetics, 69, 7–15. DOI: 10.31073/abg.69.01 (in Ukrainian).

Cherniak, N. S. (2024). Exterior characteristics of Holstein cattle of different origin and the relationship of complex traits to milk productivity. Animal Breeding and Genetics, 68, 125–134. DOI: 10.31073/abg.68.10.

Czubska-Stączek, A., Wójcik, P., & Cwynar, M. (2016). Production characteristics of Simmental cattle in the Carpathian region depending on herd size and country

of bull origin. Wiadomości Zootechniczne, 54(1), 11–18. URL: https://wz.iz.edu.pl/files/WZ_2016_1_art02.pdf (in Polish).

Czubska-Stączek, A., Wójcik, P., & Cwynar, M. (2016a). Phenotypic traits of Simmental cattle in the Carpathian Foothills area depending on country of sire origin. Roczniki Naukowe Zootechniki, 43(1), 15–27. URL: https://rnz.iz.edu.pl/files/RNZ_2016_43_1_art02.pdf (in Polish).

Dechow, C. D., Rogers, G. W., Klei, L., & Lawlor, T. J. (2003). Heritabilities and correlations among body condition score, dairy form and selected linear type traits. Journal of Dairy Science, 86(6), 2236–2242. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(03)73814-4.

Eifeel, A., Husiatynska, O., & Susol, R. (2022). Current state and development prospects of the dairy cattle breeding industry in Ukraine. Agrarian Bulletin of the Black Sea Littoral, 104, 118–129. DOI: 10.37000/abbsl.2022.104.17 (in Ukrainian).

Falconer, D. S. (1989). Introduction to Quantitative Genetics (3rd ed.). New York: Longman Scientific & Technical Publisher.

Federovych, Ye. I., Federovych, V. V., Kuziv, M. I., Kuziv, N. M., & Mazur, N. P. (2025). Live weight of Ukrainian Black-and-White dairy heifers depending on the sire's origin and country of breeding. Animal Breeding and Genetics, 70, 248–256. DOI: 10.31073/abg.70.24 (in Ukrainian).

Fedorovych, Ye. I., Fedorovych, V. V., Semchuk, I. Ya., Fedak, N. M., Ferenents, L. V., Mazur, N. P., Bodnar, P. V., Kuziv, M. I., Fedorovych, O. V., Orihivskyi, T. V., Gutyj, B. V., Slusar, M. V., Petriv, M. D., & Fyl, S. I. (2021). Genetic potential and breeding value of animals – an essential component of the genetic progress in dairy cattle. Ukrainian Journal of Ecology, 11(2), 306–312. DOI: 10.15421/2021_115.

Fikse, W. F., & Banos, G. (2001). Weighting factors of sire daughter information in international genetic evaluations. Journal of Dairy Science, 84(7), 1759–1767. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(01)74611-5.

Fyl, S. I., Fedorovych, Ye. I., & Bodnar, P. V. (2019). Milk productivity of cows-daughters from different bulls. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 21(90), 68–75. DOI: 10.32718/nvlvet-a9012 (in Ukrainian).

García-Ruiz, A., Ruiz-López, F. J., Van Tassell, C. P., Montaldo, H. H., & Huson, H. J. (2015). Genetic differentiation of Mexican Holstein cattle and its relationship with Canadian and U.S. Holsteins. Frontiers in Genetics, 6, e7. DOI: 10.3389/fgene.2015.00007.

Gnyp, J. (2012). Milk-yield and the relationship between the fat and protein content of milk from cows fathered by bulls from different countries. Journal of Animal Science, Biology and Bioeconomy, 30(4), 135–145. DOI: 10.2478/v10083-012-0040-y.

Hays, W. L. (1963). Statistics for Psychologists. New York: Holt, Rinehart & Winston.

Hunde, D., Tadesse, Y., Tadesse, M., Abegaz, S., & Getachew, T. (2024). Community-based breeding programs can realize sustainable genetic gain and economic benefits in tropical dairy cattle systems. Frontiers in Genetics, 15, e1106709. DOI: 10.3389/fgene.2024.1106709.

Hussein, A. M., Farrag, F., El-Arian, M. N., Kader Omer, E.-S. A., Khattab, A. S., Akinsola, O. M., & Kannan, T. A. (2025). Selection indices for milk traits in Holstein-Friesian cows: a comparison of relative economic value methods. Ruminants, 5(3), e40. DOI: 10.3390/ruminants5030040.

Ivanov, I. A., Markhaichuk, Yu. S., & Shcherbyna, O. V. (2021). Generational recurrence of the breeding value of breeding bulls of the Holstein breed of German selection. Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Livestock, 45(2), 83–87. DOI: 10.32845/bsnau.lvst.2021.2.12 (in Ukrainian).

Kochuk-Yashchenko, O. A., Kucher, D. M., Savchuk, I. M., Leonets, S. O., & Karykh, K. V. (2024). Influence of paternal origin on the duration of use and lifetime productivity of cows in organic milk production. Animal Breeding and Genetics, 68, 22–31. DOI: 10.31073/abg.68.03 (in Ukrainian).

Kostenko, V. I., Kowalewska, I., Czerniawska-Piatkowska, E., Hiller, S., & Matvieiev, M. A. (2025). Realization of the dairy productivity potential by Holstein dairy cows in Ukraine and Poland. Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Livestock, 61(2), 3–9. DOI: 10.32782/bsnau.lvst.2025.2.1.

Kuziv, M. I., Fedorovych, Ye. I., Kuziv, N. M., & Fedorovych, V. V. (2022). Variability of selection traits in cows depending on the country of bulls selection. Animal Breeding and Genetics, 63, 63–70. DOI: 10.31073/abg.63.07 (in Ukrainian).

Maia, A. S. C., Silva, R. G., Bertipaglia, E. C. A., & Muñoz, M. C. (2005). Genetic variation of the hair coat properties and the milk yield of Holstein cows managed under shade in a tropical environment. Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science, 42(3), 181–187. DOI: 10.11606/issn.1678-4456.bjvras.2005.26429.

Majewska, A., Wójcik, P., & Czaja, H. (2003). Comparison of conformation evaluation results for bulls derived from sires from different countries. Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska. Sectio EE: Zootechnica, 21(1), 17–23. URL: https://repozytorium.up.lublin.pl/en/search_results/3404 (in Polish).

Matvieiev, M., Getya, A., Nehrey, M., Yakubets, T., Ruban, S., Nazarko, O., Borshch, O., Lastovska, I., Baban, V., & Mashkin, Yu. (2025). Optimisation of dairy farming in Ukraine: Integrating modern information technologies for genetic improvement and sustainable herd management. Agronomy Research, 23(1), 435–447. DOI: 10.15159/AR.25.010.

Mondal, D., Vanbelle, S., Cassese, A., & Candel, M. J. (2024). Review of sample size determination methods for the intraclass correlation coefficient in the one-way analysis of variance model. Statistical Methods in Medical Research, 33(3), 532–553. DOI: 10.1177/09622802231224657.

Moussavi, A. H., & Mesgaran, M. D. (2009). Effect of diverse sire origins on first-parity performance in Iranian Holstein cows. Research Journal of Biological

Sciences, 4(7), 800–806. URL: https://www.makhillpublications.co/files/published-files/mak-rjbs/2009/7-800-806.pdf.

Mrode, R., Ojango, J. M. K., Okeyo, A. M., & Mwacharo, J. M. (2019). Genomic selection and use of molecular tools in breeding programs for indigenous and crossbred cattle in developing countries: current status and future prospects. Frontiers in Genetics, 9, e694. DOI: 10.3389/fgene.2018.00694.

Muasya, T. K., Peters, K. J., & Kahi, A. K. (2014). Effect of diverse sire origins and environmental sensitivity in Holstein-Friesian cattle for milk yield and fertility traits between selection and production environments in Kenya. Livestock Science, 162, 23–30. DOI: 10.1016/j.livsci.2014.01.017.

Muzyka, L. I., Bodnar, P. V., Bodnaruk, V. Ye., Zhmur, A. Y., & Mykytiuk, V. V. (2022). Productive and reproductive qualities of animals of the Ukrainian black and spotted dairy breed in breeding farms of the western region of Ukraine. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 24(97), 203–212. DOI: 10.32718/nvlvet-a9734 (in Ukrainian).

Mykytiuk, V. V., Bodnar, P. V., Boiko, A. O., Muzyka, L. I., Bodnaruk, V. Ye., & Zhmur, A. Y. (2024). Evaluation of the effect of Holstein bulls breeding value on cows' milk productivity of Ukrainian Black-and-White dairy breed. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 26(101), 357–367. DOI: 10.32718/nvlvet-a10153 (in Ukrainian).

Mykytiuk, V. V., Bodnar, P. V., Boiko, A. O., Oseredchuk, R. S., Hordiichuk, N. M., & Popadiuk, S. S. (2023). Analysis of the influence of the Norwegian Red bull-sires with different breeding value on milk productivity, health, exterior and reproductive traits of daughters. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 25(99), 246–256. DOI: 10.32718/nvlvet-a9940 (in Ukrainian).

Nicolazzi, E. L., Forabosco, F., & Fikse, W. F. (2011). Assessment of the value of international genetic evaluations for yield in predicting domestic breeding values for foreign Holstein bulls. Journal of Dairy Science, 94(5), 2601–2612. DOI: 10.3168/jds.2010-3558.

Papageorgiou, M., & Simitzis, P. E. (2022). Positive welfare indicators in dairy animals. Dairy, 3(4), 814–841. DOI: 10.3390/dairy3040056.

Pavlenko, Yu. M., & Kompanets, I. O. (2024). The influence of individual genetic and paratypic factors on the duration and efficiency of lifetime use of cows of Holstein and Ukrainian Black-and-White dairy breeds. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 26(101), 85–90. DOI: 10.32718/nvlvet-a10114 (in Ukrainian).

Pochukalin, A. Ye., Pryima, S. V., & Rizun, O. V. (2022). Provision of cattle breeding of Ukraine with genetic resources. Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Livestock, 48(1), 59–64. DOI: 10.32845/bsnau.lvst.2022.1.9 (in Ukrainian).

Polupan, Yu. P., & Bezrutchenko, I. M. (2022). Correlated variability of domestic and foreign assessment of the breeding value of bulls. Animal Breeding and Genetics, 64, 56–68. DOI: 10.31073/abg.64.06 (in Ukrainian).

Polupan, Yu., Biriukova, O., Melnyk, Yu., & Pryima, S. (2024). Prospects for Holstein breeding in Ukraine. Bulletin of Agricultural Science, 102(12), 40–50. DOI: 10.31073/agrovisnyk202412-05 (in Ukrainian).

Polupan, Yu., Kucher, D., Kochuk-Yashchenko, O., & Biriukova, O. (2021). Evaluation of bulls and related groups of the Jersey breed on dairy productivity and reproductive capacity of offspring. Scientific Horizons, 24(5), 54–68. DOI: 10.48077/scihor.24(5).2021.54-68.

Pytlewski, J., Antkowiak, I. R., Stanisławski, D., & Siejak, J. (2019). The effect of the country of origin of the sire on milk performance of primiparous Jersey cows. Animal Science and Genetics, 15(4), 21–33. DOI: 10.5604/01.3001.0013.6367.

Robinson, D. L., & Oddy, V. H. (2016). Benefits of including methane measurements in selection strategies. Journal of Animal Science, 94(9), 3624–3635. DOI: 10.2527/jas.2016-0503.

Roessler, R. (2019). Selection decisions and trait preferences for local and imported cattle and sheep breeds in peri-/urban livestock production systems in Ouagadougou, Burkina Faso. Animals, 9(5), e207. DOI: 10.3390/ani9050207.

Spanos, A. (2023). Revisiting the large N (sample size) problem: how to avert spurious significance results. Stats, 6(4), 1323–1338. DOI: 10.3390/stats6040081.

Sullivan, P. G., Mäntysaari, E. A., De Jong, G., & Savoia, S. (2022). Using genetic regressions to account for genomic preselection effects in MACE. Interbull Bulletin, 57, 117–124. URL: https://journal.interbull.org/index.php/ib/article/view/1850.

Szymik, B., Topolski, P., & Jagusiak, W. (2021). Genetic parameters of workability traits in the population of Polish Holstein-Friesian cows based on conventional and genomic data. Animals, 11(8), e2443. DOI: 10.3390/ani11082443.

Tabet, J. M., Aguilar, I., Bermann, M., Lourenco, D., Misztal, I., VanRaden, P. M., Vitezica, Z. G., & Legarra, A. (2025). Correcting overestimation of approximate traditional reliabilities with herd-sire interactions when young genomic bulls are used in few herds. Genetics Selection Evolution, 57(1), e33. DOI: 10.1186/s12711-025-00984-0.

Tsiokos, D., Chatziplis, D., & Georgoudis, A. (2009). Factors affecting the genetic improvement of dairy cattle in Greece. Agricultural Science and Technology, 1(2), 3–8. URL: http://agriscitech.eu/wp-content/uploads/2014/05/C1_T1_.pdf.

Valladares-Neto, J. (2018). Effect size: a statistical basis for clinical practice. Revista Odonto Ciência, 33(1), 84–90. DOI: 10.15448/1980-6523.2018.1.29437.

Värv, S., Põlluäär, T., Sild, E., Viinalass, H., & Kaart, T. (2024). Genetic variation and composition of two commercial Estonian dairy cattle breeds assessed by SNP data. Animals, 14(7), e1101. DOI: 10.3390/ani14071101.

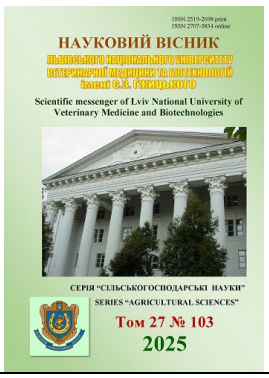
Vechorka, V. V., Kuchkova, T. P., Tereshchenko, S. V., Pysariev, V. V., & Nenia, B. I. (2025). Adaptive capabilities of Holstein cows of introduced origin and their own reproduction. Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Livestock, 60(1), 7–12. DOI: 10.32782/bsnau.lvst.2025.1.2 (in Ukrainian).

Voitenko, S. L., & Sydorenko, O. V. (2020). Estimation of Holstein breed bulls by dairy productivity of their daughters. Animal Breeding and Genetics, 59, 26–34. DOI: 10.31073/abg.59.03 (in Ukrainian).

Weigel, K. A. (1996). Impact of second-country data of foreign bulls on international evaluations of dairy bulls. Journal of Dairy Science, 79(5), 900–906. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(96)76439-1.

Williams, M., Murphy, C. P., Sleator, R. D., Ring, S. C., & Berry, D. P. (2022). Are subjectively scored linear type traits suitable predictors of the genetic merit for feed intake in grazing Holstein-Friesian dairy cows?. Journal of Dairy Science, 105(2), 1346–1356. DOI: 10.3168/jds.2021-20922.

Yigit, S., & Mendes, M. (2018). Which effect size measure is appropriate for one-way and two-way ANOVA models? A Monte Carlo simulation study. REVSTAT – Statistical Journal, 16(3), 295–313. DOI: 10.57805/revstat.v16i3.244.



Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького. Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences

ISSN 2519–2698 print
ISSN 2707-5834 online

doi: 10.32718/nvlvet-a10321
https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture

UDC 636.4.083:636.4.087.7:628.86:631.563

Impact of different evaporative cooling systems on the indoor microclimate, welfare, and productivity of pigs under heat stress conditions

A. A. Sadovyi[1], V. Ya. Lykhach[1]✉, S. O. Usenko[2], B. V. Gutyj[3], L. M. Zlamanyuk[1], L. V. Chepil[1], T. V. Verbelchuk[4], S. P. Verbelchuk[4], V. V. Koberniuk[4], U. M. Vus[3], Yu. V. Bondarenko[5]

[1]*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine*
[2]*Poltava State Agrarian University, Poltava, Ukraine*
[3]*Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv, Ukraine*
[4]*Polissia National University, Zhytomyr, Ukraine*
[5]*Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine*

Article info

Received 07.07.2025
Received in revised form 11.08.2025
Accepted 12.08.2025

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Heroiv Oborony Str., 15, Kyiv, 03041, Ukraine.
Tel.: +38-098-243-84-71
E-mail: vylykhach80@nubip.edu.ua

Poltava State Agrarian University, Skovorody Str., 1/3, Poltava, 36006, Ukraine.

Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv, Pekarska Str., 50, Lviv, 79010, Ukraine.

Polissia National University, Stary Boulevard, 7, Zhytomyr, 10008, Ukraine.

Sumy National Agrarian University, Gerasim Kondratiev Str., 160, Sumy, 40000, Ukraine.

Sadovyi, A. A., Lykhach, V. Ya., Usenko, S. O., Gutyj, B. V., Zlamanyuk, L. M., Chepil, L. V., Verbelchuk, T. V., Verbelchuk, S. P., Koberniuk, V. V., Vus, U. M., & Bondarenko, Yu. V. (2025). Impact of different evaporative cooling systems on the indoor microclimate, welfare, and productivity of pigs under heat stress conditions. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 27(103), 180–194. doi: 10.32718/nvlvet-a10321

The aim of the study was to compare the effectiveness of two air-cooling systems–fine-droplet water spraying under high pressure (fogging) and the forced evaporative cooler "Jet Cool" – in shaping the microclimate of farrowing rooms for sows and to determine the relationship with their productivity. It was established that the use of "Jet Cool" evaporative panels ensured more stable microclimatic parameters. In the piglets' activity zone, the temperature under the brooder was 2.8 % higher than with fogging (29.3 °C vs. 28.5 °C), remaining within the thermoneutral comfort range (22–30 °C). The temperature in the piglet creep area reached 30.6 °C (+0.8 °C), while in the sow's lying area it was 2.7 °C (10.7 %) lower compared to fogging (22.6 °C vs. 25.3 °C, P < 0.001), corresponding to the optimal range for adult animals. Relative humidity in the rooms with evaporative panels remained within the norm; in particular, at the level of the sow's respiratory tract it was 2.8 % lower (65.9 % vs. 68.7 %), and in piglets 66.1 % vs. 68.9 % (P < 0.001). Air velocity decreased on average by 23.5–45.2 % depending on the zone, which reduced the risk of drafts and improved thermoregulation in animals. It was proven that the use of evaporative panels reduced the temperature-humidity index by 3.2 points (4.4 %). The respiratory rate of sows decreased by 4 breaths/min (8.7 %; P < 0.05), and body weight loss during lactation by 1.1 kg (17.5 %). Average daily feed intake increased by 1.06 %, while feed conversion per 1 kg of weight gain and per 1 L of milk decreased (by 2.0–4.9 %). Due to higher milk yield in sows, piglets' prestarter feed intake decreased by 8.5–9.7 %. Average daily and total milk yield increased by 5.4 % and 3.5 %, respectively. The number of weaned piglets, their survival rate (+1.48 %), and body weight at weaning (+0.14 kg per piglet; +3.1 kg per litter, P < 0.01) showed a positive trend. Average daily weight gains were significantly higher (4.4–6.5 %; P < 0.05). Thus, the application of evaporative panels has a comprehensive positive effect on the housing microclimate, physiological state of sows, milk production, piglet performance, and feed efficiency, thereby improving the economic effectiveness of pig production during lactation.

Keywords: *sow, piglet, technology, housing, welfare, microclimate, temperature-humidity index, milk yield, feed efficiency, reproductive capacity.*

Вплив різних систем випарного охолодження на мікроклімат приміщення, благополуччя та продуктивність свиней в умовах теплового стресу

А. А. Садовий[1], В. Я. Лихач[1✉], С. О. Усенко[2], Б. В. Гутий[3], Л. М. Зламанюк[1], Л. В. Чепіль[1], Т. В. Вербельчук[4], С. П. Вербельчук[4], В. В. Кобернюк[4], У. М. Вус[3], Ю. В. Бондаренко[5]

[1]Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна
[2]Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна
[3]Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Ґжицького, м. Львів, Україна
[4]Поліський національний університет, м. Житомир, Україна
[5]Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

Метою дослідження було порівняти ефективність двох систем охолодження повітря – дрібнодисперсного розпилення води під високим тиском (туманоутворення) та примусового випарного охолоджувача "Jet Cool" – у формуванні мікроклімату приміщень для опоросу свиноматок та визначити зв'язок із їх продуктивністю. Встановлено, що використання випарних панелей "Jet Cool" забезпечує стабільніші параметри мікроклімату. У зоні життєдіяльності поросят температура під брудером була на 2,8 % вищою, ніж при туманізації (29,3 °C проти 28,5 °C), залишаючись у межах термокомфорту (22–30 °C). Температура в лігві поросят становила 30,6 °C (+0,8 °C), тоді як у лігві свиноматки була на 2,7 °C (10,7 %) нижчою, ніж при туманному охолодженні (22,6 °C проти 25,3 °C, P < 0,001), що відповідало оптимальному діапазону для дорослих тварин. Вологість повітря у приміщенні з випарними панелями залишалася в межах норми, зокрема на рівні дихальних шляхів свиноматок вона була на 2,8 % нижчою (65,9 % проти 68,7 %), а у поросят – 66,1 % проти 68,9 % (P < 0,001). Швидкість руху повітря знижувалась у середньому на 23,5–45,2 % залежно від зони, що зменшувало ризик протягів і покращувало терморегуляцію тварин. Доведено, що застосування випарних панелей сприяло зниженню тепловологісного індексу на 3,2 бала (4,4 %) частота дихання у свиноматок зменшилася на 4 рази/хв (8,7 %; P < 0,05), а втрата маси тіла під час лактації – на 1,1 кг (17,5 %). Середньодобове споживання корму підвищилось на 1,06 %, при цьому витрати корму на 1 кг приросту та 1 л молока зменшилися (2,0–4,9 %). Завдяки вищій молочності свиноматок споживання престартерного корму поросятами скоротилось на 8,5–9,7 %. Середньодобове та сумарне виділення молока збільшилися на 5,4 % та 3,5 % відповідно. Кількість відлучених поросят, їхня збереженість (+1,48 %) та маса при відлученні (+0,14 кг на голову; +3,1 кг на гніздо, P < 0,01) мали позитивну динаміку. Середньодобові прирости були достовірно вищими (4,4–6,5 %; P < 0,05). Отже, використання випарних панелей має комплексний позитивний ефект на мікроклімат приміщення, фізіологічний стан свиноматок, молочність, продуктивність поросят та ефективність використання корму, що забезпечує підвищення економічної результативності свинарства у період лактації.

Ключові слова: *свиноматка, порося, технологія, утримання, благополуччя, мікроклімат, тепловологісний індекс, молочність, ефективність корму, відтворювальна здатність.*

Вступ

Як зазначають (Lykhach et al., 2021; Mykhalko, 2021; Povod et al., 2022; Povod et al., 2023; Leskiv et al., 2023; Smychok et al., 2023; Hopka, 2024; Yurchenko et al., 2024; Mykhailov, 2024) свинарство є однією з провідних галузей тваринництва у світі, а свинина належить до найпопулярніших видів м'яса серед споживачів. Проте як зазначають (Hilbrands et al., 2017; Cross et al., 2018; Mayorga et al., 2020; Johnson & Stewart, 2025) тепловий стрес залишається серйозною проблемою для виробництва свинини, спричиняючи значні економічні втрати. Сезонне підвищення температури та пов'язаний із ним тепловий стрес суттєво впливає на здоров'я, продуктивність і благополуччя свиней, що підтверджується численними дослідженнями (Fragomeni et al., 2016; Johnson, 2018; Johnson et al., 2020; Llonch et al., 2024). Негативні наслідки такого впливу включають як зниження темпів росту, так і підвищення рівня смертності тварин. Дослідження, проведене понад 20 років тому (St-Pierre et al., 2003), оцінювало щорічні економічні втрати американського свинарства через тепловий стрес у розмірі 299 мільйонів доларів США, тоді як за повідомленнями Mayorga et al. (2020) зараз у Сполучених Штатах щорічні фінансові втрати від теплового стресу для виробників свинини оцінюються приблизно в один мільярд доларів. У свиней спостерігається слабко розвинена здатність до потовиділення, а наявність значного підшкірного жирового шару ускладнює ефективне відведення метаболічного тепла, що, у свою чергу, може знижувати їхню продуктивність (Ross et al., 2015; Seelenbinder et al., 2018). Особливо як зазначають Renaudeau et al., (2012), Ogundare et al., (2024) чутливі до теплового стресу лактуючі свиноматки, через високі метаболічні витрати, пов'язані з виробництвом молока. За повідомленнями (Johnson & Baumgard, 2018; Johnson et al., 2020) тепловий стрес чинить комплексний негативний вплив на свиней, проявляючись як у постнатальному періоді, так і в довготривалому погіршенні здоров'я, продуктивності та благополуччя, якщо тварини зазнають його ще на стадії внутрішньоутробного розвитку. Водночас як зазначають Cabezón et al. (2017) сучасні лінії свиноматок відзначаються підвищеною вразливістю до теплового стресу, що пов'язано з високим рівнем продуктивності, досягнутим завдяки тривалій селекційній роботі. Хоча на думку (Brown-Brandl et al., 2014; Cabezón et al., 2017; McConn et al., 2022), дані щодо порогових температур теплового стресу у сучасних лактуючих свиноматок обмежені, підвищене вироблення тепла під час лактації ймовірно збільшує їхню чутливість до теплового стресу. Це свідчить про те, що вентиляційні налаштування, які використовують виробники, можуть бути недостатніми для задоволення потреб тварин у охолодженні, особливо враховуючи, що тепловий стрес у лактуючих

свиноматок настає при температурах вище 20 °C (Cecil et al., 2024). Їх термонейтральна зона (оптимальна температура, при якій вони не відчувають теплового дискомфорту) коливається від 18 до 22 °C, тоді як для свиней на вирощуванні цей діапазон становить 22–25 °C (Baumgard & Rhoads, 2013; Ribeiro et al., 2018). Такої ж думки дотримуються і (Bragança et al., 1998) які вважають, що оптимальні параметри мікроклімату для підсисних свиноматок визначаються у межах 40–70 % відносної вологості та температури 16–22 °C. За новітніми даними (Cecil et al., 2023; Cecil et al., 2024) оптимальні умови для споживання корму свиноматками та росту їхнього гнізда поросят спостерігаються при температурі в межах 17,0–17,2 °C, тоді як підвищення температури вище 20 °C призводить до розвитку теплового стресу у лактуючих свиноматок.

Підвищене теплове навантаження в умовах лактації поєднується з високою температурою навколишнього середовища, що призводить до зниження споживання корму свиноматками. Це, у свою чергу, негативно впливає на виробництво молока і, як наслідок, уповільнює ріст підсисного посліду (Johnston et al., 1999; Renaudeau et al., 2012; Baumgard & Rhoads, 2013; Ribeiro et al., 2018; He et al., 2019). Крім того, тепловий стрес супроводжується фізіологічними змінами (Mylostyvyi et al., 2022; 2024; Bashchenko et al., 2024): підвищується частота дихання, ректальна температура, а також змінюється поведінка свиноматок, включно з режимами годування, напування, стояння та відпочинку (Malmkvist et al., 2012; Parois et al., 2018), а також призводить до активнішої мобілізації енергетичних резервів і втрати маси тварин. Останні дослідження компанії Trouw Nutrition (2023) показали, що періоди теплового стресу негативно впливають на виробництво молока у свиноматок, зокрема через зниження споживання корму та прямий вплив на молочні залози.

Тепловий стрес також впливає на імунну систему тварин. Зміни в імунній відповіді частково обумовлені перерозподілом крові та порушеннями функції кишкового бар'єру, що підвищує ризик системного запалення (Pearce et al., 2012; Mayorga et al., 2018; Chen et al., 2021). Як зазначає (Johnson et al., 2022) погіршення виробництва молока у свиноматок під впливом теплового стресу є головною причиною зниження темпів росту гнізда поросят. Однак як зазначає Guo et al. (2020) зменшення споживання корму свиноматкою не повністю пояснює зниження приросту молодняка, що вказує на участь інших метаболічних та фізіологічних механізмів. Тому глибоке розуміння молекулярних і фізіологічних процесів, які відбуваються під час теплового стресу, а також їх зв'язок із продуктивними показниками, є ключовим для розробки ефективних стратегій пом'якшення негативного впливу стресу на ріст посліду.

Таким чином, тепловий стрес у свинарстві має комплексний вплив на фізіологію, поведінку та продуктивність свиноматок та їхнього потомства. Розробка та впровадження ефективних методів контролю температури є критично важливими для підтримки високого рівня продуктивності та добробуту тварин у умовах глобального потепління.

Одним із найефективніших підходів для зменшення теплового стресу у свиноматок є охолодження приміщень або безпосередньо тварин за високих температур та вологості (Perin et al., 2016; Bjerg et al., 2019; Godyń et al., 2020; Mykhalko et al., 2022, Johnson & Stewart, 2025). Для зменшення впливу теплового стресу на лактуючих свиноматок застосовують різні технології охолодження, які можна умовно поділити на два напрями: загальне зниження температури у тваринницькому приміщенні та локальне охолодження організму самих тварин. Серед найпоширеніших методів регулювання мікроклімату використовують випарні панелі, через які у свинарники подається попередньо охолоджене повітря (Lucy & Safranski, 2017; Big Dutchman, 2024; Mykhailov, 2024). Іншим підходом є системи, що базуються на використанні води для охолодження за рахунок випаровування (Justino et al., 2014; 2015; Mykhailov, 2021; Big Dutchman, 2024). До них належать різні технології: зрошення, туманоутворення, дощування, випарні подушки та крапельні системи. Такі рішення забезпечують ефективне відведення надлишкового тепла й створюють більш комфортні умови для свиноматок, що позитивно позначається на їхній продуктивності та благополуччі. Додаткового зменшення теплового навантаження у свиноматок можна досягти шляхом посилення конвекційного або кондуктивного теплообміну. До прикладів належать підлогові охолоджувальні системи, які ефективно відводять тепло від тіла тварин (Perin et al., 2016; Cabezón et al., 2017). Як приклад за повідомленнями (Cabezón et al., 2017; Johnston et al., 2020) сучасні технології включають електронні охолоджувальні прокладки, які складаються з алюмінієвої верхньої пластини з системою регульованого потоку води, що дозволяє ефективно відводити надлишкове тепло за допомогою кондуктивного охолодження. Дослідження показали, що використання охолоджувальних прокладок значно знижує частоту дихання та підтримує більш стабільну і нижчу температуру тіла лактуючих свиноматок, що сприяє покращенню продуктивності та здоров'я тварин.

У практиці також застосовують зональне охолодження, коли охолоджене повітря подається через трубопроводи безпосередньо в шийний відділ свиноматки, або ж тунельну вентиляцію, що дозволяє швидко охолодити все приміщення та покращити параметри мікроклімату (Stender et al., 2003; Barbari et al., 2007; Deschenko & Lykhach, 2024).

Одним із найбільш поширених підходів є туманізація – розпилення води форсунками високого тиску. У поєднанні з системою вентиляції негативного тиску цей метод забезпечує зниження температури всередині приміщення на 2,0–2,1 °C (Justino et al., 2014; 2015), тоді як (Morales et al., 2013; Botto et al., 2014) повідомляють про зменшення до 2–3 °C, а за повідомленнями (Mykhailov, 2021) при вірній організації системи вентиляції можливо досягнення зниження температури у свинарниках маточниках від 2,8 °C до 8,3 °C.

Принцип роботи випарних систем охолодження полягає у випаровуванні води, що сприяє зниженню температури повітря. За сприятливих умов такі системи здатні охолоджувати повітря на 5–7 °C, а іноді – навіть до 10 °C, що робить їх особливо ефективними у регіонах із жарким і сухим кліматом (Lucy & Safranski, 2017). При цьому ефективність залежить від поєднання зовнішньої температури й відносної вологості. Водночас збільшення вологості повітря в приміщені є типовим наслідком використання систем мілкодисперсного розсіювання води: від 0,9 % (Morales et al., 2013) до 19 % (Botto et al., 2014). Це не є проблемою у посушливих регіонах, але у зонах з високою вологістю потрібна інтенсивна вентиляція, щоб запобігти тепловому стресу та зниженню споживання корму (Noblet et al., 2003; Williams et al., 2013).

Застосування систем дрібнодисперсного розпилювання води позитивно впливає на фізіологічні показники: спостерігається зниження ректальної температури на 0,3 °C, температури поверхні тіла – на 0,5 °C, а також зменшення частоти дихання, що є найбільш чутливим маркером теплового стресу (Justino et al., 2014; 2015; Lucy & Safranski, 2017). Проте у випадку поєднання високої температури з надмірною вологістю ефективність охолодження знижується, оскільки ускладняється тепловіддача через дихальні шляхи, що може призвести до гіпертермії (Pandorfi et al., 2008).

Більшість досліджень підтверджують, що використання туманізації в приміщеннях для підсисних свиноматок сприяє підвищенню споживання корму, зменшує втрати живої маси у свиноматок та забезпечує кращу масу поросят при відлученні (Romanini et al., 2008; Cabezón et al., 2017).

Попри очевидні переваги, головним обмеженням випарних систем є підвищення вологості повітря, що знижує їхню ефективність у вологих кліматичних зонах. У таких умовах необхідно поєднувати охолодження з потужною системою вентиляції для підтримання оптимального мікроклімату у приміщеннях (Sampaio et al., 2004). Меншим впливом на вологість охолодженого повітря відзначаються випарні панелі (pad cooling), які вважаються одними з найбільш результативних технологій для створення комфортного мікроклімату у закритих свинарниках. Їхній принцип дії полягає у пропусканні повітря крізь зволожені панелі, встановлені біля повітрозабірників, де завдяки великій площі контакту інтенсивно відбувається випаровування води (Renaudeau et al., 2012; Pertagnol et al., 2013; Mykhailov, 2024). Унаслідок цього температура повітря суттєво знижується, а рівень вологості підвищується незначно, що мінімізує ризик надмірного зволоження приміщення та створює більш стабільні умови утримання тварин (Dutertre et al., 1998; Sartor et al., 2003). Згідно з даними Михайлова В. (Mykhailov, 2024), у літній період температура всередині приміщення може знижуватися на 15 °C, що дозволяє істотно зменшити прояви теплового стресу у свиней. Також суттєвою перевагою є те, що завдяки системі рециркуляції води втрата рідини компенсується лише у межах випаровуваної частини, що забезпечує її економне використання.

У порівнянні з технологіями туманоутворення, pad cooling забезпечує подібний ефект охолодження, проте значно менше впливає на підвищення вологості та не призводить до надмірного зволоження підлоги, що є важливим чинником для підтримання гігієнічного стану свинарників. На відміну від механічної вентиляції, яка лише забезпечує циркуляцію повітря без помітного охолоджуючого ефекту, pad cooling поєднує переваги обох систем – знижує температуру повітря й водночас утримує вологість на оптимальному рівні, що особливо важливо у жарких кліматичних умовах (Hahn, 1999; Stinn & Xin, 2014).

До ключових переваг таких систем належать висока ефективність охолодження за відносно низького енергоспоживання, регуляція рівня вологості, ощадливе використання водних ресурсів та можливість інтеграції з автоматизованими системами управління мікрокліматом. Водночас певними обмеженнями залишаються значні початкові інвестиції, потреба у регулярному технічному обслуговуванні панелей, а також ризик утворення мінеральних і органічних відкладень на їх поверхні, що може знижувати ефективність випаровування.

Отже, огляд наукових публікацій показує, що технологія pad cooling належить до найбільш ефективних та економічно обґрунтованих методів охолодження повітря у закритих свинарниках. Вона забезпечує оптимальне поєднання зменшення теплового навантаження на тварин, контролю рівня вологості та раціонального енергоспоживання, перевищуючи за цими параметрами як традиційну механічну вентиляцію, так і системи туманоутворення (Mader et al., 2006; Stinn & Xin, 2014). Додатковою перевагою є можливість інтеграції pad cooling з автоматизованими мікрокліматичними комплексами, що дозволяє реалізувати системний підхід до створення оптимальних умов утримання свиней, сприяючи підвищенню їх продуктивності та підтриманню доброго стану здоров’я.

У контексті глобальних кліматичних змін та систематичного підвищення середньодобових температур, що фіксується майже на всій території України, проблема ефективного охолодження свинарських приміщень набуває особливої актуальності. Спекотні періоди стають довшими, а пікові значення температури повітря частіше перевищують біологічно комфортні межі для свиней. Це посилює ризик розвитку теплового стресу у свиноматок і молодняку, що безпосередньо впливає на продуктивність, відтворювальні функції та збереження поголів’я.

У зв’язку з цим особливого значення набуває порівняльна оцінка ефективності різних технологій зниження тепловологісного показника у свинарниках. Найбільш поширеними рішеннями є системи туманного зрошення та випарні панелі (pad cooling). Обидві технології базуються на принципі випаровування води, однак їх ефективність, вплив на рівень вологості та санітарний стан приміщень,

енерговитрати та економічна доцільність можуть суттєво відрізнятися залежно від кліматичних умов регіону.

Зважаючи на тенденцію зростання температури повітря та прогнозоване збільшення частоти теплових хвиль, системне порівняння цих методів є необхідним для вибору найбільш адаптивної та енергоефективної стратегії охолодження. Це дозволить не лише мінімізувати негативний вплив теплового стресу на свиней, а й підвищити рентабельність галузі в умовах зміни клімату.

Мета дослідження

Метою роботи було визначення впливу систем охолодження повітря, які здійснювались за допомогою системи дрібнодисперсне розпилення води під високим тиском (туманоутворення) з системою охолодження яка базується на використанні примусового випарного охолоджувача повітря типу "Jet Cool" на параметри мікроклімату в цеху опоросу та їхній взаємозв'язок із продуктивними показниками свиней.

Матеріал і методи досліджень

З цією метою в умовах промислового свинокомплексу ТОВ "Агроінд" (м. Підгороднє, Дніпропетровська область) було сформовано дві групи свиноматок за принципом груп-аналогів. Дослідження проводили у фазу найбільш інтенсивних літніх температур, характерних для липня–серпня. Для забезпечення достовірності отриманих результатів було відібрано по 40 свиноматок, розподілених за принципом груп-аналогів відповідно до схеми експерименту (рис. 1).

Рис. 1. Умови утримання свиноматок і поросят обох піддослідних груп під час досліду
Джерело: фото авторів

У період опоросу та лактації свиноматок обох груп утримували в спеціалізованому приміщенні, обладнаному секціями для опоросу, які налічували 40 індивідуальних станків розміром 1,8 × 2,4 м виробництва французької фірми "І-Тек". У центрі станка розташовувався бокс для фіксації свиноматки з підлогою із чавунних решіток, тоді як інша частина площі була застелена полімерними ґратами. Спереду передбачено годівницю та автоматичну поїлку для свиноматки, а також брудер для відпочинку підсисних поросят. Для підтримання необхідного теплового режиму використовували інфрачервону лампу та підігрівальний килимок. У задній частині станка знаходилися мисочкова поїлка та знімна годівниця, що застосовувалася для підгодівлі молодняку. Годівля тварин у контрольній та дослідній групах була повноцінною, збалансованою та здійснювалася сухими комбікормами власного виробництва, розробленими відповідно до норм для підсисних свиноматок. Роздачу кормів проводили за допомогою об'ємних дозаторів і автоматизованих систем безперервної дії компанії "І-Тек".

У контрольному приміщенні (І група) для зниження температури застосовували систему високотискового дрібнодисперсного розпилення води (туманоутворення) (рис. 2). Подавання водяного аерозолю здійснювалося через форсунки високого тиску, розташовані над припливними клапанами. Робота туманоутворювальної установки була синхронізована з блоком керування вентиляційної системи та функціонувала за циклічним принципом: "30 секунд роботи – 30 секунд паузи". Додатково систему обладнали датчиком відносної вологості, який запобігав її активації у випадку перевищення заданого порогового значення.

Свиноматки другої (дослідної) групи утримувалися в умовах, наближених до контрольної групи, однак приміщення для опоросу було оснащене удосконаленою вентиляційною системою. У кожній секції додатково монтували по два випарних повітроохолоджувачі примусових випарних охолоджувачів повітря типу "Jet Cool" системи Pad Cooling (рис. 3), робота яких була інтегрована в загальну систему регулювання мікроклімату.

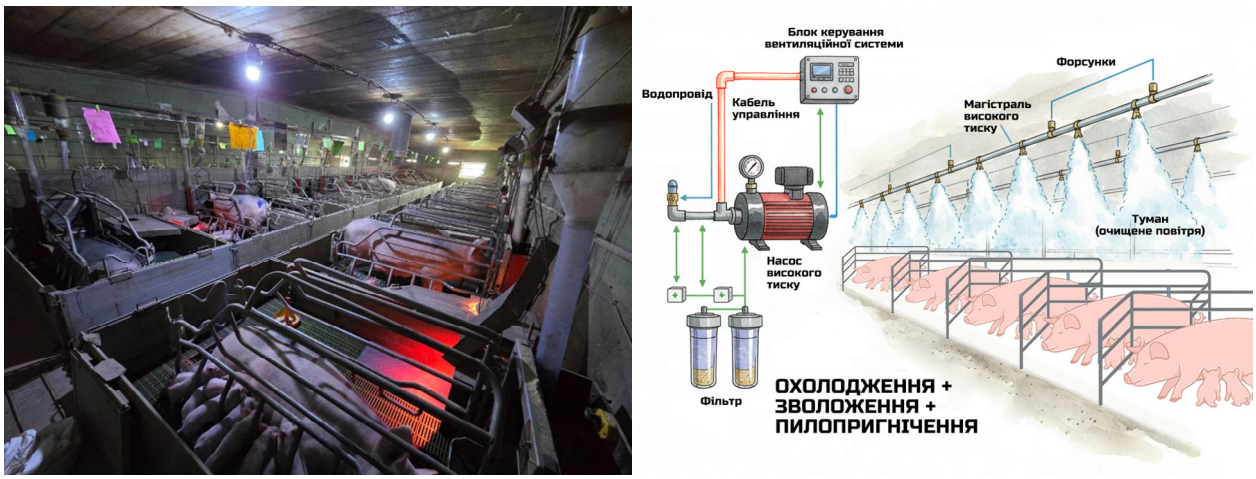


Рис. 2. Система охолодження у контрольному приміщені

Джерело: фото авторів

Рис. 3. Система примусового випарного охолодження повітря "Jet Cool" у дослідному приміщені

Джерело: фото авторів

Серцевиною системи випарного охолоджувача "Jet Cool" за повідомленнями В. Михайлова (Mykhailov, 2024) є целюлозний фільтр який виготовляється із гофрованих целюлозних листів, склеєних між собою. Через цей фільтр протікає вода, спричиняючи випаровування і, відповідно, охолодження повітря. Система управління регулює роботу водяного насоса та вентилятора, що забезпечує нагнітання охолодженого повітря у приміщення. Вбудована система рівномірного розподілу води забезпечує підтримку вологості всієї поверхні фільтра, що максимізує ефект випарного охолодження. Вентилятори створюють негативний тиск, протягуючи повітря через зволожені фільтри, тим самим забезпечуючи ефективний теплообмін між повітрям і водою. Коли температура повітря в приміщенні знижувалася нижче меж термонейтральної зони для тварин, працювала стандартна система вентиляції з негативним тиском, яка функціонувала завдяки вентиляторам та припливним клапанам. У разі перевищення температури понад комфортний рівень для свиноматок автоматично запускалися охолоджувачі, кожен з яких подавав приблизно 12 тис. м³ охолодженого повітря за годину. Це призводило до зменшення ступеня розрідження в секціях і, відповідно, сповільнювало надходження зовнішнього повітря через клапани. Додатково система мала датчики відносної вологості, що вимикали охолоджувачі при досягненні критичних рівнів.

Упродовж усього досліду в секціях здійснювався безперервний моніторинг параметрів мікроклімату за допомогою сертифікованих приладів. Температуру у зоні відпочинку та показники шкірної температури свиноматок визначали в заданих точках інфрачервоним пірометром Testo 805. Для вимірювання швидкості руху повітря та його температури застосовували термоанемометр Testo 425, а рівень відносної вологості контролювали за допомогою термогігрометра Testo 605. Замірювання проводили на трьох висотах: 20 см – у зоні перебування поросят, 70 см – на рівні дихальних

шляхів свиноматок. Спостереження виконували двічі на тиждень (у вівторок та четвер), тричі протягом доби – о 7:00, 14:00 та 21:00. Вимірювання здійснювали по діагоналі секції: у двох крайніх і двох середніх станках. У тих самих станках паралельно реєстрували частоту дихальних рухів свиноматок (по два повтори).

Для оцінки мікроклімату розраховували температурно-вологісний індекс (THI) за формулою Thom (1959):

$$THI = (0{,}8 \times T) + ((RH \div 100) \times (T - 14{,}4)) + 46{,}4,$$

де: T – температура повітря на рівні дихальних шляхів свиноматки °C; RH – відносна вологість на рівні дихальних шляхів свиноматки, %.

Його градацію визначали згідно з NWSCR (1976) та FASS (2020), як значення нижче 75 вказує на термонейтральні умови утримання, вище цього значення на ризик теплового стресу, показники 79–83 вважаються небезпечним для свиней, а понад 84 – дуже небезпечними.

Відтворювальні ознаки свиноматок визначали за методикою Ladyka et al. (2023): реєстрували кількість новонароджених і живонароджених поросят, масу гнізда та середню живу масу поросяти при відлученні. Молочну продуктивність (МР) розраховували за формулою Ferreira et al. (1988),

$$MP=d\times(4{,}27\times\Delta W\times n),$$

де: МР – молочна продуктивність свиноматки, кг/добу; ΔW – середній приріст живої маси поросят за період, кг; n – кількість поросят у гнізді; d – тривалість лактації, діб.

Втрату живої маси свиноматкою оцінювали шляхом зважування після опоросу та при відлучені поросят.

Для комплексної характеристики відтворної здатності застосовували індекс відтворних якостей (ІВЯ) (Ladyka et al., 2023):

$$ІВЯ = A + 2B + 35\sigma,$$

де: A – число живих поросят при народженні (гол.); B – кількість відлучених поросят (гол.); σ – середньодобовий приріст живої маси від народження до відлучення (кг).

Селекційний індекс відтворювальних якостей свиноматок (СІВЯС) (Tsereniuk et al., 2010):

$$СІВЯС = 6X1 + 9{,}34\ (X_2/X_3),$$

де: X_1 – багатоплідність (гол.); X_2 – маса гнізда поросят при відлученні (кг); X_3 – тривалість підсисного періоду (діб); 6 та 9,34 – відповідні коефіцієнти.

Інтегральний SZFTV-індекс (Radnóczi et al., 2017).

$$SZFTV = 100 + 5\ (n_0 + n_f + (W_f / 10) - i),$$

де: n_0 – позначає багатоплідність (гол.); n_f – кількість поросят при відлученні (гол.); Wf – маса поросят при відлученні (кг); i – скореговане середнє значення за породою (стандарт).

Експериментальні дані оброблені методом варіаційної статистики із використанням комп'ютерної техніки і пакетів прикладного програмного забезпечення (Kramarenko et al., 2019).

Результати

Порівняльний аналіз ефективності різних систем зниження температури в свинарниках показав, що використання випарних панелей pad cooling дозволяє підтримувати нижчу на 2,0 °C (8,2 %, P < 0,01) температуру повітря на рівні дихальних шляхів свиноматок (22,4 °C проти 24,4 °C у свинарнику за використання розпилення води). Це наближає температуру до зони термонейтральності для лактуючих свиноматок, що, у свою чергу, підвищує рівень їх благополуччя (табл. 1).

Аналогічне зниження температури спостерігалося на рівні дихальних шляхів людини, що свідчить про покращення загального мікроклімату в приміщенні для обслуговуючого персоналу.

У зоні життєдіяльності поросят, завдяки меншій інтенсивності вентиляції, температура під брудером у дослідній групі була на 2,8 % вищою, ніж у контролі – 29,3 °C проти 28,5 °C. Це знаходиться в межах зони термокомфорту тварин цього віку і відповідає нормативам ВНТП-АПК-02.05 (22–30 °C), забезпечуючи оптимальні умови для терморегуляції поросят у підсисний період.

Таблиця 1

Показники мікроклімату в приміщеннях за використання різних систем зниження температури, $\overline{X} \pm S_{\overline{X}}$

Показник	Група свиноматок		Вимоги ВНТП-АПК-02.05)
	I контрольна	II дослідна	
Температура повітря зовні приміщення , °C	28,3 ± 0,57	28,3 ± 0,57	-
Відносна вологість повітря зовні приміщення, %	48,7 ± 0,79	48,7 ± 0,79	-
Температура повітря у приміщені на рівні дихальних шляхів людини, °C	24,3 ± 0,53**	22,4 ± 0,37	19–24
Температура повітря у приміщені на рівні дихальних шляхів свиноматки, °C	24,4 ± 0,52**	22,4 ± 0,33	18–22
Температура повітря під брудером поросят на рівні дихальних шляхів, °C	28,5 ± 0,52	29,3 ± 0,24	22–30
Температура лігва поросят, °C	29,8 ± 0,37*	30,6 ± 0,17	28–35
Температура лігва свиноматки, °C	25,3 ± 0,42***	22,6 ± 0,32	-
Швидкість руху повітря в станку свиноматки на рівні її дихальних шляхів, м/с	0,41 ± 0,024***	0,28 ± 0,013	1,00
Швидкість руху повітря в станку свиноматки на рівні дихальних шляхів поросят, м/с	0,31 ± 0,016***	0,17 ± 0,008	0,4
Швидкість руху повітря в під брудером на висоті 20 см, м/с	0,17 ± 0,009***	0,13 ± 0,005	0,15
Відносна вологість повітря на рівні дихальних шляхів свиноматки, %	68,7 ± 1,59	65,9 ± 1,36	40–70
Відносна вологість повітря на рівні дихальних шляхів поросят см, %	68,9 ± 1,73***	66,1 ± 1,32	40–70
Відносна вологість повітря під брудером поросят на рівні 20 см, %	60,3 ± 1,31	58,6 ± 1,03	40–70

Примітка: тут і надалі * – P < 0,05; ** – P < 0,01; *** – P < 0,001 вірогідність різниці з контрольною групою

Температура лігва поросят у приміщенні з випарними панелями становила 30,6 °С, що на 0,8 °С вище порівняно з приміщенням, де використовувалося розпилення води (туманізація) –29,8 °С ($p < 0,05$), але залишалася в межах оптимальних значень за ВНТП (28–35 °С).

Водночас лігво свиноматки у дослідній групі мало температуру, більш близьку до зони термокомфорту – 22,6 °С, що на 2,7 °С (10,7 %) нижче, ніж у контролі (25,3 °С, $p < 0,001$), і відповідає рекомендаціям щодо комфортного утримання дорослих тварин.

Таким чином, використання випарних панелей pad cooling забезпечує підтримку оптимальних температурних режимів у всіх ключових зонах приміщення – на рівні свиноматок, поросят та під брудером, що сприяє покращенню мікроклімату та створює комфортні умови відповідно до нормативних вимог ВНТП-АПК-02.05.

Аналіз відносної вологості повітря у приміщеннях для свиноматок показав, що використання за розпилення дрібнодисперсних частин води в приміщені суттєво підвищується вологість повітря, що в свою чергу спричиняє більш інтенсивну вентиляцію приміщення для її стабілізації. Водночас використання випарних панелей pad cooling з метою зниження температури сприяє підтриманню оптимальної вологості у всіх ключових зонах приміщення.

Так, на рівні дихальних шляхів свиноматки відносна вологість у дослідній групі становила 65,9 %, що на 2,8 % нижче, ніж у контрольній групі (68,7 %), але залишалася у межах нормативів ВНТП-АПК-02.05 (40–70 %). На рівні дихальних шляхів поросят відбулося зниження вологості з 68,9 % у контролі до 66,1 % у дослідній групі, що становить 2,8 % різниці ($P < 0,001$).

Під брудером для поросят на висоті 20 см завдяки постійно діючому килимку підігріву, та періодичній дії інфрачервоного випромінювання від лампи брудеру відносна вологість знизилася з 60,3 % у контролі до 58,6 % у дослідній групі, що становить 1,7 % різниці і також залишаючись у межах оптимального діапазону (40–70 %).

Система охолодження повітря спричиняє різну інтенсивність вентиляції так як, остання підлягає регулюванню датчиками вологості. Тому аналіз швидкості руху повітря у приміщеннях для свиноматок показав суттєву різницю між контрольним приміщенням з системою випаровування високого тиску (туманізація) та дослідним приміщенням із випарними панелями pad cooling. Так на рівні дихальних шляхів свиноматки швидкість руху повітря у дослідному приміщені становила 0,28 м/с, що на 0,13 м/с або 31,7 % ($P < 0,001$) менше, ніж у контрольній групі (0,41 м/с). Це зменшення потоку повітря сприяє більш рівномірному розподілу повітряного потоку в станку та знижує ризик виникнення локальних протягів, водночас поєднання з більш низькою температурою в зоні життєдіяльності свиноматок підвищує їх комфорт у спекотний період.

На рівні життєдіяльності поросят за рахунок супротиву суцільних перегородок станка швидкість руху повітря знизилася з 0,31 м/с у контрольному приміщенні до 0,17 м/с у дослідному, що становить 0,14 м/с (45,2 %) різниці ($P < 0,001$). За рахунок обмеження простору під брудером його кришкою та стінками станка на висоті 20 см швидкість руху повітря ще більше зменшилася з 0,17 м/с до 0,13 (0,04 м/с або 23,5 %, $P < 0,001$).

Отже, використання випарних панелей pad cooling забезпечує помірну швидкість повітря у всіх ключових зонах приміщення, що зменшує тепловий стрес у свиноматок і поросят, підвищує їхній терморегуляційний комфорт і створює оптимальні умови мікроклімату у спекотну частину року.

Таким чином, використання випарних панелей pad cooling забезпечує зниження температури та помірну вентиляцію у приміщенні, зберігаючи оптимальні рівні вологості. Це покращує терморегуляцію свиноматок та поросят, сприяє зменшенню теплового стресу і потенційно підвищує продуктивність тварин у спекотну частину року.

Встановлено, що використання різних систем терморегуляції у свинарниках по-різному впливало на фізіологічний стан свиноматок у період лактації (табл. 2). У контрольному приміщені де застосовувалось туманне охолодження, тепловологкісний індекс (THI) становив 72,79 бала, що перевищує показник у дослідному приміщені з випарними панелями (69,59 бала) на 3,2 одиниці або 4,4 %. Це свідчить про те, що випарні панелі ефективніше знижують сумарне теплове та вологісне навантаження, створюючи більш комфортні умови для утримання тварин.

Температура шкіри свиноматок у групі з туманним охолодженням становила 36,9 °С, тоді як у групі з випарними панелями – 37,1 °С. Незважаючи на підвищення на 0,2 °С (0,54 %), цей показник відображає посилений периферичний теплообмін у тварин при ефективнішій роботі системи охолодження. Це можна пояснити тим, що за нижчого тепловологісного індексу організм тварин активніше використовує шкіру як додатковий механізм віддачі тепла.

Таблиця 2

Показники фізіологічного стану свиноматок за різної системи терморегуляції в приміщені, $\overline{X} \pm S_{\overline{X}}$

Показник	Група свиноматок	
	І контрольна	ІІ дослідна
Тепловологісний індекс, балів	72,79	69,59
Температура шкіри свиноматки, °С	36,9 ± 0,16	37,1 ± 0,06
Частота дихання, разів	46,1 ± 2,16	42,1 ± 2,11
Втрата маси тіла свиноматки під час лактації, кг	6,3 ± 1,32	5,2 ± 1,17
Втрата маси свиноматки під час лактації, %	2,41	2,01

Частота дихання є одним із найчутливіших показників теплового стресу. У групі з туманним охолодженням свиноматки здійснювали в середньому 46,1 дихальних рухів за хвилину, тоді як за використання випарних панелей – 42,1. Зменшення на 4 вдихи/хв, або 8,7 %, свідчить про зниження теплового навантаження та зменшення потреби у компенсаторному охолодженні через дихальну систему.

Втрата живої маси під час лактації також виявилася меншою у свиноматок, утримуваних у приміщенні з випарними панелями. Втрата становила 5,2 кг проти 6,3 кг у контрольній групі, що менше на 1,1 кг або 17,5 %. У відсотковому вираженні різниця також була істотною: 2,01 % проти 2,41 % (зменшення на 0,40 пункти, або 16,6 %). Це свідчить про економніший енергетичний обмін, кращий апетит та збереження резервів організму у дослідних тварин.

Узагальнюючи отримані результати, можна стверджувати, що застосування випарних панелей забезпечує більш ефективне зниження теплового стресу у свиноматок, ніж туманне охолодження. Це проявляється у зниженні тепловологкісного індексу та частоти дихання, оптимізації теплообміну через шкіру та зменшенні втрат живої маси під час лактації, що має важливе значення для продуктивності та відтворної здатності тварин.

Вивчення витрат кормів свиноматками та їхнім приплодом (табл. 3) показало, що системи охолодження по-різному впливали на споживання поживних речовин. У контрольній групі де використовувалося туманне охолодження, загальне споживання корму свиноматкою за період лактації становило 210,37 кг тоді як у дослідній у дослідній де застосовувались випарні панелі 208,79 кг. Різниця склала – 1,58 кг (0,75 %), що свідчить що обидві системи охолодження забезпечували порівняно рівні умови для загальної споживаності кормів.

Таблиця 3

Витрати кормів підсисними свиноматками і поросятами за використання різних систем зниження температури

Показник	Група свиноматок	
	I контрольна	II дослідна
Спожито кому на одну свиноматку за період лактації, кг	210,37	208,79
Середньодобове споживання корму свиноматкою, кг	7,54	7,62
Кількість корму спожитого свиноматкою в розрахунку на 1 відлучене порося, кг	15,17	14,86
Кількість спожитого корму на 1 кг приросту поросят, кг	3,06	2,91
Кількість спожитого корму на виділений 1 л молока, кг	22,06	21,16
Спожито престартерних кормів на одне порося, кг	1,14	1,03
Спожито престартерних кормів на гніздо поросят, кг	15,81	14,47

Середньодобове споживання корму свиноматкою було дещо вищим у групі з випарними панелями – 7,62 кг проти 7,54 кг. Різниця +0,08 кг (1,06 %) свідчила про кращу інтенсивність споживання корму в умовах ефективнішого мікроклімату.

Кількість корму на 1 відлучене порося у контрольній групі становила 15,17 кг, тоді як у дослідній – 14,86 кг. Зменшення на 0,31 кг (2,04 %) вказує на ефективніше використання корму за умов випарного охолодження.

Витрати корму на 1 кг приросту поросят у групі з туманним охолодженням були 3,06 кг, тоді як за використання випарних панелей – 2,91 кг. Зменшення на 0,15 кг (4,90 %) свідчить про кращу конверсію корму за більш оптимального тепловологісного режиму.

Кількість корму на 1 л продукованого молока також була нижчою у дослідній групі – 21,16 кг проти 22,06 кг у контрольній. Різниця – 0,90 кг (4,08 %) підтверджує більш раціональне використання поживних речовин на молокопродукцію.

Споживання престартерних кормів на одне порося становило 1,14 кг у контрольній групі та 1,03 кг у дослідній, тобто на 0,11 кг менше (9,65 %). В розрахунку на гніздо поросят ця різниця була ще більш вираженою: 15,81 кг проти 14,47 кг, що менше на 1,34 кг (8,48 %). Це може бути наслідком більшої кількості молока у свиноматок при випарному охолодженні, що зменшило потребу поросят у додатковому підживленні.

Узагальнюючи результати, можна стверджувати, що застосування випарних панелей, порівняно з туманним охолодженням, сприяє більш економному використанню кормів. Це проявляється у зменшенні витрат кормів на відлучене порося, на 1 кг приросту, на 1 л молока, а також у скороченні споживання престартерних кормів поросятами. Такі результати свідчать про підвищення ефективності годівлі та оптимізацію енергетичного обміну тварин за використання випарного охолодження у приміщені для утримання лактуючих свиноматок з поросятами.

Таблиця 4

Продукування свиноматкою молока під час лактації за використання різних систем зниження температури

Показник	Група свиноматок	
	I контрольна	II дослідна
Середньодобове виділення молока, кг	13,67	14,41
Виділення молока за лактацію, кг	381,41	394,76
Виділено молока на 1 відлучене порося, кг	27,50	28,10
Виділено молока на 1 кг приросту поросят, кг	5,55	5,50

Використання різних систем охолодження мало суттєвий вплив на молочну продуктивність свиноматок у період лактації (табл. 4). У контрольній групі де застосовувалося розпилення дрібних частинок води під високим тиском, середньодобове виділення молока у свиноматок становило 13,67 кг, тоді як у дослідній де для охолодження повітря застосовувались випарні панелі – 14,41 кг. Різниця склала +0,74 кг (5,41 %), що свідчить про кращу фізіологічну стабільність та вищу функціональну активність молочних залоз у тварин за умов ефективнішого охолодження.

Загальне виділення молока за період лактації у свиноматок, які утримувались у примічені із туманним охолодженням становило 381,41 кг, тоді як у дослідній групі де використовувались випарні панелі – 394,76 кг. Збільшення на 13,35 кг (+3,50 %) підтверджує позитивний вплив випарних панелей на тривалу секрецію молока.

Кількість молока, виділеного на 1 відлучене порося, у контрольній групі становила 27,50 кг, у дослідній – 28,10 кг. Різниця +0,60 кг (2,18 %) хоч і не є значною відображає тенденцію до підвищення молочної продуктивності на кожне порося.

Виділення молока на 1 кг приросту поросят було практично однаковим у двох групах: 5,55 кг у контрольній та 5,50 кг у дослідній. Зменшення на 0,05 кг (0,90 %) вказує на відносно стабільне співвідношення "молоко–приріст" незалежно від системи охолодження.

Узагальнюючи отримані результати, можна стверджувати, що застосування випарних панелей у порівнянні з застосовуванням розпилення дрібних частинок води під високим тиском забезпечує підвищення середньодобового та сумарного виділення молока під час лактації, а також сприяє більшій продуктивності свиноматок. Це створює кращі умови для розвитку та росту приплоду, хоча окремі показники (молоко на 1 порося та на 1 кг приросту) залишалися на рівні тенденцій.

Аналіз продуктивності свиноматок у період лактації показав, що використання різних систем охолодження мало неоднаковий вплив на відтворні та господарсько-корисні показники (табл. 5). Враховуючи що середній репродуктивний цикл свиноматок у обох групах був практично однаковим і становив відповідно 3,6 та 3,7 опоросів це суттєво не вплинуло на результативність досліджень, а відмінності були спричинені використанням різних систем охолодження приміщень.

Таблиця 5

Продуктивність свиноматок під час лактації за використання різних систем зниження температури, $\overline{X} \pm S_{\overline{X}}$

Показник	Група свиноматок	
	I контрольна	II дослідна
Середній репродуктивний цикл, опоросів	3,6 ± 0,21	3,7 ± 0,13
Всього народжених поросят, гол.	16,35 ± 0,297	16,32 ± 0,205
В тому числі мертвонароджених, гол.	1,09 ± 0,013	1,11 ± 0,031
Частка мертвонароджених поросят, %	6,7	6,8
Багатоплідність, гол.	15,26 ± 0,249	15,21 ± 0,224
Маса гнізда поросят при народженні, кг	20,6 ± 0,403	20,7 ± 0,326
Великоплідність, кг	1,35 ± 0,042	1,36 ± 0,024
Кількість поросят на свиноматку при відлученні, гол.	13,87 ± 0,197	14,05 ± 0,132
Збереженість поросят в підсисний період, %	90,89 ± 1,071	92,37 ± 0,971
Маса 1 голови при відлученні, кг	6,44 ± 0,093	6,58 ± 0,107
Маса гнізда поросят при відлученні, кг	89,3 ± 1,34**	92,4 ± 1,59

Так у контрольній групі де застосовувалося розпилення дрібних частинок води під високим тиском, загальна кількість народжених поросят, число мертвонароджених поросят, багатоплідність та великоплідність свиноматок, маса гнізда поросят при народженні істотно не відрізнялася у контрольній та у дослідній групі що свідчить про відсутність істотного впливу систем охолодження на показники плодючості та масу приплоду при народженні.

Разом із тим, більш виражені тенденції спостерігалися під час вирощування поросят. Так збереженість поросят у підсисний період мала тенденцію до істотного підвищення у свиноматок, які утримувались в свинарниках із випарними панелями – 92,37 % проти 90,89 % у приміщені з охолодженням за допомогою туманізації повітря. Це спричинило тенденцію до збільшення кількості відлучених поросят у цій групі яка становила 14,05 гол. проти 13,87 гол. у контрольній групі, що свідчить про тенденцію до зростання на 1,3 %. Аналогічна тенденція простежувалася й за живою масою одного поросяти при відлученні де середня маса становила 6,44 кг у контрольній групі та 6,58 кг у дослідній (різниця +2,17 %). Тоді як найбільш суттєвою виявилася різниця у масі гнізда поросят при відлученні: 89,3 кг у контрольній групі проти 92,4 кг у дослідній, що вірогідно перевищувало контроль на 3,1 кг або 3,47 % (P < 0,01).

Отже, застосування випарних панелей не мало суттєвого впливу на показники відтворення та масу приплоду при народженні, проте забезпечувало кращу збереженість поросят, більшу їх середню масу та масу гнізда при відлученні. Це свідчить про переваги випарного охолодження над туманним у період лактації, що забезпечує оптимальні умови для росту та розвитку молодняку.

Аналіз інтенсивності росту підсисних поросят та рівня комплексних індексів показав, що різні системи охолодження створювали певні відмінності у розвитку молодняку (табл. 6).

Таблиця 6

Інтенсивність росту підсисних поросят та рівень комплексних індексів під час лактації за використання різних систем зниження температури, $\overline{X} \pm S_{\overline{X}}$

Показник	Група свиноматок	
	I контрольна	II дослідна
Тривалість лактації, діб	27,9 ± 0,121	27,4 ± 0,136
Абсолютний приріст гнізда поросят, кг	68,7 ± 1,24	71,8 ± 1,52
Абсолютний приріст одного поросяти, кг	5,09 ± 0,092	5,22 ± 0,107
Середньодобовий приріст гнізда поросят кг	2,46 ± 0,034	2,62 ± 0,043*
Середньодобовий приріст однієї голови, г	182,4 ± 4,71	190,5 ± 4,03*
Відносний приріст одного поросяти, %	135,2 ± 1,56	135,8 ± 1,32
ІВЯ, балів	49,4	50,0
СІВЯС, балів	121,5	122,8
SZFTV, балів	195,31	197,52

Враховуючи, що тривалість лактації у свиноматок контрольної групи (туманне охолодження) становила 27,9 доби, а у дослідній (випарні панелі) – 27,4 різниця у 0,5 доби не мала суттєвого впливу на ріст поросят за цей час і різниця в продуктивності обумовлена застосуванням різних систем охолодження. Так абсолютний приріст гнізда поросят виявився вищим у дослідній групі (71,8 кг проти 68,7 кг у контролі), що відповідало зростанню на 3,1 кг або 4,51 %, проте статистичної достовірності різниця не мала (P > 0,05). У перерахунку на одну голову абсолютний приріст становив 5,09 кг у контрольній групі та 5,22 кг у дослідній, що свідчить про незначне зниження індивідуальних показників (2, 6 %; P > 0,05).

Разом із тим, більш виражені відмінності простежувалися за середньодобовими приростами. Середньодобовий приріст гнізда у дослідній групі був достовірно вищим і становив 2,62 кг проти 2,46 кг у контрольній, що перевищувало контроль на 0,16 кг або 6,50 % (P < 0,05). Тоді як середньодобовий приріст одного поросяти збільшився на 8,1 г або на 4,4 % та становив у дослідній групі 190,5 г відповідно (P < 0,05). Водночас відносний приріст одного поросяти не мав суттєвої розбіжності між групами з різною системою підтримання мікроклімату і становив у контрольній групі 135,2 % проти 135,8 % у дослідній.

Комплексні індекси розвитку демонстрували незначні переваги дослідної групи. Так, індекс відтворювальної якості (ІВЯ) становив 49,4 бала у контрольній групі та 50,0 бала у дослідній, середній селекційний індекс відтворювальних якостей свиноматок (СІВЯС) –121,5 та 122,8 бала відповідно, а інтегральний показник SZFTV – 195,31 та 197,52 бала. Різниця свідчила про загальну тенденцію до підвищення ефективності отримання та вирощування поросят за використання випарних панелей.

Отже, застосування випарного охолодження сприяло зростанню середньодобових абсолютних приростів гнізда та комплексних індексів відтворних якостей проте не впливало достовірно на індивідуальні середньодобові прирости та навіть дещо знижувало відносний приріст молодняку. Це дозволяє зробити висновок, що позитивний ефект випарних панелей проявляється насамперед на рівні гнізда, забезпечуючи вищу загальну продуктивність потомства у підсисний період.

Обговорення

Результати нашого дослідження узгоджуються з попередніми роботами, які вказують на ефективність систем туманоутворення у зниженні температури приміщень для свиноматок. За даними Justino et al. (2014; 2015), поєднання високотискового розпилення з вентиляцією негативного тиску дозволяє знизити температуру на 2,0–2,1 °C, тоді як Morales et al. (2013) та Botto et al. (2014) повідомляють про ефект охолодження до 2–3 °C. У дослідженні Михайлова В. (Mykhailov, 2021) вказується, що за правильної організації вентиляції зниження температури може сягати навіть 8,3 °C. Наші дані підтверджують ефективність туманізації, проте показують, що за умов підвищеної вологості вона поступається за результативністю випарним панелям “Jet Cool”.

Підвищення вологості є типовим наслідком використання систем дрібнодисперсного розпилення води: від 0,9 % (Morales et al., 2013) до 19 % (Botto et al., 2014). Це не становить проблеми у посушливих регіонах, однак у вологих зонах надлишкова вологість може погіршувати тепловіддачу через дихальні шляхи, що підвищує ризик теплового стресу (Noblet et al., 2003; Pandorfi et al., 2008). Наші результати підтверджують цю тенденцію: у приміщеннях з туманізацією вологість була вищою на 2,8 %, тоді як за застосування Jet Cool залишалась у межах комфорту.

Щодо фізіологічних реакцій тварин, наші дані корелюють із роботами Justino et al. (2014; 2015) та Lucy & Safranski (2017), які показали зниження ректальної та поверхневої температури, а також частоти дихання свиней під впливом охолодження. У нашому дослідженні застосування випарних панелей зменшувало частоту дихання на 8,7 %, що свідчить про менший рівень теплового стресу у порівнянні з туманізацією приміщення. Водночас спостерігалося зменшення втрат маси тіла у свиноматок та підвищення споживання корму, що узгоджується з даними Romanini et al. (2008) та Cabezón et al. (2017), які довели позитивний вплив охолодження на споживання корму й відтворювальні показники.

Особливу увагу заслуговує ефективність систем pad cooling. За літературними даними, вони здатні знижувати температуру повітря на 5–10 °C (Renaudeau et al., 2012; Pertagnol et al., 2013; Lucy &

Safranski, 2017). Михайлов В. (Mykhailov, 2024) повідомляє про зниження до 15 °C у літній період, що значно перевищує показники туманізації. Наші результати також підтверджують переваги випарних панелей: зниження тепловологісного індексу, покращення молочності свиноматок, підвищення збереженості та середньодобових приростів поросят. Це узгоджується з висновками Dutertre et al. (1998) та Sartor et al. (2003), які відзначають стабільність параметрів мікроклімату при використанні pad cooling.

У практичному вимірі це означає, що випарні панелі забезпечують кращий баланс між охолодженням і контролем вологості порівняно з туманізацією. На відміну від механічної вентиляції, яка не має суттєвого охолоджувального ефекту (Hahn, 1999); Stinn & Xin (2014), pad cooling поєднує ефективне охолодження з ощадливим використанням води, що робить його економічно й технологічно доцільним рішенням для сучасних свинокомплексів (Mader et al., 2006; Mykhailov, 2024).

Таким чином, наші результати підтверджують високу ефективність випарних панелей Jet Cool у забезпеченні комфортного мікроклімату та підвищенні продуктивності тварин. Порівняно з системами туманізації, вони демонструють кращу адаптивність до умов високої вологості та забезпечують більш виражений комплексний позитивний ефект на фізіологічний стан і продуктивність свиней.

Висновки

Використання випарних панелей pad cooling у свинарниках забезпечує оптимальні температурні та вологісні умови у всіх ключових зонах, помірну швидкість руху повітря, зменшує тепловий стрес у свиноматок і поросят та сприяє підвищенню їхнього терморегуляційного комфорту й потенційної продуктивності у спекотну частину року.

Використання випарних панелей забезпечує комплексне покращення фізіологічного стану свиноматок, продуктивності молока та росту підсисного молодняку. Тварини дослідної групи мали нижчий тепловологкісний індекс, зменшену частоту дихання та менші втрати маси під час лактації, що свідчить про зниження теплового стресу.

Використання випарного охолодження дозволило економніше витрачати корм, зменшивши його витрати на одиницю приросту поросят та на молоко, а також покращило продуктивність приплоду: підвищилася маса гнізда та середня маса поросят при відлученні, й збереженість молодняку.

Середньодобові та абсолютні прирости поросят та їх гнізда, а також комплексні індекси відтворювальних якостей свиноматок демонстрували тенденцію до покращення.

Отже, випарні панелі створюють оптимальні умови для утримання свиноматок і росту молодняку, підвищуючи ефективність та економічну продуктивність виробництва.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів.

References

Barbari, M., Conti, L., Monti, M., & Rossi, G. (2007). Effects of different ventilation systems on pig welfare. Journal of Agricultural Engineering Research, 86(1), 85–93. DOI: 10.1016/j.jaer.2007.02.005.

Bashchenko, M. I., Boiko, O. V., Lesyk, Y. V., Honchar, O. F., Havrysh, O. M., Gutyj, B. V., Hoivanovych, N. K., Krechkivska, H. V. (2024). Changes in the blood parameters of rabbits consuming a complex of citrates of zinc, selenium, and germanium under the conditions of heat stress. Regulatory Mechanisms in Biosystems, 15(4), 702–708. DOI: 10.15421/0224101.

Baumgard, L. H., & Rhoads, R. P. (2013). Effects of Heat Stress on Postabsorptive Metabolism and Energetics. Annual Review of Animal Biosciences, 1(1), 311–337. DOI: 10.1146/annurev-animal-031412-103644.

Big Dutchman (2024). Equipment for creating a microclimate in pig farming (99-94-0385).

Bjerg, B., Brandt, P., Sørensen, K., Pedersen, P., & Zhang, G. (2019). Review of methods to mitigate heat stress among sows. 2019 Boston, Massachusetts July 7- July 10, 2019. American Society of Agricultural and Biological Engineers. DOI: 10.13031/aim.201900741.

Botto, Ľ., Hanus, A., Chmelíková, G., & Polák, P. (2014). The effect of evaporative cooling on climatic parameters in a stable for sows. Research in Agricultural Engineering, 60(S1), S85–S91. DOI: 10.17221/40/2013-RAE.

Bragança, M. M., Mullan, B. P., & Pluske, J. R. (1998). Does feed restriction mimic the effects of increased ambient temperature in lactating sows? Journal of Animal Science, 76(8), 2017–2024. DOI: 10.2527/1998.7682017x.

Brown-Brandl, T. M., Hayes, M. D., Xin, H., Nienaber, J. A., & Li, H. (2014). Heat and moisture production of modern swine. ASHRAW Trans, 120, 469–489.

Cabezón, F. A., Schinckel, A. P., Marchant-Forde, J. N., Johnson, J. S., & Stwalley, R. M. (2017). Effect of floor cooling on late lactation sows under acute heat stress. Livestock Science, 206, 113–120. DOI: 10.1016/j.livsci.2017.10.017.

Cecil, M. R., Neeno, S. M., Byrd, M., field, T. C. C., Marchant, J. N., Schinckel, A. P., Richert, B. T., Ni, J.-Q., III, R. M. M. S., & Johnson, J. S. (2024). 96 Evaluating the impact of macroenvironment temperature on thermoregulatory and milk quality parameters in lactating sows and their litter. Journal of Animal Science, 102(Supplement_2), 31–32. DOI: 10.1093/jas/skae102.038.

Cecil, M., Neeno, S., Byrd, M., Field, T. C., Marchant, J., Ni, J.-Q., Richert, B. T., Schinckel, A. P., Stwalley, R. M., & Johnson, J. S. (2023). PSX-18 Determining the Optimal Macroenvironment Temperature to Improve Lactating Sow and Piglet Productivity. Journal of Animal Science, 101(Supplement_3), 512–513. DOI: 10.1093/jas/skad281.605.

Chen, S., Yong, Y., & Ju, X. (2021). Effect of heat stress on growth and production performance of livestock and poultry: Mechanism to prevention. Journal of thermal biology, 99, 103019. DOI: 10.1016/j.jtherbio.2021.103019.

Cross, A. J., Keel, B. N., Brown-Brandl, T. M., Rohrer, G. A., & Cassady, J. P. (2018). Genome-wide association of changes in swine feeding behaviour due to heat stress. Genetics Selection Evolution, 50(1), 1–12. DOI: 10.1186/s12711-018-0382-1.

Deschenko, O., & Lykhach, A. (2024). Behavioural patterns of boars by breed depending on age, season, and type of ventilation. Animal Science and Food Technology, 15(2), 72–92. DOI: 10.31548/animal.2.2024.72.

Dutertre, G., Michel, J., & Tournadre, H. (1998). Evaporative cooling systems for livestock buildings: efficiency and management. Journal of Agricultural Engineering, 45(3), 125–134.

FASS (2020) Federation of Animal Science Societies (FASS). 2020. Guide for the care and use of agricultural animals in research and teaching. 4th ed. Champaign, IL: Fed. Anim. Sci. Soc. Chap. 9.

Ferreira, A. S., Costa, P. M. A., Pereira, J. A. A., et al. (1988). Estimativas de Produção de Leite de Porca. Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 17, 203–211.

Fragomeni, B. O., Lourenco, D. A. L., Tsuruta, S., Andonov, S., Gray, K., Huang, Y., & Misztal, I. (2016). Modeling response to heat stress in pigs from nucleus and commercial farms in different locations in the United States1. Journal of Animal Science, 94(11), 4789–4798. DOI: 10.2527/jas.2016-0536.

Godyń, D., Herbut, P., Angrecka, S., & Corrêa Vieira, F. M. (2020). Use of Different Cooling Methods in Pig Facilities to Alleviate the Effects of Heat Stress-A Review. Animals : an open access journal from MDPI, 10(9), 1459. DOI: 10.3390/ani10091459.

Guo, H., He, J., Yang, X., Zheng, W., & Yao, W. (2020). Responses of intestinal morphology and function in offspring to heat stress in primiparous sows during late gestation. Journal of thermal biology, 89, 102539. DOI: 10.1016/j.jtherbio.2020.102539.

Hahn, G. L. (1999). Environmental management for animals under heat stress. In Y. R. Chen (Ed.), Livestock Environment VIII (pp. 17–28). St. Joseph: ASAE.

He, J., Zheng, W., Lu, M., Yang, X., Xue, Y., & Yao, W. (2019). A controlled heat stress during late gestation affects thermoregulation, productive performance, and metabolite profiles of primiparous sow. Journal of thermal biology, 81, 33–40. DOI: 10.1016/j.jtherbio.2019.01.011.

Hilbrands, A. M., Brown-Brandl, T. M., Rohrer, G. A., & Stinn, J. P. (2017). Research room design using artificial heat sources to implement heat stress studies of pigs. Applied Engineering in Agriculture, 33(6), 881–889. DOI: 10.13031/aea.12398.

Hopka, M. (2024). Svitovyi rynok svynyny: khto vtrachaie, a khto znakhodyt [Elektronnyi resurs]. URL: https://agrotimes.ua/opinion/svitovyj-rynok-svynyny-hto-vtrachaye-a-hto-znahodyt (in Ukrainian).

Johnson, J. S. (2018). Heat stress: impact on livestock well-being and productivity and mitigation strategies to alleviate the negative effects. Animal Production Science, 58(8), 1404. DOI: 10.1071/an17725.

Johnson, J. S., & Baumgard, L. H. (2018). Physiology symposium: Postnatal consequences of in utero heat stress in pigs1,2. Journal of Animal Science, 97(2), 962–971. DOI: 10.1093/jas/sky472.

Johnson, J. S., & Stewart, K. R. (2025). Heat stress matters: insights from United States swine producers. Translational animal science, 9, txaf001. DOI: 10.1093/tas/txaf001.

Johnson, J. S., Jansen, T. L., Galvin, M., Field, T. C., Graham, J. R., Stwalley, R. M., & Schinckel, A. P. (2022). Electronically controlled cooling pads can improve litter growth performance and indirect measures of milk production in heat-stressed lactating sows. Journal of animal science, 100(2), skab371. DOI: 10.1093/jas/skab371.

Johnson, J. S., Stewart, K. R., Safranski, T. J., Ross, J. W., & Baumgard, L. H. (2020). In utero heat stress alters postnatal phenotypes in swine. Theriogenology, 154, 110–119. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2020.05.013.

Johnston, L. J., Ellis, M., Libal, G. W., Mayrose, V. B., & Weldon, W. C. (1999). Effect of room temperature and dietary amino acid concentration on performance of lactating sows. NCR-89 Committee on Swine Management. Journal of animal science, 77(7), 1638–1644. DOI: 10.2527/1999.7771638x.

Justino, E., Pandorfi, H., Almeida, G. L. P., Barbosa Filho, J. A. D., & Guiselini, C. (2014). The impact of evaporative cooling on the thermoregulation and sensible heat loss of sows during farrowing. Engenharia Agrícola, 34(6), 1050–1061. DOI: 10.1590/S0100-69162014000600003.

Justino, E., Pandorfi, H., Almeida, G. L. P., Guiselini, C., & Barbosa Filho, J. A. D. (2015). Effect of evaporative cooling and electrolyte balance on lactating sows in tropical summer conditions. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, 67(2), 455–464. DOI: 10.1590/1678-6478.

Kramarenko, S. S., Luhovyi, S. I., Lykhach, A. V., & Kramarenko, O. S. (2019). Analiz biometrychnykh danykh u rozvedenni ta selektsii tvaryn : navchalnyi posibnyk. Mykolaiv: MNAU (in Ukrainian).

Ladyka, V. I., Khmelnychyi, L. M., Povod, M. H. (2023). Tekhnolohiia vyrobnytstva ta pererobky produktiv tva-rynnytstva: Pidruchnyk dlia studentiv mahistratury. Odesa: Oldi+ (in Ukrainian).

Leskiv, K. Y., Gutyj, B. V., Khalak, V. I., Bordun, O. M., Todoriuk, V. B., Khymynets, P. S., Vus, U. M., Binkevych, V. Y., & Solomon, A. M. (2023). The effect of methionin, phenaron, and metiphen in different doses on the activity of the enzymatic link of the antioxidant protection of the piglets' bodies. Agrology, 6(3), 67–70. DOI: 10.32819/021111.

Llonch, P., Guevara, R. D., & Camerlink, I. (2024). Effects of climate change on pig welfare. Advances in Pig Welfare, 557–576. Elsevier. DOI: 10.1016/b978-0-323-85676-8.00024-9.

Lucy, M. C., & Safranski, T. J. (2017). Heat stress in pregnant sows: Thermal responses and subsequent

performance of sows and their offspring. Molecular Reproduction and Development, 84(9), 1–11. DOI: 10.1002/mrd.22844.

Lykhach V. Ya., Lykhach A. V., Faustov R. V., Kucher O. A. (2021). Suchasnyi stan ta tendentsii rozvytku vitchyzniano-ho svynarstva. Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriia «Tvarynnytstvo», 1(44), 69–79. URL: https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/10090/1/СУЧАСНИЙ%20СТАН%20ТА%20ТЕНДЕНЦІЇ%20РОЗВИТКУ%20ВІТЧИЗНЯНОГО%20СВИНАРСТВА%2002.09.2021.pdf (in Ukrainian).

Mader, T. L., Davis, M. S., & Brown-Brandl, T. (2006). Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle1,2. Journal of Animal Science, 84(3), 712–719. DOI: 10.2527/2006.843712x.

Malmkvist, J., Pedersen, L. J., Kammersgaard, T., & Jørgensen, E. (2012). Influence of thermal environment on sows around farrowing and during the lactation period. Journal of Animal Science, 90(9), 3186–3199. DOI: 10.2527/jas.2011-4342.

Mayorga, E. J., Renaudeau, D., Ramirez, B. C., Ross, J. W., & Baumgard, L. H. (2018). Heat stress adaptations in pigs. Animal frontiers : the review magazine of animal agriculture, 9(1), 54–61. DOI: 10.1093/af/vfy035.

Mayorga, E. J., Ross, J. W., Keating, A. F., Rhoads, R. P., & Baumgard, L. H. (2020). Biology of heat stress; the nexus between intestinal hyperpermeability and swine reproduction. Theriogenology, 154, 73–83. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2020.05.023.

McConn, B. R., Schinckel, A. P., Robbins, L., Gaskill, B. N., Green-Miller, A. R., Lay, D. C., Jr, & Johnson, J. S. (2022). A behavior and physiology-based decision support tool to predict thermal comfort and stress in non-pregnant, mid-gestation, and late-gestation sows. Journal of animal science and biotechnology, 13(1), 135. DOI: 10.1186/s40104-022-00789-x.

Morales, O. E. S., de Oliveira, R. F. M., Donzele, J. L., Saraiva, A., & Oliveira, W. P. (2013). Effect of different systems for the control of environmental temperature on the performance of sows and their litters. Acta Scientiae Veterinariae, 41(1), 1–7. URL: https://www.redalyc.org/pdf/2890/289031817016.pdf.

Mykhailov, V. V. (2021). Systemy tumanoutvorennia u svynokompleksakh. Hotuiemo sany vlitku… Ventyliatsiia. Hazeta «Svynokompleksy». URL: https://vvmikhailov.com/tpost/jnflu6kbi1-sistemi-tumanoobrazovaniya-v-svinokomple (in Ukrainian).

Mykhailov, V. V. (2024). Systema ventyliatsii «Ekzatop» v svynarskykh hospodarstvakh – okholodzhennia. Dai-dzhest «Hazeta». URL: https://vvmikhailov.com/tpost/kcmi6ccfp1-sistema-ventilyats-ekzatop-v-svinarskih (in Ukrainian).

Mykhailov, V. V., Lykhach, V. Ya., Lenkov, L. H., Sadovyi, A. A., & Faustov, R. V. (2024). Yevropeiske svynarst-vo u tsyfrakh: analiz stanu ta tendentsii. Tavriiskyi naukovyi visnyk, 135(2), 167–175. https://vvmikhailov.com/tpost/9zgszab1g1-vropeiske-svinarstvo-u-tsifrah-analz-sta (in Ukrainian).

Mykhalko, O. H. (2021). Current state and ways of pig production in the world and Ukraine. Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Livestock, 3(46), 61–77. DOI: 10.32845/bsnau.lvst.2021.3.9.

Mykhalko, O. H., Povod, M. H., Verbelchuk, T. V., Verbelchuk, S. P., Shcherbyna, O. V., Myronenko, O. I., & Ulianko, S. O. (2022). Produktyvnist svynomatok ta rist porosiat za vykorystannia riznykh system pidtry-mannia mikroklimatu v prymishchenni. Zbirnyk naukovykh prats «Tekhnolohiia vyrobnytstva i pererobky produk-tsii tvarynnytstva» (BNAU), 1, 65–74 (in Ukrainian).

Mylostyvyi, R. V., Wrzecińska, M., Samardžija, M., Gutyj, B. V., Yefimov, V. H., SkliarovP. M., & Liesh-chova, M. O. (2024). Impact of heat stress on blood serum cortisol level in dairy cows. Theoretical and Applied Veterinary Medicine, 12(4), 3–8. DOI: 10.32819/2024.12016.

Mylostyvyi, R., Izhboldina, O., Midyk, S., Cherniy, N., Lieshchova, M., Skliarov, P., Gutyj, B., Kornienko, V., & Mylostyva, D. (2022). Clinical significance of measuring fatty acids in biological fluids of dairy cows (in blood and milk) with a focus on heat stress. Multidisciplinary Reviews, 5(2), 1–5. DOI: 10.31893/multirev.2022011.

Noblet, J., Bontems, V., & Tran, G. (2003). Estimation de la valeur énergétique des aliments pour le porc. INRAE Productions Animales, 16(3), 197–210. DOI: 10.20870/productions-animales.2003.16.3.3660.

NWSCR (1976). Livestock hot weather stress. Regional operations manual letter C-31-76. Kansas City, MO: National Weather Service Central Region

Ogundare, W., Teeple, K., Fisher, E., Davis, C., Reis, L. G., Jannasch, A., Beckett, L. M., Schinckel, A., Minor, R., & Casey, T. (2024). Cooling lactating sows exposed to early summer heat wave alters circadian patterns of behavior and rhythms of respiration, rectal temperature, and saliva melatonin. PLOS ONE, 19(10), e0310787. DOI: 10.1371/journal.pone.0310787.

Pandorfi, H., Almeida, G. L. P., Guiselini, C., & Almeida, G. A. (2008). Conforto térmico para matrizes suínas em fase de gestação, alojadas em baias individuais e coletivas. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 12(3), 326–332. DOI: 10.1590/S1415-43662008000300015.

Parois, S. P., Cabezón, F. A., Schinckel, A. P., Johnson, J. S., Stwalley, R. M., & Marchant-Forde, J. N. (2018). Effect of Floor Cooling on Behavior and Heart Rate of Late Lactation Sows Under Acute Heat Stress. Frontiers in veterinary science, 5, 223. DOI: 10.3389/fvets.2018.00223.

Pearce, S. C., Mani, V., Boddicker, R. L., Johnson, J. S., Weber, T. E., Ross, J. W., Baumgard, L. H., & Gabler, N. K. (2012). Heat stress reduces barrier function and alters intestinal metabolism in growing pigs. Journal of animal science, 90 Suppl 4, 257–259. DOI: 10.2527/jas.52339.

Perin, J., Pandorfi, H., Almeida, G. L. P., Guiselini, C., & Barbosa Filho, J. A. D. (2016). Evaporative snout cooling system on the performance of lactating sows and their litters in a subtropical region. Ciência Rural, 46(2), 342–347. DOI: 10.1590/0103-8478cr20141693.

Pertagnol, J., Gallmann, E., Pflanz, W., & Jungbluth, T. (2013). Efficiency of resources of different cooling

systems for fattening pigs. Agricultural Engineering, 68(5), 353–358. DOI: 10.15150/lt.2013.251.

Povod, M. H. Lykhach, A. V., Bondarska, O. M., Lykhach, V. Ya., Chentsov, M. M., Bevz, N. L., Hlukhenkyi, S. L., Yaroshchuk, D. A. (2023). Vitchyznianyi ta svitovyi rynok svynyny: pidsumky 2022 roku ta prohnozy / Tavrii-skyi naukovyi visnyk: naukovyi zhurnal. Kherson: vydavnychyi dim "Helvetyka", 130, 307–319 (in Ukrainian).

Povod, M. H., Lykhach, V. Ya., Voloshynov, V. V., Koroban, M. P., Bondarska, O. M. (2022). Rozvytok hlobalno-ho svynarstva. Tavriiskyi naukovyi visnyk. Seriia: Silskohospodarski nauky / Khersonskyi derzhavnyi ahrarno–ekonomichnyi universytet. Kherson: Vydavnychyi dim «Helvetyka», 125, 171–175. DOI: 10.32851/2226–0099.2022.125.24 (in Ukrainian).

Radnóczi, L., Novozánszky, G., Baltay, M., Csóka, L., Eicher, J., Fekete, B. (2017). Ertés teljesítményvizsgálati kódex, Budapest, 39. URL: http://www.mfse.eu/modul/_files/k_dex_8_2017.pdf.

Renaudeau, D., Collin, A., Yahav, S., Basilio, V. de, Gourdine, J. L., & Collier, R. J. (2012). Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. Animal, 6(5), 707–728. DOI: 10.1017/S1751731111002448.

Ribeiro, B. P. V. B., Bernardi, M. L., Wentz, I., Bortolozzo, F. P., & Barcellos, D. E. S. N. (2018). Heat negatively affects lactating swine: A meta-analysis. Journal of Thermal Biology, 74, 325–330. DOI: 10.1016/j.jtherbio.2018.04.015.

Romanini, C. E. B., Pandorfi, H., Almeida, G. L. P., Guiselini, C., & Almeida, G. A. (2008). Physiological and productive responses of environmental control on housed sows. Scientia Agricola, 65(4), 335–339. DOI: 10.1590/S0103-90162008000400002.

Ross, J. W., Hale, B. J., Seibert, J. T., Romoser, M. R., Adur, M. K., & Keating, A. F. (2015). Physiological consequences of heat stress in pigs. Animal Production Science, 55(12), 1381–1390. DOI: 10.1071/AN15267.

Sampaio, C. A. P., Nääs, I. A., & Moura, D. J. (2004). Evaluation of the thermal environment in growing and finishing swine housing using thermal comfort indexes under tropical conditions. Ciência Rural, 34(3), 785–790. DOI: 10.1590/S0103-84782004000300020.

Sartor, R., Rehage, J., & Schwager, J. (2003). Influence of evaporative cooling on microclimate and animal performance in swine buildings. Trans. of ASAE, 46(6), 1781–1787.

Seelenbinder, K. M., Brown-Brandl, T. M., Eigenberg, R. A., & Stinn, J. P. (2018). Effects of heat stress during porcine reproductive and respiratory syndrome virus infection on metabolic responses in growing pigs. Journal of Animal Science, 96(4), 1375–1387. DOI: 10.1093/jas/sky057.

Smychok, T., Gutyj, B., Kozenko, O., Todoriuk, V., Martyshuk, T., Kushnir, V., Krempa, N., Vus, U., Rudenko, O., Vozna, O., & Senechyn, V. (2023). The influence of the feed additive "Metisevit" on the activity of the antioxi-dant defense system of piglets under conditions of nitrate-nitrite load. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 25(99), 176–181. DOI: 10.32718/nvlvet-a9929.

Stender, D. R., Harmon, J. D., Weiss, J. D., & Cox, D. (2003). Comparison of different styles of swine finishing facilities within a uniform production system. Applied Engineering in Agriculture, 19(1), 79–82. DOI: 10.13031/2013.12734.

Stinn, J. P., & Xin, H. (2014). Heat and moisture production rates of a modern U.S. swine breeding-gestation-farrowing facility. ASHRAE Transactions, 57(1), 1517–1528. DOI: 10.13031/trans.57.10711.

St-Pierre, N. R., Cobanov, B., & Schnitkey, G. (2003). Economic Losses from Heat Stress by US Livestock Industries. Journal of Dairy Science, 86, E52—E77. DOI: 10.3168/jds.s0022-0302(03)74040-5.

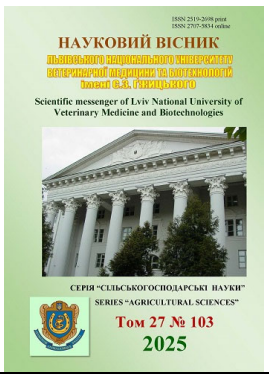
Thom, E. C. (1959). The discomfort index. Weatherwise, 12(2), 57–60. DOI: 10.1080/00431672.1959.9926960.

Trouw Nutrition (2023). Improved efficiency by addressing heat stress in lactating sows: recent trial reveals promising results. URL: https://www.trouwnutrition-scandinavia.com/en/news-and-events/news/improved-efficiency-by-addressing-heat-stress-in-lactating-sows-recent-trial-reveals-promising-results/

Tsereniuk, A. M., Khvatov, A. I., Stryzhak, T. A. (2010). Otsinka efektyvnosti pokaznykiv materynskoi produktyvnosti svynei. Zbirnyk naukovykh prats Vinnytskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriia: Tva-rynnytstvo, 3(42), 73–77. URL: http://socrates.vsau.edu.ua/repository/getfile.php/6689.pdf (in Ukrainian).

Williams, A. M., Safranski, T. J., Spiers, D. E., Eichen, P. A., Coate, E. A., & Lucy, M. C. (2013). Effects of a controlled heat stress during late gestation, lactation, and after weaning on the thermoregulation, metabolism, and reproduction of primiparous sows. Journal of Animal Science, 91(6), 2700–2714. DOI: 10.2527/jas.2012-6055.

Yurchenko, O. S., Bondarska, O. M., Lykhach, V. Ya., Kalitaiev, K. K., & Kovalenko, O. A. (2024). Stan vitchyznianoho svynarstva. Problemy ta perspektyvy. Podilian Bulletin Agriculture Engineering Economics, (42), 55–63. DOI: 10.37406/2706-9052-2024-1.8 (in Ukrainian).



Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького. Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences

ISSN 2519–2698 print
ISSN 2707-5834 online

doi: 10.32718/nvlvet-a10322
https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture

UDC 636.2.034:612.017:616-092.19

Dynamics of immune system indicators in pregnant cows with physiological gestation and with endotoxicosis

Ya. I. Grymak[1], B. V. Gutyj[1], V. I. Pryimych[1], T. V. Martyshuk[1]✉, L. V. Kurylas[2], O. V. Kozenko[1], I. V. Dvyliuk[1], N. V. Magrelo[1], U. M. Vus[1], A. O. Vysotskyi[1], N. Yu. Krempa[1], O. L. Honcharov[3]

[1]*Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, Lviv, Ukraine*
[2]*State Scientific-Research Control Institute of Veterinary Medicinal Products and Feed Additives, Lviv, Ukraine*
[3]*Institute of Animal Biology of NAAS of Ukraine, Lviv, Ukraine*

Article info

Received 10.07.2025
Received in revised form 11.08.2025
Accepted 12.08.2025

Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv, Pekarska Str., 50, Lviv, 79010, Ukraine.
Tel.:+38-097-754-26-35
E-mail: mtv_27@ukr.net

State Scientific-Research Control Institute of Veterinary Medicinal Products and Feed Additives, Donetska Str., 11, Lviv, 79019, Ukraine

Institute of Animal Biology, NAAS of Ukraine, V. Stus Str., 38, Lviv, 79034, Ukraine.

Grymak, Ya. I., Gutyj, B. V., Pryimych, V. I., Martyshuk, T. V., Kurylas, L. V., Kozenko, O. V., Dvyliuk, I. V., Magrelo, N. V., Vus, U. M., Vysotskyi, A. O., Krempa, N. Yu., & Honcharov, O. L. (2025). Dynamics of immune system indicators in pregnant cows with physiological ges-tation and with endotoxicosis. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 27(103), 195–200. doi: 10.32718/nvlvet-a10322

Particular attention in veterinary medicine is given to the study of the immune system status of pregnant cows, since this period is accompanied by significant physiological changes and increased sensitivity of the organism to stress factors and intoxications. One of such pathological conditions is endotoxicosis, which is associated with suppression of humoral, cellular, and nonspecific immunity, potentially leading to the development of secondary immunodeficiency. The aim of the study was to determine the dynamics of immune system indicators in pregnant cows with a physiological course of calving and in the presence of clinical signs of endotoxicosis. The work included analysis of humoral, cellular, and nonspecific immune components. It was established that the bactericidal activity of blood serum in the experimental group at the 8th and 9th months of pregnancy was lower by 11.3–18.7 % compared to the control, while lysozyme activity was reduced by 20.2–22.0 %. In addition, a significant decrease in neutrophil phagocytic activity and phagocytic index was observed, indicating suppression of nonspecific defense mechanisms. Cellular immunity studies showed that the number of T-lymphocytes in the blood of diseased cows was significantly lower by 23.2 % compared to the control group at the 9th month of pregnancy, and the number of B-lymphocytes decreased by 2.8–18.9 %. A decrease in serum immunoglobulin levels was also found: by 16.0 % at the 8th month and by 24.6 % at the 9th month of pregnancy. The most pronounced decline was observed in the concentration of immunoglobulins of class G, which decreased by 26.3 % compared to physiological pregnancy. The obtained results indicate that the development of endotoxicosis in pregnant cows causes systemic suppression of the main components of the immune system. This is manifested by a reduction in bactericidal and lysozyme activity of blood serum, numbers of T- and B-lymphocytes, neutrophil phagocytic activity, as well as decreased immunoglobulin levels. Such changes reflect the formation of secondary immunodeficiency, which has important practical significance for timely diagnosis, prevention, and therapy of endotoxicosis in cattle.

Keywords: *pregnancy, cows, endotoxicosis, immune system, humoral immunity, cellular immunity, non-specific resistance.*

Introduction

The clinic, course, and outcomes of many diseases are to some extent determined by the development of endogenous intoxication. By most clinical and immunological criteria, it can be characterized as a nonspecific manifestation of the imbalance between the production and elimination of products of normal and impaired (in the case of pathology) metabolism (Andersen, 2003; Levchenko et al., 2005; Gutyj et al., 2016; 2017; Bashchenko et al., 2021; 2023; Sidashova et al., 2024).

Pregnancy in cows is an extremely complex physiological process accompanied by significant changes in the functioning of the organism, particularly in the immune system (Eades, 1993; Grymak et al., 2020; Mylostyvyi et al., 2021; 2023; 2024). During this period, animals are

especially sensitive to the effects of stress factors, metabolic disorders, and intoxications, which may lead to the development of pathological conditions. One of the most dangerous factors is endotoxicosis, which arises as a result of the accumulation of toxic metabolites or impairment of the barrier functions of the digestive system (Culbertson & Osburn, 1980; Hrymak, 2015; Shcherba & Korda, 2019). It triggers activation of the immune response, alteration of quantitative and qualitative characteristics of cellular and humoral immunity, which may negatively affect the condition of the dam and the development of the fetus (Bomko et al., 2018; Broda et al., 2013; Denkovich et al., 2021; Slivinska et al., 2021; Klimkovetskaya et al., 2024).

The damaging effects of endogenous intoxication factors in pregnant cows are concentrated in three main directions: in the form of the arrest of metabolic processes due to the delayed elimination or excretion of metabolic end products; in the form of a switch of synthetic processes to the production of non-physiological compounds, up to the so-called "lethal synthesis," which leads to the appearance of highly toxic substances in the internal environment; and in the form of cellular membrane damage, which is the most harmful. In any case, modern concepts of the mechanism of endotoxin action on the body of pregnant cows are based on the leading role of the immune system (Zaviriukha et al., 2009; Kraievskyi, 2000; Lozynskyi et al., 2023; Chabanenko et al., 2024).

It is believed that all forms of harmful effects of endotoxins on the organs and systems of the whole organism are realized in the specific response to the primary damaging action of these substances. Such a response not only limits but also amplifies both the harmful effects of these substances and their penetration into the internal environment and can be defined as endotoxicosis (Boosman et al., 1991; Clark et al., 1991; Borshch et al., 2020; 2021).

Thus, the study of the dynamics of immune system indicators in cows at different stages of pregnancy in the presence of signs of endotoxicosis has important theoretical and practical significance. Understanding the nature of changes in the cellular and humoral branches of immunity will enable timely diagnosis of the initial manifestations of immune dysfunction, as well as the development of effective preventive and therapeutic measures aimed at preserving cow health and improving the reproductive efficiency of the herd.

Objective of the study

The aim of this work was to investigate the dynamics of immune system indicators in cows determined by the course of pregnancy with signs of endotoxicosis.

Materials and Methods

The study was conducted on Ukrainian Black-and-White Dairy breed cows. To achieve the objectives, two groups of animals were formed, each consisting of 10 pregnant cows: control and experimental. The cows of the experimental group exhibited clinical signs of endotoxicosis, such as congestive edema of the external genital organs, udder edema, mucosal anemia, depression, appetite disorders, and functional disturbances of the forestomachs and intestines. The control group consisted of healthy cows with a physiological course of pregnancy.

During the study, the rules mandatory for zootechnical experiments were observed, including the selection and maintenance of animal analogues in groups, as well as the technology of feed preparation, use, and recording of consumed feed. The animals' diet was balanced in nutrients and minerals to fully meet their nutritional requirements.

Blood samples for analysis were collected from the jugular vein at the 8th and 9th months of pregnancy. Neutrophil phagocytic activity (PA) and phagocytic index (PI) were determined using generally recognized methods in the modification of V. E. Chumachenko et al. The total number of T-lymphocytes (E-RFC) was determined by the method of spontaneous rosette formation with sheep erythrocytes according to M. Jondal et al. and the total number of B-lymphocytes was determined according to N. F. Mendes et al. (Vlizlo, 2012).

The research results were subjected to biometric analysis using mathematical statistics methods accepted in biology and medicine, using the Microsoft Excel program ("Statistica 5.0", "Bio-stat"). The degree of significance compared to the control group's data was determined – $P < 0.05$ – *, $P < 0.01$ – **, $P < 0.001$ – ***.

Results and Discussion

Immunity is a set of the body's defense mechanisms aimed at maintaining its genetic stability. It helps the organism resist various foreign factors, such as bacteria, viruses, toxins, and foreign bodies (Martyshuk & Hutyi, 2021; Kuljaba et al., 2022; Gutyj et al., 2023).

It is known that humoral immunity is ensured by specific macromolecules that function in the internal fluids of animals. Blood plasma contains special proteins capable of neutralizing microorganisms and the toxic products of their vital activity that enter the body's fluids.

The bactericidal activity of blood serum (BABS) is an integral factor of humoral natural resistance, reflecting the ability of blood to self-purify. This activity is determined by the presence of a complex of substances in the serum–complement, antibodies, lysozyme, and properdin–capable of neutralizing or destroying microbial cells.

As shown in Table 1, the bactericidal activity of blood serum in pregnant cows differed somewhat between the control and experimental groups. At the 8th month of pregnancy, BABS in the control group (cows with a physiological course of pregnancy) was 90.60 ± 2.80 %, whereas in pregnant cows with signs of endotoxicosis it was 80.32 ± 2.75 %. The lowest BABS values were observed in the experimental group at the 9th month of pregnancy, where it decreased by 18.7 % compared to the control group.

The lysozyme activity of blood serum (LABS) in cows with a physiological course of pregnancy at the 9th month was slightly lower than at the 8th month. In cows of the experimental group, a decrease in LABS was noted at both the 8th and 9th months of pregnancy, where compared to the control group, LABS decreased by 22.0 % and 20.2 %, respectively (Table 1).

Table 1
Indicators of humoral immunity in cows with a physiological course of pregnancy and in cows with the development of endotoxicosis, M ± m, n = 10

Months of pregnancy	Animal groups	LABS, %	BABS, %
8	C	28.82 ± 0.85	90.60 ± 2.80
	E	22.47 ± 0.75***	80.32 ± 2.75*
9	C	24.43 ± 0.80	85.23 ± 2.96
	E	19.50 ± 0.82***	69.27 ± 2.45***

Note: C – control group (physiological pregnancy); E – experimental group (endotoxicosis); LABS – lysozyme activity of blood serum; BABS – bactericidal activity of blood serum; *, *** – statistically significant differences compared to control (*P < 0.05, ***P < 0.001)

Thus, when studying the values of humoral immunity indicators, it was established that in cows affected by endotoxicosis, both the bactericidal and lysozyme activity of blood serum decreased.

Subsequently, we investigated nonspecific immunity– the immune defense system not associated with antigens and antibodies, which includes phagocytosis and overall nonspecific resistance. Along with the reduction in humoral immunity activity in cows showing signs of endotoxicosis, suppression of the nonspecific immune system was also found, manifested by decreased neutrophil phagocytic activity and a reduced phagocytic index.

It was established that at the 8th and 9th months of pregnancy, neutrophil phagocytic activity and the phagocytic index in the blood of the control group animals were within 63.90 ± 2.10–62.13 ± 2.25 % and 5.67 ± 0.15–7.82 ± 0.20 units, respectively. In pregnant cows with the development of endotoxicosis during the indicated study periods, neutrophil phagocytic activity was reduced by 7.2 % and 7.9 %, and the phagocytic index by 25.7 % and 25.3 %, compared with the control values (Table 2).

Thus, the obtained research results indicate that in cows with clinical signs of endotoxicosis, the nonspecific components of the immune system are suppressed.

The indicators of cellular immunity in cows with a physiological course of pregnancy and in cows with the development of endotoxicosis are presented in Table 3. It was established that the number of T-lymphocytes in the blood of cows in the control group at the 8th month of pregnancy was 47.52 ± 2.10 %. By the 9th month of pregnancy, the number of T-lymphocytes in the blood of this group of animals had slightly increased, rising by 13.2 % compared to the previous values.

Table 2
Indicators of nonspecific immunity in cows with a physiological course of pregnancy and in cows with the development of endotoxicosis (M ± m, n = 10)

Months of pregnancy	Animal groups	Phagocytic activity, %	Phagocytic index, units
8	C	63.90 ± 2.10	5.67 ± 0.15
	E	59.34 ± 2.12*	4.21 ± 0.19***
9	C	62.13 ± 2.25	7.82 ± 0.20
	E	57.12 ± 2.18*	5.84 ± 0.16***

Note: C – control group (physiological pregnancy); E – experimental group (endotoxicosis); *, *** – statistically significant differences compared to control (*P < 0.05, ***P < 0.001)

Table 3
Indicators of cellular immunity in cows with a physiological course of pregnancy and in cows with the development of endotoxicosis (M ± m, n = 10)

Months of pregnancy	Animal groups	T-lymphocytes, %	B-lymphocytes, %
8	C	47.52 ± 2.10	17.40 ± 0.85
	E	45.12 ± 2.35	16.92 ± 0.74
9	C	53.81 ± 2.44	22.01 ± 0.95
	E	41.32 ± 2.25**	17.85 ± 0.80**

Note: C – control group (physiological pregnancy); E – experimental group (endotoxicosis); **, – statistically significant differences compared to control (**P < 0.01)

In the blood of cows with clinical signs of endotoxicosis, a lower number of T-lymphocytes was observed throughout the entire study. The lowest number of T-lymphocytes in the blood of the experimental group of pregnant cows was recorded in the 9th month of pregnancy, where it decreased by 23.2 % compared to the control.

Similar changes were observed in the determination of B-lymphocyte counts. The study of cellular immunity indicators revealed that in pregnant cows affected by endotoxicosis, the number of B-lymphocytes was lower by 2.8 % and 18.9 % at the 8th and 9th months of pregnancy, respectively.

We explain the decrease in the number of T- and B-lymphocytes in cows with endotoxicosis by the action of toxins on the immune system of the affected animals. Thus, the reduction in lymphocyte counts indicates a

weakening of the resistance of pregnant cows during the development of endotoxicosis.

A critical moment in the immune response is the recognition of a chemical marker characteristic of a "foreign" agent, as opposed to a "self" one. This task is carried out by specific proteins that display remarkable diversity in molecular structure. The best-known recognition proteins are immunoglobulins. The most informative indicator of the immunological status of animals turned out to be the level of immunoglobulins in the blood serum of cows. The serum immunoglobulin levels of cows with a physiological course of pregnancy and those with the development of endotoxicosis are presented in Table 4.

The results of the study showed that the serum immunoglobulin level in cows with a physiological course of pregnancy was within 20.38 ± 1.28 mg/ml (8th month of pregnancy) and 19.46 ± 0.39 mg/ml (9th month of pregnancy). The decrease in immunoglobulin content in the blood serum of control group cows in the 9th month of pregnancy is explained by the need to provide calves with maternal antibodies, which accumulate in the mammary gland through colostrum.

The serum immunoglobulin level of diseased cows in the experimental group was slightly lower than that of the control group: it decreased by 16.0 % in the 8th month of pregnancy and by 24.6 % in the 9th month.

Table 4

Serum immunoglobulins of cows with a physiological course of pregnancy and cows with the development of endotoxicosis (M ± m, n = 10)

Months of pregnancy	Animal groups	Immunoglobulins, mg/ml	IgG, mg/ml	IgM, mg/ml	IgA, mg/ml
8	C	20.38 ± 1.28	17.85 ± 1.26	2.12 ± 0.05	0.41 ± 0.08
	E	17.12 ± 0.62*	14.80 ± 0.56*	2.01 ± 0.16	0.31 ± 0.03
9	C	19.46 ± 0.39	16.45 ± 0.54	2.49 ± 0.25	0.52 ± 0.12
	E	14.68 ± 0.36***	12.13 ± 0.41***	2.15 ± 0.23	0.40 ± 0.07

Note: C – control group (physiological pregnancy); E – experimental group (endotoxicosis); *, *** – statistically significant differences compared to control (*P < 0.05, ***P < 0.001).

Upon detailed analysis of immunoglobulins, it was found that in cows of the experimental group, the level of class G immunoglobulins significantly decreased in the 9th month of pregnancy, being 26.3 % lower compared to the control. Similar changes were observed in the study of class M and A immunoglobulins.

Conclusions

As a result of the conducted studies, we established that in pregnant cows with clinical manifestations of endotoxicosis, suppression of cellular, humoral, and nonspecific immunity occurs, leading to the development of secondary immunodeficiency. This is indicated by the decrease in bactericidal and lysozyme activity of blood serum, reduction in the number of T- and B-lymphocytes, decreased phagocytic activity and phagocytic index in the blood of diseased cows, as well as reduced levels of immunoglobulins.

Changes in immune system parameters serve as an important objective indicator of the condition of cows in the development of endotoxicosis of various etiologies.

Acknowledgments

This scientific work was financially supported by the Ministry of Education and Science of Ukraine (0124U001085).

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest.

References

Andersen, P. H. (2003). Bovine Endotoxicosis – As-pects of Relevance to Production Diseases. A Re-view. Acta Veterinaria Scandinavica, 44(1), 57. DOI: 10.1186/1751-0147-44-S1-P57.

Bashchenko, M. I., Boiko, O. V., Honchar, O. F., Sotnichenko, Yu. M., Tkach, Ye. F., Gavrysh, O. M., Nebylytsja, M. S., Lesyk, Ya. V., & Gutyj, B. V. (2021). The cow's calving in the selection of bull-breeder in Monbeliard, Norwegian Red and Holstine breed. Ukrainian Journal of Ecology, 11(2), 236–240. DOI: 10.15421/2021_105.

Bashchenko, M. I., Boiko, O. V., Honchar, O. F., Sotnichenko, Y. M., Lesyk, Y. V., Iskra, R. Y., & Gutyj, B. V. (2023). Peculiarities of growth and further productivity of purebred and crossbred cows. Regulatory Mechanisms in Biosystems, 14(1), 118–124. DOI: 10.15421/022318.

Bomko, V., Kropyvka, Yu., Bomko, L., Chernyuk, S., Kropyvka, S., & Gutyj, B. (2018). Effect of mixed ligand complexes of Zinc, Manganese, and Cobalt on the Manganese balance in high-yielding cows during first 100-days lactation. Ukrainian Journal of Ecology, 8(1), 420–425. DOI: 10.15421/2018_230.

Boosman, R., Mutsaers, C. W., & Klarenbeek, A. (1991). The role of endotoxin in the pathogenesis of acute bovine laminitis. Veterinary Quarterly, 13, 155–162. DOI: 10.1080/01652176.1991.9694301.

Borshch, O. O., Borshch, O. V., Sobolev, O. I., Gutyj, B. V., Sobolieva, S. V., Kachan, L. M., Mashkin, Yu. O., Bilkevich, V. V., Stovbetska, L. S., KochukYashchenko, O. A., Shalovylo, S. H., Cherniy, N., Matryshuk, T. V., Guta, Z. A., & Bodnar, P. V. (2021). Hematological status of cows with different stress tolerance. Ukrainian Journal of Ecology, 11(7), 14–21. DOI: 10.15421/2021_237.

Borshch, O. O., Ruban, S. Yu, Borshch, O. V., Sobolev, O. I., Gutyj, B. V., Afanasenko, V. Yu., Malina, V.

V., Ivantsiv, V. V., Fedorchenko, M. M., Bondarenko, L. V., Katsaraba, O. A., Chorniy, M. V., Shchepetilnikov, Y. O., Sachuk, R. M., Dmytriv, O. Y., & Kava, S. (2021). Strength of limbs and hoof horn from local Ukrainian cows and their cross-breeding with Brown Swiss and Montbeliarde breeds. Ukrainian Journal of Ecology, 11(3), 174–177. DOI: 10.15421/2021_160.

Borshch, O. O., Ruban, S. Yu., Gutyj, B. V., Borshch, O. V., Sobolev, O. I., Kosior, L. T., Fedorchenko, M. M., Kirii, A. A., Pivtorak, Y. I., Salamakha, I. Yu., Hordiichuk, N. M., Hordiichuk, L. M., Kamratska, O. I., & Denkovich, B. S. (2020). Comfort and cow behavior during periods of intense precipitation. Ukrainian Journal of Ecology, 10(6), 98–102. DOI: 10.15421/2020_265.

Broda, N. A. Mudrak, D. I., Vishchur, O. I., Ratskyi, M. I., Leshovska, N. M., & Solovodzinska, I. V. (2013). Stan systemy antyoksydantnoho zakhystu orhanizmu tilnykh koriv za umov tekhnohennoho navantazhennia ta dii koryhuiuchykh chynnykiv. Biolohiia tvaryn, 15(2), 17–23. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/bitv_2013_15_2_4 (in Ukrainian).

Chabanenko, D. V., Zhelavskyi, M. M., SkliarovP. M., Gutyj, B. V., Wrzecińska, M., Lone, F. A., Rana, S., Khmeleva, O. V., & Mylostyvyi, R. V. (2024). Postpartum complications in cows: diagnosis, treatment, prevention. Ukrainian Journal of Veterinary and Agricultural Sciences, 7(1), 60–67. DOI: 10.32718/ujvas7-1.10.

Clark, E. S., Gantley, B., & Moore, J. N. (1991). Effects of slow infusion of a low dosage of endotoxin on systemic haemodynamics in conscious horses. Equine veterinary journal, 23, 18–21. DOI: 10.1111/j.2042-3306.1991.tb02706.x.

Culbertson, R., & Osburn, B. I. (1980). The Biologic Effects of Bacterial Endotoxin: A Short Review. Veterinary Research Communications, 4, 3–14. DOI: 10.1007/BF02278476.

Denkovich, B. S., Pivtorak, Y. I., Gordiychuk, N. M., Gutyj, B. V., & Leskiv, Kh. Ya. (2021). The effect of probiotic feed bio additive "Progal" on scar fermentation in dairy cows. Colloquium-journal, 22(109), 63–66. DOI: 10.24412/2520-6990-2021-22109-63-66.

Eades, S. C. (1993). Endotoxemia in dairy cattle: role of eicosanoids in reticulorumen stasis. Journal of dairy science, 76, 414–420. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(93)77361-0.

Grymak, Y., Skoromna, O., Stadnytska, O., Sobolev, O., Gutyj, B., Shalovylo, S., Hachak, Y., Grabovska, O., Bushueva, I., Denys, G., Hudyma, V., Pakholkiv, N., Jarochovich, I., Nahirniak, T., Pavliv, O., Farionik, T., & Bratyuk, V. (2020). Influence of "Thireomagnile" and "Thyrioton" preparations on the antioxidant status of pregnant cows. Ukrainian Journal of Ecology, 10(1), 122–126. DOI: 10.15421/2020_19.

Gutyj, B. V., Murs'ka, S. D., Gufrij, D. F., Hariv, I. I., Levkivs'ka, N. D., Nazaruk, N. V., Gajdjuk, M. B., Pryjma, O. B., Bilyk, O. J., & Guta, Z. A. (2016). Influence of cadmium loading on the state of the antioxidant system in the organism of bulls. Visnyk of Dnipropetrovsk University. Biology, ecology, 24(1), 96–102. DOI: 10.15421/011611.

Gutyj, B., Grymak, Y., Drach, M., Bilyk, O., Matsjuk, O., Magrelo, N., Zmiya, M., & Katsaraba, O. (2017). The impact of endogenous intoxication on biochemical indicators of blood of pregnant cows. Regulatory Mechanisms in Biosystems, 8(3), 438–443. DOI: 10.15421/021768.

Gutyj, B., Khariv, I., Binkevych, V., Binkevych, O., Levkivska, N., Levkivskyj, D., & Vavrysevich, Y. (2017). Research on acute and chronic toxity of the experimental drug Amprolinsyl. Regulatory Mecha-nisms in Biosystems, 8(1), 41–45. DOI: 10.15421/021708.

Gutyj, B., Martyshuk, T., Khalak, V., Zezekalo, M., Omelchenko, O., Todoriuk, V., Khymynets, P., Vyslotska, L., Vus, U., & Prysiazhniuk, V. (2023). The influence of feed additive "Sylimevit" on indicators of the immune system of piglets at weaning. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences, 25(110), 104–109. DOI: 10.32718/nvlvet11017.

Gutyj, B., Voloshyn, R., Stybel, V., Verveha, B., Sachuk, R., Starostenko, I., Mylostyvyi, R., Kushnir, V., Mazur, I., Khariv, I., Turko, Y., Khalak, V., & Magrelo, V. (2023). The state of the immune system of rats under conditions of oxidative stress and the influence of the feed additive "Sylimevit". Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences, 25(110), 131–136. DOI: 10.32718/nvlvet11022.

Hrymak, Ya. I. (2015). Effect of endotoxicosis on the morphological and bichemical blood indices of pregnant cows. Biolohiia tvaryn, 17(4), 49–54. URL: https://aminbiol.com.ua/20154pdf/6.pdf.

Klimkovetskaya, L., Karpovskyi, V., Gutyj, B., & Hryshchuk, I. (2024). Relationship of calcium and phosphorus content with indicators of reproductive ability in cattle. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medi-cine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences, 26(113), 184–188. DOI: 10.32718/nvlvet11328.

Kraievskyi, A. Y. (2000). Pokaznyky endotoksykozu u sukhostiinykh koriv z riznym perebihom pisliarodovoho periodu. Visnyk Bilotserkiv. derzh. ahrar. un-tu, 2000, 61–64 (in Ukrainian).

Kuljaba, O., Stybel, V., Gutyj, B., Peleno, R., Semaniuk, V., Busol, L., Leskiv, K., Semaniuk, N., Pryima, O., Mazur, I., & Turko, Y. (2022). The effect of butaselmevit and closaverm A on the immune status of cows with experimental fasciolosis sensitized by atypical mycobacteria. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences, 24(108), 82–85. DOI: 10.32718/nvlvet10812

Levchenko, V. I., Sakhniuk, V. V., & Holub, O. Yu. (2005). Efektyvnist zastosuvannia vitaminno-mineralnoho premiksu dlia profilaktyky metabolichnykh khvorob u vysokoproduktyvnykh koriv. Nauk. tekh. biul. IBT. Lviv, 6(3-4), 223–227 (in Ukrainian).

Lozynskyi, I., Gutyj, B., Ivashkiv, R., Ilchyshyn, M., Mar-tyshuk, T., Todoriuk, V., Dashkovskyi, O., Magrelo, N., Sus, H., Voroniak, V., & Vus, U. (2023).

The state of the body's immune system of beef cows with signs of endo-toxicosis. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences, 25(112), 78–82. DOI: 10.32718/nvlvet11213.

Martyshuk, T. V., & Hutyi, B. V. (2021). Imunofiziolo-hichnyi stan ta antyoksydantnyi potentsial orhaniz-mu porosiat za umov oksydatsiinoho stresu ta dii koryhuiuchykh chynnykiv: monohrafiia. Lviv: SPOLOM (in Ukrainian).

Mylostyvyi, R., Izhboldina, O., Midyk, S., Gutyj, B., Marenkov, O., & Kozyr, V. (2023). The Relation-ship be-tween Warm Weather and Milk Yield in Holstein Cows. World Vet. J., 13(1), 134–143. DOI: 10.54203/scil.2023.wvj14.

Mylostyvyi, R., Lesnovskay, O., Karlova, L., Khmeleva, O., Kalinichenko, O., Orishchuk, O., Tsap, S., Begma, N., Cherniy, N., Gutyj, B., & Izh-boldina, O. (2021). Brown Swiss cows are more heat resistant than Hol-stein cows under hot summer conditions of the continental climate of Ukraine. J Anim Behav Biometeorol, 9(4), 2134. DOI: 10.31893/jabb.21034.

Mylosyvyi, R., Skliarov, P., Izhboldina, O., Chernenko, O., Lieshchova, M., Gutyj, B., Marenkov, O., & Eddine Rahmoun, D. (2024). The effectiveness of an automated heat detection system in Brown Swiss heifers when using sexed semen at a large dairy unit. Veterinarska stanica, 55(2), 157–167. DOI: 10.46419/vs.55.2.7.

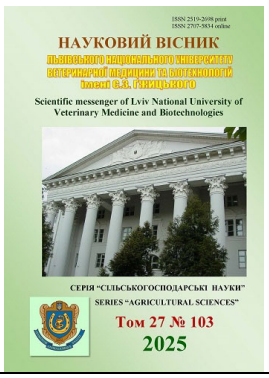
Shcherba, V. V., & Korda, M. M. (2019). Zminy pokaznykiv endohennoi intoksykatsii u shchuriv z parodontytom na tli hiper- ta hipotyreozu. Eksperymentalna i klinichna medytsyna, 83(2), 4–11. DOI: 10.35339/ekm.2019.83.02.01 (in Ukrainian).

Sidashova, S., Gutyj, B., Martyshuk, T., & Shnaider, V. (2024). Chronic latent inflammatory processes of reproductive organs of dairy cows. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotech-nologies. Series: Veterinary Sciences, 26(113), 202–211. DOI: 10.32718/nvlvet11330.

Slivinska, L. G., Vlizlo, V. V., Shcherbatyy, A. R., Lukashchuk, B. O., Gutyj, B. V., Drach, M. P., Lychuk, M. G., Maksymovych, I. A., Leno, M. I., Rusyn, V. I., Chernushkin, B. O., Fedorovych, V. L., Zinko, H. O., Prystupa, O. I., & Yaremchuk, V. Y. (2021). Influence of heavy metals on metabolic processes in cows. Ukrainian Journal of Ecology, 11(2), 284–291. DOI: 10.15421/2021_112.

Vlizlo, V. V. (2012). Laboratorni metody doslidzhen u biolohiyi, tvarynnytstvi ta veterynarniy medytsyni [Laboratory methods of investigation in biology, stock-breeding and veterinary]. Spolom, Lviv (in Ukrainian).

Zaviriukha, V. I., Stefanyk, V. Yu., Kudla, I. M., & Kudla, Yu. M. (2009). Endotoksykoz tilnykh koriv i efektyvnist preventyvnoi terapii. Naukovyi visnyk NU bioresursiv ta pryrodokorystuvannia Ukrainy, 136, 245–251 (in Ukrainian).



Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького. Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences

ISSN 2519–2698 print
ISSN 2707-5834 online
doi: 10.32718/nvlvet-a10323
https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture

UDC 636.5:636.661.155.3

Productivity of broiler chickens at different levels of selenomethionine addition in compound feed

I. I. Khabinets✉

Vinnytsia national agrarian university, Vinnytsia, Ukraine

Article info

Received 14.07.2025
Received in revised form 18.08.2025
Accepted 19.08.2025

Vinnytsia National Agrarian University, Soniachna Str., 3, Vinnytsia, 21008, Ukraine.
Tel.: +38-068-816-74-85
E-mail: habiznes92@gmail.com

Khabinets, I. I. (2025). Productivity of broiler chickens at different levels of selenomethionine addition in compound feed. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 27(103), 201–205. doi: 10.32718/nvlvet-a10323

Mineral nutrition is a key factor in ensuring normal metabolism, growth, immune system development, and maintenance of the antioxidant status of poultry. Selenium, as one of the essential trace elements, plays a role in protecting cells from oxidative stress, regulating enzymatic activity, and increasing resistance to stress factors. This article presents the results of a study on the effect of different levels of organic selenium – selenomethionine – added to compound feed on the performance of Cobb-500 broiler chickens. Selenomethionine is a bioavailable organic form of selenium, structurally similar to the amino acid methionine, which ensures its efficient absorption and incorporation into the proteins of the organism. The aim of this work was to determine the optimal dose of selenomethionine that contributes to improved growth performance, bird survival, and feed utilization efficiency. The experiment was conducted under production conditions over 42 days, with the rearing period divided into three standard phases: starter (1–14 days), grower (15–28 days), and finisher (29–42 days). Three groups of 50 birds each were formed using the principle of analogs. The control group received a complete compound feed without selenium supplementation. In the experimental groups, the feed was enriched with selenomethionine at doses of 0.3 mg/kg and 0.5 mg/kg. Live body weight, average daily gain, feed conversion ratio, and flock survival rate were evaluated. The results showed that both doses of selenomethionine ensured a significant increase in live weight (by 4.4 % and 7.3 %) and average daily gain (by 4.4 % and 7.3 %) compared to the control. Moreover, feed conversion improved, with feed consumption per 1 kg of gain reduced by 3.4 % and 5.1 %, respectively. The survival rate in the experimental groups reached 98 %, compared to 96% in the control group. The obtained results indicate the feasibility of using selenomethionine in compound feeds as an effective means of increasing broiler productivity. The optimal dose for practical application was determined to be 0.5 mg/kg of compound feed.

Keywords: *broiler chickens, selenomethionine, productivity, live weight, feed efficiency, safety.*

Продуктивність курчат-бройлерів за різного рівня введення селенометіоніну в комбікорми

І. І. Хабінець✉

Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, Україна

Мінеральне живлення є ключовим чинником забезпечення нормального обміну речовин, росту, формування імунної системи та підтримки антиоксидантного статусу птиці. Селен, як один з життєво важливих мікроелементів, бере участь у захисті клітин від оксидативного стресу, регуляції ферментативної активності та підвищенні стійкості до стресових чинників. У статті висвітлено результати дослідження впливу різного рівня введення органічної форми селену – селенометіоніну до складу комбікормів на продуктивність курчат-бройлерів кросу Кобб-500. Селенометіонін є біодоступною органічною формою мікроелемента, структурно спорідненою до амінокислоти метіоніну, що забезпечує його ефективне засвоєння та включення до білків організму. Метою роботи було визначення оптимальної дози селенометіоніну, що сприяє підвищенню показників росту,

збереженості птиці та ефективності використання кормів. Експеримент проводився в умовах виробничого птахогосподарства протягом 42 днів із поділом періоду вирощування на три стандартні фази: старт (1–14 днів), гровер (15–28 днів) і фінішер (29–42 дні). Для досліду було сформовано три групи по 50 голів за принципом аналогів. Контрольна група отримувала повноцінний комбікорм без додавання селену. У дослідних групах комбікорми збагачували селенометіоніном у дозах 0,3 мг/кг та 0,5 мг/кг. Визначали живу масу, середньодобовий приріст, витрати корму на 1 кг приросту, збереженість поголів'я. У результаті встановлено, що обидві дози селенометіоніну забезпечували достовірне підвищення живої маси (на 4,4 % і 7,3 %) та середньодобового приросту (на 4,4 % і 7,3 %) порівняно з контролем. Крім того, спостерігалося зниження витрат корму відповідно на 3,4 % та 5,1 %. Збереженість у дослідних групах досягала 98 % проти 96 % у контролі. Отримані результати свідчать про доцільність застосування селенометіоніну у складі комбікормів як ефективного засобу підвищення продуктивності бройлерів. Оптимальною дозою для практичного використання визначено рівень 0,5 мг/кг комбікорму.

Ключові слова: *курчата-бройлери, селенометіонін, продуктивність, жива маса, кормова ефективність, збереженість.*

Вступ

У сучасному птахівництві особлива увага приділяється технологіям, здатним максимально розкрити генетично обумовлену продуктивність птиці. Сучасна інтенсивна технологія вирощування курчат-бройлерів вимагає оптимального забезпечення організму птиці поживними та біологічно активними речовинами, зокрема мікроелементами.

Зменшення вмісту мікроелементів у ґрунтах окремих регіонів зумовлює їх дефіцит у кормовій сировині, що, своєю чергою, підвищує актуальність застосування мікроелементних добавок у комбікормах для сільськогосподарської птиці. Одним із важливих мікроелементів, що впливають на продуктивність і життєздатність бройлерів, є селен. Селен є одним із критично важливих мікроелементів у раціонах сільськогосподарської птиці, оскільки впливає на ріст, репродуктивну функцію, стійкість до стресів і загальний фізіологічний стан, а його точне дозування в кормах є необхідною умовою для забезпечення високої продуктивності та збереження здоров'я птиці в умовах сучасного птахівництва (Oropeza-Moe et al., 2015; Sobolieva et al., 2020; Mylostyvyi et al., 2025; Xu et al., 2025; Sobolev et al., 2025).

Він виконує низку життєво важливих функцій, зокрема бере участь у захисті клітин від оксидативного стресу, забезпечує нормальне функціонування імунної системи та підтримку обміну речовин (Polishchuk & Bulavkina, 2010; Poberezhets et al., 2024).

Незважаючи на низький рівень накопичення в організмі, селен має важливе значення для підтримання життєво важливих функцій птиці (Soboliev, 2002; Chudak et al., 2021; Sobolev et al., 2021; 2022; 2024).

Традиційно для збагачення комбікормів використовуються неорганічні форми селену, такі як натрій селеніт. Однак вони мають обмежену біодоступність і можуть чинити токсичний вплив при передозуванні. У зв'язку з цим, усе більшого значення набувають органічні форми селену, зокрема селено-метіонін – комплекс амінокислоти метіоніну з атомом селену (Pecoraro et al., 2022). Завдяки природній спорідненості до метаболічних процесів організму, селенометіонін краще засвоюється, має вищу біодоступність та знижує ризик токсичних ефектів.

Запровадження селенометіоніну в годівлю курчат-бройлерів може сприяти покращенню ростових показників, збереженню поголів'я, підвищенню стійкості до стресових чинників та оптимізації витрат на виробництво продукції. Однак потреба у чітко обґрунтованих дозах та оцінка впливу різних рівнів введення селенометіоніну на продуктивність бройлерів потребує детального експериментального дослідження.

Мета дослідження

Метою роботи є визначення оптимальної дози селенометіоніну в комбікормах для курчат-бройлерів кросу Кобб-500 та оцінка його впливу на показники росту та збереження птиці.

Матеріали і методи досліджень

Селенометіонін – це органічна сполука, яка є природною формою селену, зв'язаного з амінокислотою метіоніном. Завдяки цій структурі селен у складі селенометіоніну засвоюється організмом тварин значно ефективніше, ніж неорганічні форми (наприклад, селеніт натрію) (табл. 1).

Дослідження проводилось у виробничих умовах на курчатах-бройлерах кросу Кобб-500 в період їх вирощування від 1 до 42-денного віку. Птиця утримувалася в однакових умовах годівлі, утримання та мікроклімату відповідно до загальноприйнятих норм (Ibatullin et al., 2017).

Було сформовано три групи птиці за принципом аналогів (за живою масою, статтю, станом здоров'я), по 50 голів у кожній групі (табл. 2).

Контрольна група – отримувала повноцінний комбікорм без додавання селенометіоніну.

У складі комбікормів обох дослідних груп використовували органічну форму селену – селенометіонін. Курчата першої дослідної групи отримували комбікорм із додаванням селенометіоніну в дозі 0,3 мг/кг корму, що відповідає стандартній нормі забезпечення селеном. Птиці другої дослідної групи згодовували комбікорм із підвищеним вмістом селенометіоніну – 0,5 мг/кг корму.

У ході експерименту проводили оцінювання продуктивних показників курчат-бройлерів за такими основними критеріями: приріст живої маси, г – визначали як різницю між початковою та кінцевою масою тіла птиці у встановлені контрольні дні; середньодобовий приріст маси тіла, г/добу – розраховували діленням абсолютного приросту на кількість днів вирощування; витрати корму на 1 кг приросту, кг – визначали співвідношенням загальної кількості спожитого корму до приросту живої маси; збереженість птиці, % – встановлювали за

співвідношенням кількості збережених голів до початкової чисельності поголів'я на початку досліду.

Зважування птиці проводили індивідуально у віці 1, 14, 28 та 42 днів. Щоденний облік падежу та відбору поголів'я вівся з метою контролю збереженості птиці.

Статистичну обробку отриманих результатів здійснювали з використанням дисперсійного аналізу (ANOVA). Додатково визначали середні значення та стандартні відхилення. Різницю між показниками у дослідних групах вважали достовірною при рівні значущості P < 0,05.

Таблиця 1
Характеристика селенометіоніну

Показник	Характеристика
Колір	Білий або злегка кремовий порошок
Консистенція	Дрібнодисперсний, однорідний порошок без грудок
Запах	Характерний легкий амінокислотний запах або практично без запаху.
Смак	Нейтральний або слабко виражений
Розчинність	Добре розчиняється у воді
Гігроскопічність	Помірна, при тривалому зберіганні в умовах підвищеної вологості може злегка злежуватися.
Стабільність	Стабільний за умов правильного зберігання (у сухому, темному місці при температурі не вище 25 °C).
Біологічні особливості	Селенометіонін легко всмоктується у шлунково-кишковому тракті і вбудовується в структуру білків організму, що забезпечує пролонговану дію селену. Використовується для підтримки антиоксидантного статусу, стимуляції росту, покращення імунітету та загальної продуктивності курчат-бройлерів. Знижує ризик дефіциту селену, сприяє підвищенню життєздатності птиці та поліпшенню якості м'яса.

Таблиця 2
Характеристика селенометіоніну

Група	Характеристика годівлі
1 – контрольна	ОР (повнораціонний комбікорм)
2 – дослідна	ОР + селенометіонін у дозі 0,3 мг/кг корму
3 – дослідна	ОР + селенометіонін у дозі 0,5 мг/кг корму

Результати

У ході дослідження встановлено, що включення до складу комбікормів органічної форми селену – селенометіоніну – позитивно вплинуло на продуктивні показники курчат-бройлерів. На 42-й день вирощування жива маса птиці в обох дослідних групах достовірно перевищувала аналогічний показник контрольної групи (P < 0,05), що свідчить про ефективність використання селенометіоніну в годівлі (табл. 3).

Зокрема, середня жива маса бройлерів контрольної групи становила 2600 г, тоді як у першій дослідній групі, де селенометіонін додавали в дозі 0,3 мг/кг комбікорму, цей показник зріс до 2715 г, що на 115 г (4,4 %) більше порівняно з контролем. У другій дослідній групі, якій згодовували комбікорм із підвищеною дозою селенометіоніну (0,5 мг/кг), жива маса склала 2790 г – на 190 г (7,3 %) вище порівняно з контрольною.

Таблиця 3
Вплив додавання селенометіоніну до комбікорму на живу масу та середньодобовий приріст курчат-бройлерів (n = 50)

Група	Жива маса на 42-й день, г (M ± m)	Середньодобовий приріст, г/добу (M ± m)	Відхилення живої маси від КГ, г (%)
1 – контрольна	2600 ± 16,3	61,9 ± 0,39	–
2 – дослідна	2715 ± 15,7*	64,6 ± 0,38*	+115 (+4,4%)
3 – дослідна	2790 ± 17,2*	66,4 ± 0,41*	+190 (+7,3%)

Примітка: *P < 0,05

Аналогічна динаміка спостерігалась і за показником середньодобового приросту. У контрольній групі він становив 61,9 г/добу, тоді як у першій дослідній – 64,6 г/добу, а у другій дослідній – 66,4 г/добу. Отримані результати свідчать про стимулювальний вплив селену у формі селенометіоніну на інтенсивність росту бройлерів. При цьому підвищена доза добавки (0,5 мг/кг) забезпечила найбільш виражений ефект.

Таким чином, включення селенометіоніну до раціону курчат-бройлерів сприяє покращенню їх ростових характеристик, причому оптимізація дози дозволяє досягти кращих результатів без перевищення допустимих норм введення мікроелементу.

Одним із важливих показників ефективності годівлі є витрати корму на одиницю приросту живої маси. У ході дослідження встановлено, що додавання селенометіоніну до комбікорму позитивно вплинуло на цей показник у дослідних групах (табл. 4).

У контрольній групі витрати корму на 1 кг приросту становили 1,75 кг. У першій дослідній групі, де селен вводили в дозі 0,3 мг/кг, цей показник знизився до 1,69 кг, що на 3,4% менше порівняно з контролем. У другій дослідній групі, яка отримувала підвищену дозу селенометіоніну (0,5 мг/кг), витрати корму знизилися до 1,66 кг, що на 5,1% менше, ніж у контрольній групі.

Таблиця 4
Витрати корму на 1 кг приросту живої маси у курчат-бройлерів залежно від дози селенометіоніну

Група	Витрати корму на 1 кг приросту, кг	Відхилення, кг (%)
1 – контрольна	1,75	–
2 – дослідна	1,69	–0,06 (–3,4%)
3 – дослідна	1,66	–0,09 (–5,1%)

Зниження витрат корму на одиницю приросту свідчить про підвищення ефективності використання поживних речовин за рахунок включення селенометіоніну, що може мати вагоме економічне значення при промисловому вирощуванні курчат-бройлерів.

Збереженість поголів'я є одним із ключових показників біологічної та технологічної ефективності вирощування курчат-бройлерів. У ході досліду встановлено, що включення селенометіоніну до складу комбікорму сприяло покращенню збереженості птиці.

У контрольній групі збереженість склала 96 %, що відповідає середнім виробничим нормам. У першій та другій дослідних групах, де до раціону вводили селенометіонін у дозах 0,3 мг/кг та 0,5 мг/кг відповідно, цей показник зріс до 98 %. Таким чином, збереженість у дослідних групах була на 2% вищою порівняно з контролем.

Отримані результати можуть свідчити про позитивний вплив селену в органічній формі на стан імунної системи, стійкість до стресу та загальну резистентність організму курчат-бройлерів.

Обговорення

Отримані результати свідчать про позитивний вплив органічної форми селену – селенометіоніну – на продуктивні показники курчат-бройлерів, що узгоджується з численними попередніми науковими дослідженнями. Зокрема, встановлено достовірне підвищення живої маси, середньодобового приросту, зниження витрат корму на 1 кг приросту та покращення збереженості поголів'я при застосуванні добавки у дозах 0,3 і 0,5 мг/кг.

Селен як мікроелемент відіграє ключову роль у підтримці антиоксидантного статусу, оскільки входить до складу ферменту глутатіонпероксидази (Surai, 2002; Arthur et al., 2003), що нейтралізує вільні радикали, знижуючи рівень оксидативного стресу. Саме ця властивість, на думку дослідників, сприяє підвищенню збереженості птиці (Surai et al., 2006; Kovalenko et al., 2008).

Органічна форма селену має вищу біодоступність порівняно з неорганічними солями, зокрема натрію селенітом. За даними Surai (2006), біодоступність селенометіоніну може досягати 95 %, тоді як для неорганічних форм вона не перевищує 50–60 %. Це зумовлено його структурною спорідненістю до метіоніну, що забезпечує ефективне включення до білків організму (Rayman, 2012).

Подібні ефекти впливу селенометіоніну на приріст живої маси були відзначені в роботі (Xu et al., 2015; Sobolev et al., 2021), де оптимальні дози селену варіювали в межах 0,2–0,4 мг/кг корму. При цьому надмірне дозування (понад 1 мг/кг) може мати токсичну дію, що підтверджується дослідженнями (Lyons et al., 2007).

Наші результати також співпадають із даними досліджень (Wickramasuriya et al., 2023), де відзначено, перевагу органічної форми селену над неорганічною (натрію селеніт) у підвищенні стійкості організму, забезпеченні антиоксидантного захисту та покращенні показників росту і якості продукції у бройлерів.

Дослідження (Poberezhets et al., 2023) підтверджують наші дослідження, а саме, застосування селеновмісної кормової добавки у раціоні курчат-бройлерів забезпечило суттєве зростання продуктивних показників. Зокрема, жива маса зросла на 4,9 %, середньодобовий приріст – на 4,8 %, а абсолютний приріст – на 5,0 %, що свідчить про ефективну стимуляцію росту.

Таким чином, дослідження підтверджує доцільність використання селенометіоніну як високоефективного біологічно активного компоненту комбікормів для курчат-бройлерів. Найвищі показники ефективності спостерігалися при дозі 0,5 мг/кг, що узгоджується з даними більшості досліджень і може бути рекомендовано для практичного застосування.

Висновки

Застосування органічної форми селену у вигляді селенометіоніну – у комбікормах для курчат-бройлерів позитивно вплинуло на їхню продуктивність, ефективність використання корму та збереженість поголів'я. Найвищі показники живої маси, середньодобового приросту, зниження витрат корму та підвищення збереженості відзначено у групі, що отримувала селенометіонін у дозі 0,5 мг/кг корму. Отримані результати дозволяють рекомендувати цю дозу як оптимальну для годівлі курчат-бройлерів з метою підвищення продуктивності та економічної ефективності вирощування.

Відомості про конфлікт інтересів

Автор стверджує про відсутність конфлікту інтересів.

References

Arthur, J. R., McKenzie, R. C., & Beckett, G. J. (2003). Selenium in the immune system. The Journal of nutrition, 133(5 Suppl 1), 1457S–9S. DOI: 10.1093/jn/133.5.1457S.

Chudak, R. A., Poberezhets, Yu. M., Lotka, H. I., & Kupchuk, I. M. (2021). Suchasni kormovi dobavky u hodivli ptytsi. Monohrafiia. Vinnytsia: Tvory. URL: https://repository.vsau.org/getfile.php/30392.pdf (in Ukrainian).

Frost, D. V. (1965). Selenium and poultry. An exercise in nutrition toxicology which involves arsenic. World's poultry science journal, 21(2), 139–156. DOI: 10.1079/wps19650015.

Ibatullin I.I., Zhukorskyi O.M., & Bashchenko I. (2017). Metodolohiia ta orhanizatsiia naukovykh doslidzhen u tvarynnytstvi. Ahrarna Nauka: Kyiv (in Ukrainian).

Kovalenko, M. V., Stepchenko, L. M., Shevtsova, A. I., Brazaluk, O. Z., & Surai, P. F. (2008). Vplyv

selenovmisnykh dobavok na formuvannia rezystentnosti u kurei. Fiziolohichnyi zhurnal, 54(1), 69–73. URL: https://fz.kiev.ua/journals/2008_V.54/Fiziologichnyi%20Zhurnal%2054(1)_2008/Fiziologichnyi%20Zhurnal%2054(1)_2008_69-73.pdf (in Ukrainian).

Lyons, M. P., Papazyan, T. T., & Surai, P. F. (2007). Selenium in food chain and animal nutrition: Lessons from nature. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 20(7), 1135–1155. DOI: 10.5713/ajas.2007.1135.

Mylostyvyi, R., Tsap, S., Pokhyl, O., Gutyj, B., Kozyr, V., Lesnovskay, O., Sanzhara, R., Pryshedko, V., Mykolaichuk, L., Dochkin, D., & Mylostyva, D. (2025). Quality of broiler chicken meat slaughtered in compliance with halal require-ments. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 27(102), 35–40. DOI: 10.32718/nvlvet-a10205.

Oropeza-Moe, M., Wisløff, H., & Bernhoft, A. (2015). Selenium deficiency associated porcine and human cardiomyopathies. Journal of trace elements in medicine and biology : organ of the Society for Minerals and Trace Elements (GMS), 31, 148–156. DOI: 10.1016/j.jtemb.2014.09.011.

Pecoraro, B. M., Leal, D. F., Frias-De-Diego, A., Browning, M., Odle, J., & Crisci, E. (2022). The health benefits of selenium in food animals: a review. Journal of animal science and biotechnology, 13(1), 58. DOI: 10.1186/s40104-022-00706-2.

Poberezhets, J., Chudak, R., Ohorodnichuk, G., Hasidzhak, I., Kovernega, O., & Barabash, S. (2024). Productivity of broilers using a mineral feed additive. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 26(100), 88–92. DOI: 10.32718/nvlvet-a10013.

Poberezhets, J., Ohorodnichuk, G., Razanova, O., Gutyj, B., Skoromna, O., & Farionik, T. (2023). Effect of mineral feed additive on productivity of broiler chickens. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences, 25(111), 23–27. DOI: 10.32718/nvlvet11104.

Polishchuk, A. A., & Bulavkina, T. P. (2010). Suchasni kormovi dobavky v hodivli tvaryn ta ptytsi. Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii, 2, 63–66 (in Ukrainian).

Rayman, M. P. (2012). Selenium and human health. Lancet (London, England), 379(9822), 1256–1268. DOI: 10.1016/S0140-6736(11)61452-9.

Sobolev, O., Gutyj, B., Kuzmenko, P., Riznychuk, I., Kyshlaly, O., & Sobolieva, S. (2022). Selenium and its modeling effect on the body of young geese. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 24(96), 61–69. DOI: 10.32718/nvlvet-a9608.

Sobolev, O., Gutyj, B., Nedashkivsky, V., Sobolieva, S., Liskovich, V., Tkachenko, S., & Vus, U. (2024). Mathematical justification of the optimal rate of selenium introduction into mixed feed for broiler chickens. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 26(100), 27–36. DOI: 10.32718/nvlvet-a10004.

Sobolev, O., Gutyj, B., Petryshak, R., Petryshak, O., Sobolieva, S., Herasymenko, V., & Sokolyuk, V. (2025). Use of selenium-containing preparations in industrial duck farming. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 27(102), 311–318. DOI: 10.32718/nvlvet-a10244.

Sobolev, O., Gutyj, B., Sobolieva, S., Kuzmenko, P., Riznychuk, I., & Kyshlaly, O. (2025). The effect of selenium on the level of glutathione in the blood of young farm poultry of meat production direction. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 27(102), 19–26. DOI: 10.32718/nvlvet-a10203.

Sobolev, O., Gutyj, B., Zasukha, Y., Karkach, P., Fesenko, V., Bilkevych, V., Kuzmenko, P., Mashkin, Y., & Sobolieva, S. (2021). Modeling effect of selenium on broiler chickens' body. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 23(95), 128-135. DOI: 10.32718/nvlvet-a9519.

Sobolev, O., Sliusarenko, S., Sliusarenko, A., Petryshak, R., Golodyuk, I., Naumyuk, O., Petryshak, O., & Kuliaba, O. (2021). The influence of selenium additives in compound feed on the chemical composition, energy and biological value of ducklings meat. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 23(94), 3–8. DOI: 10.32718/nvlvet-a9401.

Soboliev, O. I. (2002). Biolohichne znachennia selenu ta zastosuvannia yoho u hodivli silskohospodarskoi ptytsi. Visnyk ahrarnoi nauky Prychyrnomoria, 6, 151–156 (in Ukrainian).

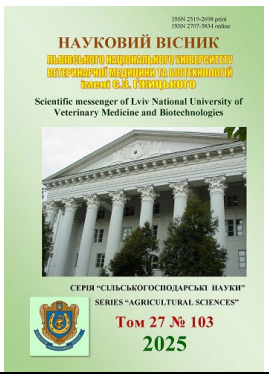
Sobolieva, S., Gutyj, B., & Sobolev, O. (2020). Changes in goslings' blood pattern under the influence of different doses additives of selenium in forages. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 22(92), 50–55. DOI: 10.32718/nvlvet-a9209.

Surai, P. F. (2006). Selenium in Nutrition and Health. Nottingham, Nottingham University Press, 400–404. URL: https://books.google.com.ua/books/about/ Selenium_in_Nutrition_and_Health.html?id=LtQlQtaF4_4C&redir_esc=y.

Wickramasuriya, S. S., Park, I., Lee, Y., & Lillehoj, H. S. (2023). Effect of Dietary Organic Selenium on Growth Performance, Gut Health, and Coccidiosis Response in Broiler Chickens. Animals : an open access journal from MDPI, 13(9), 1560. DOI: 10.3390/ani13091560.

Xu, S., Lee, S. H., Lillehoj, H. S., Hong, Y. H., & Bravo, D. (2015). Effects of dietary selenium on host response to necrotic enteritis in young broilers. Research in veterinary science, 98, 66–73. DOI: 10.1016/j.rvsc.2014.12.004.

Xu, Z. J., Ren, F. Z., Zhang, Z. W., Xu, S. W., & Huang, J. Q. (2025). Advances of Selenium in Poultry Nutrition and Health. The Journal of nutrition, 155(3), 676–689. DOI: 10.1016/j.tjnut.2025.01.014.



Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького. Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences

ISSN 2519–2698 print
ISSN 2707-5834 online

doi: 10.32718/nvlvet-a10324
https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture

UDC 502/504:631.95:551.58

The place of agrobiodiversity in the face of increasing climate risks

R. P. Paranjak, V. V. Petruniv, B. M. Kalyn✉, O. P. Sukhorska, S. Z. Tsiolkovskyi, N. A. Lytvyn

Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, Lviv, Ukraine

Article info

Received 17.07.2025
Received in revised form 18.08.2025
Accepted 19.08.2025

Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, Pekarska Str., 50, Lviv, 79010, Ukraine.
Tel.: +38-096-289-52-40
E-mail: dana24b@ukr.net

Paranjak, R. P., Petruniv, V. V., Kalyn, B. M., Sukhorska, O. P., Tsiolkovskyi, S. Z., & Lytvyn, N. A. (2025). The place of agrobiodiversity in the face of increasing climate risks. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 27(103), 206–213. doi: 10.32718/nvlvet-a10324

The article examines the role of agrobiodiversity under increasing climate risks using materials related to agriculture in the Lviv region as a case study. In the course of studying agrobiodiversity in the Lviv region, a comprehensive approach was applied, combining statistical data analysis, biodiversity index assessment, comparative-geographical analysis, and elements of agroclimatic analysis. The main focus is placed on the quantitative assessment of species (crop) diversity in the crop production sector, as it is the most reliably represented in available sources of official statistics. It is demonstrated that biodiversity in agroecosystems is an important factor in ensuring their functional stability and a complex multi-level phenomenon that can be analyzed with varying degrees of detail. Three key subtypes of agrobiodiversity are distinguished—associated, wild, and genetic—each performing specific functions in maintaining the productivity and resilience of agroecosystems. It is noted that the structure of agricultural land use in the Lviv region is generally similar to European models, and the trends in changes of genetic biodiversity indicators in crop production of the region are evaluated. The study emphasizes the interrelationship between global climate change and agricultural development. Although its manifestations in the region are currently relatively moderate, crop production shows high sensitivity to weather factors. The instability of climatic conditions, the occurrence of extreme events, and disruptions of long-term cycles lead to increasing risks in the agricultural sector. It is stated that diversification of crop composition and the use of a wide range of varieties within individual crops make it possible to partially compensate for the negative impacts of climate change. The importance of agrobiodiversity as an instrument of agricultural adaptation to new climatic conditions is significantly increasing, which requires further research and consideration in agro-sector development strategies.

Keywords: *agrobiodiversity, agrometeorology, crop yield, climate change.*

Місце агробіорізноманіття в умовах посилення кліматичних ризиків

Р. П. Параняк, В. В. Петрунів, Б. М. Калин✉, О. П. Сухорська, С. З. Ціолковський, Н. А. Литвин

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Ґжицького, м. Львів, Україна

У статті розглянуто роль агробіорізноманіття в умовах зростання кліматичних ризиків на прикладі матеріалів, що стосуються сільського господарства Львівської області. У процесі дослідження агробіорізноманіття Львівської області застосовано комплексний підхід, який поєднує аналіз статистичних даних, індексне оцінювання біорізноманіття, порівняльно-географічний аналіз та елементи агрокліматичного аналізу. Основну увагу приділено кількісній оцінці видового (культурного) різноманіття в секторі рільництва, як найбільш достовірно представленому у доступних джерелах офіційної статистики. Показано, що біорізноманіття агроекосистем є важливим чинником стабільності їх функціонування та складним багаторівневим феноменом, який може аналізуватися з різним ступенем деталізації. Виокремлено три ключові підвиди агробіорізноманіття – асоційоване, дике та генетичне, кожне з яких виконує специфічні функції у підтриманні продуктивності та стійкості агросистем. Відзначено, що структура земель сільськогосподарського призначення у Львівській області загалом наближена до європейських моделей, оцінено тенденції зміни показників генетичного біорізноманіття у рільництві області. У роботі підкреслюється взаємозв'язок між глоба-

льними кліматичними змінами та розвитком сільського господарства. Хоча їхні прояви в регіоні наразі є відносно помірними, рослинництво виявляє високу чутливість до погодних факторів. Нестабільність кліматичних умов, поява екстремальних явищ і порушення багаторічних циклів зумовлюють зростання ризиків у аграрній сфері. Зазначається, що диверсифікація культурного складу та використання широкого спектра сортів в межах окремих культур дозволяє частково компенсувати негативний вплив кліматичних змін. Значення агробіорізноманіття як інструменту адаптації сільського господарства до нових кліматичних умов суттєво зростає, що потребує подальших досліджень і врахування у стратегіях розвитку агросфери.

Ключові слова: *агробіорізноманіття, агрометеорологія, урожайність, кліматичні зміни*

Вступ

Сільське господарство є основоположним фактором розвитку та стабільності суспільства. Постійне та ефективне функціонування агросектору є запорукою продовольчої безпеки. Проте успіх аграрного виробництва багато в чому залежить від обставин, що не підлягають контролю. Насамперед це погодні умови, від яких безпосередньо залежить урожай. З метою мінімізації ризиків, зумовлених природними чинниками, та підвищення стійкості агровиробництва важливу роль відіграють наукові підходи до аналізу взаємозв'язків між сільським господарством та навколишнім середовищем. Однією з таких міждисциплінарних галузей є агрометеорологія, яка має понад сторічний період становлення і розвитку. Агрометеорологія інтегрує до свого предметного поля результати досліджень у галузях метеорології, кліматології, ґрунтознавства, агрономії, фізіології рослин, екології, статистики та інших наук. Із часом спостереження за станом ґрунту та посівів перейшли від якісного, описового рівня до кількісних методів аналізу, що включають дистанційне зондування, супутниковий моніторинг, а також чисельне моделювання процесів і явищ, які відбуваються в системі "сільськогосподарський об'єкт – навколишнє середовище". Розвинутий методичний інструментарій та технічна оснащеність набувають особливого значення у плануванні сільського господарства в умовах, коли формуються нові агрометеорологічні умови у контексті глобальних кліматичних змін і традиційні схеми та агротехніки перестають бути оптимальними.

У контексті глобальних змін клімату значення агрометеорологічних досліджень істотно зростає. Вони забезпечують науково обґрунтовану основу для виявлення закономірностей впливу кліматичних факторів на агроекосистеми, а також для розроблення ефективних стратегій адаптації сільського господарства до нових кліматичних умов (Liashenko, 2014; Polovyi et al., 2019). Зокрема, результати таких досліджень є необхідними для прогнозування продуктивності сільськогосподарських культур, оцінки ризиків, пов'язаних з екстремальними погодними явищами, та формування науково обґрунтованих рекомендацій щодо зниження їх негативного впливу на агровиробництво. Важливим чинником адаптаційного потенціалу аграрного сектору виступає агробіорізноманіття. Різноманіття видів, сортів, генотипів сільськогосподарських культур і порід тварин забезпечує ширший спектр реакцій на змінні кліматичні й метеорологічні умови, що дає змогу зменшувати ризики втрат урожаю або продуктивності тваринництва. Крім того, збереження і раціональне використання потенціалу агробіорізноманіття сприяє підтриманню стабільності агроекосистем, забезпечує їхню стійкість до хвороб, шкідників, посухи, надмірного зволоження чи інших стресових чинників.

Агробіорізноманіття відіграє ключову роль у забезпеченні стійкості агросистем до змін агрометеорологічних умов, що зумовлюються як природними кліматичними коливаннями, так і глобальними змінами клімату. Формування нових температурних режимів, змін режимів зволоження, частоти та інтенсивності екстремальних погодних явищ безпосередньо впливає на умови вирощування сільськогосподарських культур та функціонування агроландшафтів загалом.

Агробіорізноманіття поєднує екологічний, економічний і соціокультурний аспекти та є важливим об'єктом дослідження для забезпечення сталого розвитку агросистем, адаптації до кліматичних змін і продовольчої безпеки. Його характер визначається локальними умовами: традиційними видами, сортами та агропрактиками, що формувалися в конкретному регіоні. У цьому контексті особливої ваги набувають регіональні дослідження агробіорізноманіття, які враховують як локальні особливості, так і глобальні виклики. Для Львівщини ця проблема є актуальною, оскільки стан і динаміка агробіорізноманіття в умовах кліматичних змін залишаються недостатньо вивченими.

Мета дослідження

Метою дослідження у роботі є аналіз місця і ролі агробіорізноманіття як чинника підвищення стійкості агросистем до зростаючих кліматичних ризиків в умовах Львівської області, а також визначення напрямів збереження агробіорізноманіття та його раціонального використання. Досягнення мети передбачає аналіз сучасного стану агробіорізноманіття Львівської області з урахуванням локальних природно-кліматичних і соціоекономічних особливостей; оцінку впливу основних кліматичних ризиків на сільськогосподарське виробництво регіону; визначення ролі агробіорізноманіття у підвищенні адаптивного потенціалу агросистем до несприятливих погодних умов і змін клімату; узагальненні практик збереження та використання агробіорізноманіття в регіоні та оцінку їхньої ефективності в умовах посилення кліматичних викликів; розробка рекомендацій щодо збереження й раціонального використання агробіорізноманіття для підвищення стійкості сільського господарства Львівщини до кліматичних загроз.

Матеріал і методи досліджень

У процесі дослідження агробіорізноманіття Львівської області застосовано комплексний підхід, який поєднує аналіз статистичних даних, індексне оцінювання біорізноманіття, порівняльно-географічний аналіз та елементи агрокліматичного аналізу. Основну увагу приділено кількісній оцінці видового (культурного) різноманіття в секторі рільництва, як найбільш достовірно представленому у доступних джерелах офіційної статистики.

Використано офіційні статистичні дані Головного управління статистики у Львівській області (Holovne upravlinnia statystyky), які охоплюють: загальну земельну площу Львівської області та структуру землекористування, посівні площі, урожайність та валове виробництво основних сільськогосподарських культур.

Також у роботі використано широкий спектр наукових та навчальних матеріалів вітчизняних і зарубіжних дослідників, окремих повідомлень Українського гідрометеорологічного центру, звітів та публікацій про стан довкілля.

Для структурування дослідження використано загальноприйняту типологію агробіорізноманіття за його підвидами. Поняття та методи визначення індексів агробіорізноманіття базуються на методиках (FAO, 1999; Sozinov et al., 2005), опис агрометеорологічних чинників використано згідно визначень (Polovyi et al., 2019). Для оцінки просторової варіабельності продуктивності агросистем проведено порівняння середньої врожайності таких культур, як пшениця, картопля, соя, кукурудза, по районах Львівської області. Проаналізовано тенденції зникнення деяких традиційних культур (наприклад, льон), поява нових культур у зв'язку зі змінами клімату, експериментальне впровадження екзотичних видів (диня, ківі, тощо) – як приклад пристосування агроекосистем у відповідь на глобальні й локальні зміни.

Для оцінки середніх показників використано відповідні статистичні показники, мінливість даних оцінено за коефіцієнтом варіації, а точність тренду – за коефіцієнтами детермінації.

Результати та їх обговорення

Особливості трактування та оцінки агробіорізноманіття. Агробіорізноманіття охоплює різноманіття усіх живих організмів — рослин, тварин і мікроорганізмів, які є частиною сільськогосподарських екосистем. Воно включає види, що безпосередньо вирощуються або розводяться для потреб аграрного виробництва, а також ті, що використовують сільськогосподарські території як середовище для життя, живлення та розмноження (FAO, 1999). У (Sozinov et al., 2005) вказано, що при розрахунку чисельних показників біорізноманіття доцільно трактувати це поняття більш широко і виокремлювати такі його підвиди як *генетичне* (домашні види тварин та культурні сорти рослин), *дике* (видів рослин, тварин і мікроорганізмів, які не є безпосередньо культивованими або свійськими, проте можуть використовуватись для виведення нових видів домашніх рослин чи тварин у майбутньому) та *асоційоване* (рослини і тварини, які використовують сільськогосподарські території для пошуку їжі та притулку і взаємодіють із агроекосистемами). Таке визначення не проводить чіткої межі між диким і асоційованим субвидами агробіорізноманіття та формує доволі широку групу організмів, що стосується асоційованого різноманіття. Деякі інші аспекти класифікації та оцінок наведено у (Sozinov et al., 2005).

У таблиці 1 виокремлено ознаки, що можуть допомогти у класифікації видів.

Таблиця 1
Ознаки субвидів агробіорізноманіття

Ознака	Дике біорізноманіття	Асоційоване біорізноманіття	Генетичне біорізноманіття
Середовище існування	Переважно за межами агроекосистем	Усередині або навколо агроекосистем	Безпосередньо в агроекосистемах (поля, ферми, пасовища)
Зв'язок із сільським господарством	Опосередкований або відсутній	Тісно пов'язане з агросередовищем	Прямий, це об'єкти вирощування й розведення
Функції	Генетичний ресурс для майбутніх сортів і порід, частина природних екосистем	Підтримка агроекосистем (запилення, ґрунтоутворення, контроль шкідників)	Забезпечення виробництва продуктів харчування, кормів, сировини
Приклад	Дикі види рослин, лісові тварини, дикі опилювачі	Ґрунтові бактерії, дощові черви, польові запилювачі, хижаки-шкідникоїди	Сорти пшениці, кукурудзи, яблуні; породи корів, овець, курей
Роль у стійкості агросистем	Потенційне джерело адаптивних генів, підтримує природні екосистеми	Сприяє екологічній рівновазі агросистем	Забезпечує продуктивність, стійкість до хвороб, адаптацію до умов
Роль у продовольчій безпеці	Опосередкована через збереження природних екосистем і генетичних ресурсів	Підтримує функціонування агроекосистем, що впливає на врожайність	Безпосередньо забезпечує виробництво їжі та сировини

В агробіорізноманітті можна умовно виокремити й інші типи або рівні, які акцентують різні аспекти взаємозв'язку між біотою, агросистемами та управлінням. Цікавим є функціональний підхід до класифікації, на основі певних екологічних або агрономічних функцій (приклади функції: генерування основного корисного продукту агроекосистеми, біологічний

контроль шкідників, запилення, фіксація азоту та підвищення родючості грунту тощо).

Отримання об'єктивної кількісної оцінки агробіорізноманіття певної території є непростим завданням. Практично кожна територія є неоднорідна у просторі та часі, ареали існування різних видів накладаються, проте концентрація і вплив на середовище різних видів можуть суттєво різнитися. Існує кілька основних підходів та індикаторів, за допомогою яких можна кількісно оцінити агробіорізноманіття, для усіх із них характерним є спрощеність опису. Прямий підрахунок видів культур, порід тварин, мікроорганізмів, що використовуються на певній території, дозволяє отримати показник *багатства видів*. Класичні біоекологічні індекси Шеннона, Сімпсона, Пієлу, Маргалефа, Глізона, Менхиніка та інші (Hill, 1973; Jost, 2006), які враховують і кількість видів (або сортів), і їхню відносну чисельність або площу, відомі як *індекси різноманітності* і застосовні не лише у екологічних та біологічних науках. Інші види показників (індекси мозаїчності/фрагментованості угідь; показники ерозії генетичного фонду, комбіновані соціоекономічні показники) також використовуються, проте стосуються окремих тематичних досліджень. Недоліки перелічених індикаторів відомі й очевидні. Точність визначення багатства видів суттєво залежить від глибини дослідження, численні рідкісні види, присутні на певній території, можуть призвести до кардинально відмінних оцінок; крім того, коректність врахування однаковою мірою представників різних таксономічних рангів виглядає сумнівною; ця проблема частково нівелюється, якщо під агробіорізноманіттям розуміти саме різноманіття культур або видів, які людина свідомо та цілеспрямовано вирощує на певній території. Використання ж індексів різноманітності на зразок індексу Шеннона дає змогу уникати певної неоднозначності, пов'язаної із рідкісними видами, вплив яких можу бути дуже малий, попри їх велику кількість: для прикладу, якщо у екосистемі існують два види, що займають рівні її долі, то показник багатства видів дорівнює 2, а індекс Шеннона становить 1 (якщо у відповідній формулі основою логарифму є число 2 (Lanovenko & Ostapishyna, 2013)); якщо ж ці два види із рівними долями займають 99 % екосистеми, а відсоток, що залишився, ділять між собою 10 інших, рідких, видів, то показник багатства видів зросте до 12 (у шість раз), а індекс Шеннона збільшиться лише на 10,4 % до 1,104. Неоднозначність при застосуванні таких індексів полягає у способі вибору долі, що припадає на один вид. У випадку біорізноманіття фауни показником може слугувати кількість особин кожного виду, що мешкають на певній території. Очевидно, що ці показники залежать від сезону й можуть змінюватися в рази, а також динамічно змінюються під впливом міграційних процесів або трансформації ландшафтів. Щодо біорізноманіття культурної агрофлори, за одиницю виміру зазвичай беруть площу ріллі чи багаторічних насаджень, зайнятих певними культурами. Менш поширеними є інші підходи, наприклад частка у виробленій біомасі. Для сіножатей і пасовищ із різнотрав'ям необхідний детальніший підхід до оцінки.

Сучасний стан агробіорізноманіття Львівської області. У подальшому використаємо спрощений підхід для оцінки, коли враховують лише види, які людина свідомо та цілеспрямовано вирощує на певній території, та котрі потрапляють у офіційну статистику. Такі дані доступні із джерел офіційної статистики (Holovne upravlinnia statystyky) щороку станом на кінець року. Для дослідження вибрано Львівську область. Упродовж останніх років дані часто не оновлювались у зв'язку у тому числі із війною. Дані щодо земельного фонду та структури сільськогосподарських угідь Львівщини доступні за період від 2000 до 2019 року як по області, так і по окремим територіям (20 районів до адмінреформи, міськради Львова, Борислава, Дрогобича, Червонограда, окремі міста Моршин, Новий Розділ, Самбір, Стрий, Трускавець). Дані щодо посівних площ, урожайності та виробництва основних сільськогосподарських культур доступні за період від 1990 до 2024 року лише по області в цілому. Слід розуміти, що розрахований таким чином показник буде нижньою оцінкою індексу агробіорізноманіття для конкретного сектору, адже рідкісні види сільськогосподарських культур тут ігноруються. Крім того, дані статистики наведено за категорією "підприємства", оцінки показників за категорією "господарства населення" не наведено через їх недостатню якість у зв'язку з відсутністю необхідних для розрахунків джерел статистичної інформації та даних (Holovne upravlinnia statystyky).

Загальна земельна площа Львівської області складає 2 183 197 га. Станом на 2019 рік у складі цієї площі найбільшою категорією земель є сільськогосподарські землі (57,4%), за останні 20 років їх частка коливалась від 57,3 до 61,0% із середнім у 59,2%. Наближено із достатньою точністю можна вважати, що три п'ятих території Львівської області задіяно у сільському господарстві. Від 97,4 до 99,6 % сільськогосподарських земель області припадає на сільськогосподарські угіддя (середнє за 20 років значення 97,8 %), не є угіддями такі землі як польові дороги, захисні лісосмуги, господарські двори, будівлі та споруди агропідприємств тощо – частина сільськогосподарських земель не використовується безпосередньо для вирощування рослин або випасу худоби. У складі угідь виділяють чотири категорії: рілля займає 62,2 %, сіножаті – 15,7 %, пасовища – 20,2 %, багаторічні насадження – 1,9 % (станом на 2019, за інші роки частка ріллі відхилялась угору щонайбільше на 2,4 %, частка сіножатей – униз на 2,2 %, інші категорії не відхилялись більш як на 0,3 %). У науковій літературі немає єдиного "універсального" стандарту співвідношення цих типів земель. Рекомендації залежать від клімату, рельєфу, якісного стану ґрунтів, історичних особливостей агровикористання, екологічних цілей (ґрунтозахист, водозбереження, збереження біорізноманіття). Зазвичай вказують наступні закономірності і чинники, що впливають на структуру угідь: у степових регіонах рілля займає більше площі; на схилах рекомендовано зменшувати частку ріллі через ризики ерозії; у долинах річок більше сенсу зберігати луки й сіножаті; деградовані землі слід переводити з ріллі в природні угіддя (луки, пасовища, багаторічні

насадження). Рослинницький профіль стимулює зростання ріллі, тоді як тваринництво потребує більше пасовищ і сіножатей. Переважно статистику у країнах Європи ведуть за часткою від загальної земельної площі, а не угідь. У цьому відношенні для Львівщини маємо рілля – 35,4 %, сіножаті – 8,9 %, пасовища – 11,5 %, багаторічні насадження – 1,1 % (разом 56,9 % с/г угідь). Порівнюючи ці показники із параметрами Польщі (2018 рік) (Poland Land use, 2021): рілля – 36,2 %, пасовища – 10,7 %, багаторічні насадження – 1,3 %; Німеччини (2018 рік) (Germany Land use, 2021): рілля – 34,1 %, пасовища – 13,3 %, багаторічні насадження – 0,6 %; Франції (2018 рік) (France Land use, 2021): рілля – 33,4 %, пасовища – 17,5 %, багаторічні насадження – 1,8 %, бачимо відносний паритет у структурі сільськогосподарських угідь. Далі потрібно чітко визначити, що саме є об'єктом дослідження: біорізноманіття всіх сільськогосподарських угідь загалом чи лише агрокультур на ріллі. Оскільки точний видовий склад багаторічних насаджень вивчений недостатньо, а оцінка біорізноманіття сіножатей і пасовищ потребує окремого дослідження, що виходить за межі цієї роботи, зосередимо увагу на біорізноманітті культур, що вирощуються у рільництві. Статистичний аналіз даних сектору рослинництва Львівської області (Holovne upravlinnia statystyky) на основі розрахунку індексу Шеннона свідчить, що він змінюється між 3,06 та 3,56 (у проміжку 1990–2023 років, розрахований за даними 18 культур із яких максимум у 1990–2003 припадав на кормові культури, а у 2004–2023 – на пшеницю; найменше значення 3,06 індексу зафіксовано у 1998 році, а найбільше 3,56 – у 2017 – розподіл посівних площ у ці роки наведено на рис. 1) і має середнє значення 3,29 при можливому максимумі для цієї кількості культур у 4,17.

Рис. 1. Розподіл посівних площ на ріллі Львівщини у роки з мінімальним (H = 3,06, 1998 р.) та максимальним (H = 3,56, 2017 р.) показниками агробіорізноманіття

В цілому спостерігається певне зростання індексу, в основному за рахунок зростання посівних площ таких культур, як соя, ріпак, овочеві. Разом із тим у області практично зникли площі деяких культур, як от льону, що у XX ст. був однією із важливих культур агросектору – льону-довгунець вирощували для отримання волокна, а олійний льон – для виробництва олії.

Агроекосистеми в умовах змін клімату. Зміни клімату – це довготривалі і стійкі зміни кліматичної системи Землі, що охоплюють зростання середньорічних температур, зміни режимів опадів, танення льодовиків, підняття рівня Світового океану та зростання частоти екстремальних погодних явищ. Основною причиною сучасних кліматичних змін вважають діяльність людини, насамперед викиди парникових газів – вуглекислого газу (CO_2), метану (CH_4) та закису азоту (N_2O), які накопичуються в атмосфері та спричиняють парниковий ефект. Додатковими чинниками виступають вирубування лісів, зміна структури землекористування, індустріалізація, забруднення довкілля. Наслідки кліматичних змін вже сьогодні відчутні у різних регіонах світу і проявляються як зростання температури повітря, посухи, повені, деградація ґрунтів, зменшення запасів прісної води, танення полярних льодів, опустелювання територій та зникнення окремих видів флори і фауни. Зміни клімату спричиняють економічні, екологічні й соціальні виклики, впливають на здоров'я людей, сільське господарство, водні ресурси, біорізноманіття та екосистеми загалом. У відповідь на ці виклики міжнародна спільнота розробляє заходи зі зменшення викидів парникових газів, адаптації до нових кліматичних умов та підвищення стійкості природних і соціальних систем до кліматичних ризиків.

Зміна середньої глобальної температури унаслідок сучасних змін клімату виглядає незначною в числово-

му вимірі. За даними IPCC (Міжурядова група експертів з питань змін клімату) середня температура Землі зросла на приблизно 1,1–1,2 °C порівняно з доіндустріальним періодом (середина XIX ст.). Згідно (Climate Change, 2019) 2019 рік став другим найтеплішим за 140 років спостережень. П'ять найтепліших років з 1880 по 2019 припадають на період після 2015-го, дев'ять із десяти – після 2005-го. У червні 2019-го температура в Центральній та Східній Європі перевищувала норму на +3…+6 °C. Місяць супроводжувався теплими аномаліями й короткими хвилями спеки, зокрема в Польщі температура кілька днів сягала понад 30 °C. У цілому потепління є нерівномірним – холодні регіони (Арктика) гріються в 3–4 рази швидше за середнє по планеті, континентальні райони нагріваються переважно більше, ніж океани, в Україні зафіксувала зростання температури на 1,5–2,0 °C у середньому. У середньому такі незначні зміни не мали б впливу на вегетацію рослин у сільському господарстві. Проте глобальне потепління супроводжується порушенням багаторічного погодного циклу, поширенням таких екстремальних явищ як посухи, сильні зливи, заморозки, буревії, що становить загрозу для виробничих процесів у рослинництві. Вважають також, що тепліші зими дозволяють виживати новим видам шкідників і збудників хвороб, які раніше не були проблемою, а тому зростає потреба у пестицидах. Кліматичні зміни роблять сільське господарство більш ризикованим і нестабільним, змушують адаптувати технології, змінювати культури, вводити страхування ризиків. Темпи і прояви таких змін зростають.

Має місце і зворотній зв'язок: сільське господарство впливає на клімат через викиди парникових газів (метан від тваринництва, CO_2 при обробітку ґрунту, азотні добрива – N_2O), знищення біорізноманіття (монокультури, вирубування лісів), погіршення водного балансу (меліорація, осушення боліт). Агробіорізноманіття стає одним із чинників, на які слід звертати увагу при дослідженні агросфери в умовах глобальних кліматичних змін.

Кліматичні зміни в Україні, особливо у Львівській області, можуть бути причиною зміни агробіорізноманіття на рівнях генетичного, видового, асоційованого і ландшафтного. Формується потреба в нових адаптаційних стратегіях – збереженні локальних сортів, збалансованому сівозміні та агроландшафтному плануванні, щоб підтримати резистентність агроекосистем. Існує небезпека, що перехід на нові більш продуктивні сорти виявиться вигідним економічно, проте призведе до втрат генетичного біорізноманіття. Тут слід розуміти, що механізми формування видового різноманіття не обов'язково природні. Чимало аграріїв у тому числі Львівської області почувши про глобальне потепління робить спроби вирощувати у регіоні нетипові рослини, як от дині, кавуни, а то й персики, ківі, банани, що не належали до традиційних об'єктів рослинництва у області. Із десятків спроб поширити нові культури деякі можуть виявитись продуктивними і ці культури увійдуть в усталену практику. Таким чином ми зможемо спостерігати фактично еволюцію агроекосистем, причини якої пов'язані одночасно із економічними, інформаційними чинниками та глобальними змінами клімату.

Агрокліматичні чинники та ресурси (теплові ресурси: середньодобова, середньомісячна і середньорічна температура, тривалість вегетаційного періоду, сума активних температур, частота заморозків; водні ресурси: кількість та режим атмосферних опадів, коефіцієнт зволоження – співвідношення опадів і випаровування, дефіцит вологи в ґрунті та вологість повітря; сонячний фактор: кількість сонячних днів, сумарна сонячна радіація, тривалість дня) визначають, які культури доцільно вирощувати в певному регіоні, які строки сівби оптимальні, як формуються врожаї та які ризики виникають у сільському господарстві. Численні моделі впливу цих чинників на урожай (моделі Галяміна, Сеппа-Тоомінга, Сиротенка, Антоненка, Польового та інші) розглянуті у (Polovyi, 2013). Згідно з даними (Lialchuk & Bakhmat, 2023), формування врожайності льону олійного зумовлене комплексом факторів, серед яких провідне місце займають погодні умови (≈40 %). Вплив сорту оцінюється на рівні 20 %, агротехнічних заходів – 18 %, технологій збирання – 12 %, тоді як інші чинники забезпечують близько 10 % варіації продуктивності. Крім того, у зазначеній роботі підкреслюється, що висока контрастність ґрунтово-кліматичних і погодних умов упродовж вегетаційного періоду зумовлює необхідність використання кількох типів сортів льону олійного для гарантування стабільної врожайності та належної якості продукції. У даному випадку агробіорізноманіття на сортовому рівні є фактором стабільності сільськогосподарського виробництва та знижує ризики пов'язані із погодними і кліматичними варіаціями. Інші дослідження (Derevianskyi et al., 2009; Drozd & Liakh, 2012; Polovyi & Bozhko, 2016) також вказують, що продуктивність культур тісно пов'язана із погодними умовами, а останні у Львівській області є мінливими, особливо у період вегетації.

Інтегральним показником впливу сукупності погодних умов поточного року можуть слугувати фенологічні показники та фази. Так, для пшениці озимої у осінній період це фази проростання, укорінення, кущіння, загартовування. Надміру високі чи надміру низькі температури, а особливо брак вологи під час протікання цих фаз негативно позначаються на якості майбутнього врожаю. Використання широкого спектру сортів у господарствах області дає змогу знизити ризики неврожаю. У дослідженні (Semeriak, 2024) проведено агрокліматичне районування області та на основі даних спостережень метеостанцій ЛЦГМ за 1986–2005 рр. узагальнено середні дати настання фаз розвитку озимої пшениці та тривалість міжфазних періодів вегетації для шести локацій Львівської області.

Фундаментальним обмеженням прогнозування продуктивності систем вирощування основних культур є невизначеність погоди протягом вегетаційного періоду, що відзначено серед інших у (Lobell et al., 2009). При цьому у більшості основних систем вирощування зернових врожайність становить близько 80 % від потенційної врожайності. Сучасні методи оцінки врожайності (van Ittersum et al., 2013) є орієнтирами для виробництва сільськогосподарських культур, проте часто стикаються із "розривами" між планованою та фактичною врожайністю.

Урожайність агроекосистем при отриманні продукту за основними культурами характеризується просторовою та часовою варіабельністю. Для оцінки просторової варіабельності оцінимо за даними (Holovne upravlinnia statystyky) урожайність таких культур як пшениця (23 % посівних площ у 2021 році), картопля (13 %), соя (12 %) та кукурудза (12 %) по семи районах Львівської області і звернемо увагу на мінливість даних за районами.

Коефіцієнт варіації найбільшим є у випадку картоплі (32 %), суттєво меншим для пшениці (9 %) та сої (8 %), найменшим – для кукурудзи (3 %) – див. рис. 2. Можна зробити висновок, що не залежно від району землеробства (а агрокліматичне районування області (Semeriak, 2024) виділяє чотири райони як достатнього так і недостатнього теплозабезпечення, достатнього та надлишкового зволоження) кукурудза забезпечує практично стабільну врожайність у 2021 на рівні 89,4–99,9 ц/га.

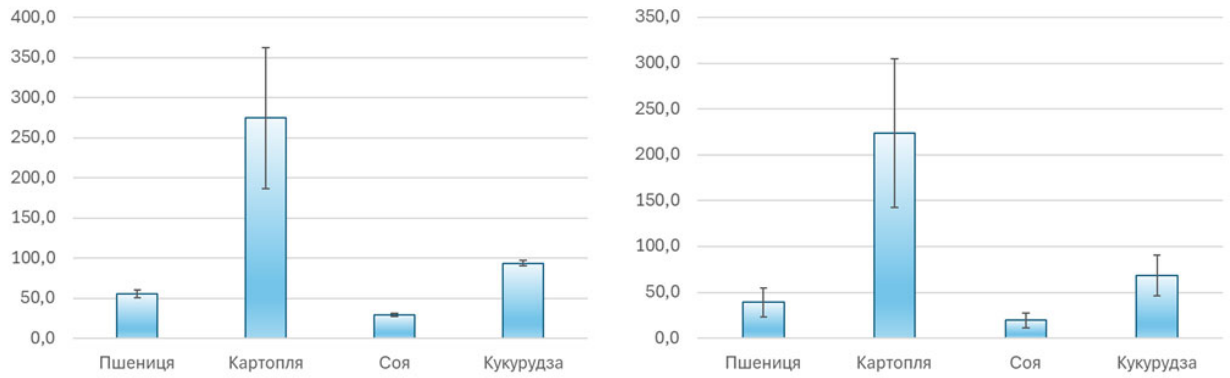


Рис. 2. Мінливість урожайності за районами (ліворуч) та роками (праворуч), ц/га

Для оцінки часової варіабельності оцінимо за даними (Holovne upravlinnia statystyky) урожайність цих же культур за даними 2000–2024 років по Львівській області в цілому. Результати найпростішого аналізу даних наведено на рис. 2. Бачимо, що мінливість даних зросла, а середнє значення знизилось. Значення коефіцієнта варіації для картоплі становить 36 %, тобто змінилось незначно, а для інших культур – зросло суттєво: пшениця – 39 %, соя – 41 %, кукурудза – 33 %. Така суттєва мінливість пов'язана не лише із випадковими флуктуаціями врожайності у різні роки, а й із планомірним зростанням середньої врожайності. Для оцінки випадкових відхилень виділимо лінійний тренд за 2000-2024 роки:

$$y_{пшениця} = 2,063x + 12,225, \qquad R^2 = 0,9308;$$

$$y_{картопля} = 10,338x + 89,33, \qquad R^2 = 0,8473;$$

$$y_{соя} = 1,0755x + 4,627, \qquad R^2 = 0,7895;$$

$$y_{кукурудза} = 2,9039x + 30,689, \qquad R^2 = 0,8860;$$

Оцінка відхилень від лінійного тренду дає (приймаючи вихідні значення середньої урожайності) такі показники коефіцієнта варіації: картопля – 14 %, пшениця – 10 %, соя – 23 %, кукурудза – 11 %. Бачимо, що за винятком картоплі, мінливість урожайності унаслідок часового аспекту перевищує мінливість унаслідок просторового. Це можна вважати додатковим аргументом на підтвердження більш суттєвої ролі погодного фактору, а також вразливості сектору рослинництва до змін клімату.

У Державному реєстрі сортів Рослин України зафіксовано лише 7 сортів сої української селекції, загалом на полях України зафіксовано до 121 сорту (Zakharchuk et al., 2023), притім широко використовують значно менше. Станом на 2017 рік у Реєстрі було 420 сортів пшениці, із яких 380 – зимова м'яка, за деякими даними у господарствах Львівської області використовують біля 32 сортів пшениці. Станом на 24 квітня 2024 року до Реєстру внесено 1682 гібриди та сорти кукурудзи різних груп стиглості і напрямів використання. Частка вітчизняної селекції становить 696 одиниць (45,3 %), відкритих даних про кількість сортів кукурудзи, які використовують у аграрній практиці Львівщини, немає. Станом на жовтень 2024 року, у Реєстрі налічується близько 230 сортів картоплі й постійно додають нові сорти переважно західної селекції (Introducing the Potato Varieties…, 2024; Ukraine adds 12 new potato varieties…, 2025).

Використання даних по посівах основних сільськогосподарських культур із врахуванням сортового різноманіття в умовах кліматичних змін у майбутньому може бути основою більш точних моделей вивчення факторів врожайності.

Висновки

У результаті проведених досліджень можна стверджувати, що:

- біорізноманіття агроекосистем відіграє важливу роль у стабільності їх функціонування та є складним феноменом, що може бути розглянутим на різних рівнях та із різною деталізацією; серед підвидів агробіорізноманіття виділяють асоційоване, дике та генетичне;
- структура земель сільськогосподарського призначення у Львівській області є наближеною до такої структури у країнах Європи; показники генетичного різноманіття культур, що вирощують на ріллі області, в цілому зростають упродовж останніх двох декад;
- існує взаємозв'язок між глобальними кліматичними змінами та розвитком сільського

господарства; наразі прояви кліматичних змін незначні, проте рослинництво дуже чутливе до погодних умов; глобальне потепління супроводжується порушенням багаторічного погодного циклу, поширенням екстремальних явищ; кліматичні зміни роблять сільське господарство більш ризикованим і нестабільним;

- наявність широкого спектру сільськогосподарських культур, а також можливість вибору із багатьох сортів у межах культури дає змогу частково диверсифікувати ризики аграрного виробництва, пов'язані із погодними чинниками та кліматичним фактором. Тому роль агробіорізноманіття в умовах посилення кліматичних змін зростає.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів.

References

Climate Change (2019). Ecosystem-based Adaptation to Climate Change – Ukraine. URL: https://www.eba-ukraine.net/climate-change.html.

Derevianskyi, V. P., Vlasiuk, O. S., Hryshchuk, Z. V., & Trofymchuk, S. M. (2009). Produktyvnist tsukro-vykh buriakiv pid vplyvom inokuliatsii, makro- i mikroelementiv ta herbitsydiv. Silskohospodarska mikrobiolohiia: mizhvid. temat. nauk. zbirnyk, 9, 125–137. URL: https://nasplib.isofts.kiev.ua/handle/123456789/26203 (in Ukrainian).

Drozd, I. F., & Liakh, V. O. (2012). Interval variiuvannia oznak produktyvnosti lonu oliinoho v umovakh Lvivshchyny. Naukovo-tekhnichnyi biuleten Instytutu oliinykh kultur NAAN, 17, 60–66. URL: https://bulletin.imk.zp.ua/pdf/2012/17/Drozd_17.pdf (in Ukrainian).

Ekolohichnyi pasport Lvivskoi oblasti za danymy 2023 roku. [Електронний ресурс]. URL: https://deplv.gov.ua/2024/09/11/opublikovano-ekologichnyj-pasport-lvivskoyi-oblasti-za-danymy-2023-roku (in Ukrainian).

FAO (1999). Agricultural Biodiversity. Multifunctional Character of Agricultural Land. FAO Conference Background Paper No. 1. Maastrict, Netherlands.

France Land use (2021). CIA World Factbook. URL: https://www.indexmundi.com/france/land_use.html.

Germany Land use (2021). CIA World Factbook. URL: https://www.indexmundi.com/germany/land_use.html.

Hill, M. O. (1973). Diversity and Evenness: A Unifying Notation and Its Consequences. Ecology, 54(2), 427–432. DOI: 10.2307/1934352.

Holovne upravlinnia statystyky u Lvivskii oblasti: ofitsiinyi veb-resurs / StatBank [Elektronnyi resurs]. URL: https://www.lv.ukrstat.gov.ua (in Ukrainian).

Introducing the Potato Varieties newly registered in the Ukraine in 2024 (2024). Potato Supply chain. URL: https://www.potatopro.com/news/2024/introducing-potato-varieties-newly-registered-ukraine-2024.

Jost, L. (2006). Entropy and diversity. Oikos, 113(2), 363–375. DOI: 10.1111/j.2006.0030-1299.14714.x.

Lanovenko, O. H., & Ostapishyna, O. O. (2013). Indeks vydovoho riznomanittia. Slovnyk-dovidnyk z ekolohii : navch.-metod. posib. Kherson : PP Vyshemyrskyi V. S. (in Ukrainian).

Lialchuk, P. P., & Bakhmat, M. I. (2023). Formation of yield and seed quality of linseed varieties (Linum humile Mill.) in the conditions of the Western Forest Steppe of Ukraine. Plant varieties studying and protection, 19(4). DOI: 10.21498/2518-1017.19.4.2023.291228.

Liashenko, H. V. (2014). Praktykum z ahroklimatolohii. Navchalnyi posibnyk. Odesa: Vyd. PP «TES» (in Ukrainian).

Lobell, D. B., Cassman, K. G., & Field, C. B. (2009). Crop Yield Gaps: Their Importance, Magnitudes, and Causes. Annual Review of Environment and Resources, 34(1), 179–204. DOI: 10.1146/annurev. environ.041008.093740.

Poland Land use (2021). CIA World Factbook. URL: https://www.indexmundi.com/poland/land_use.html.

Polovyi, A. M. (2013). Modeliuvannia hidrometeorolohichnoho rezhymu ta produktyvnosti ahroekosys-tem: pidruchnyk. MON Ukrainy; Odes. derzh. ekoloh. un t. Odesa : Ekolohiia (in Ukrainian).

Polovyi, A. M., & Bozhko, L. Yu. (2016). Biolohichni ta ekolohichni osnovy formuvannia produktyvnosti ahroekosystem: pidruchnyk. Odesa (in Ukrainian).

Polovyi, A. M., Bozhko, L. Yu., Shebanin, V. S., Babenko, D. V., Drobitko, A. V., & Fedorchuk, M. I. (2019). Ahrometeorolohiia. Navchalnyi posibnyk. Mykolaivskyi natsionalnyi ahrarnyi universytet. Mykolaiv (in Ukrainian).

Semeriak, O. P. (2024). Otsinka vplyvu zmin klimatu na umovy formuvannia vrozhaiu ozymoi pshenytsi u Lvivskii oblasti: kvalifikatsiina robota mahistra. Odesa (in Ukrainian).

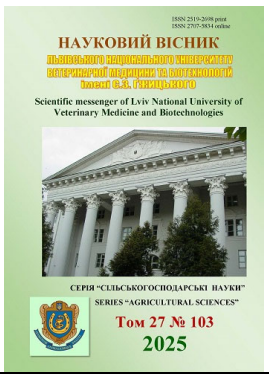
Sozinov, O. O., Prydatko, V. I., Burda, R. I. ta in. (2005). Ahrobioriznomanittia Ukrainy: teoriia, metodolo-hiia, indykatory, pryklady. Knyha 2. Kyiv: ZAT "Nichlava" (in Ukrainian).

Sozinov, O. O., Prydatko, V. I., Tarariko, O. H. ta in. (2005). Ahrobioriznomanittia Ukrainy: teoriia, metodolohiia, indykatory, pryklady. Knyha 1. Kyiv: ZAT "Nich-lava". URL: http://www.ulrmc.org.ua/services/binu/ publications/BINU_book_1.pdf (in Ukrainian).

Ukraine adds 12 new potato varieties to register amid climate adaptation efforts (2025) [Elektronnyi resurs]. URL: https://www.freshplaza.com/oceania/article/9671563/ukraine-adds-12-new-potato-varieties-to-register-amid-climate-adaptation-efforts.

van Ittersum, M. K., Cassman, K. G., Grassini, P., Wolf, J., Tittonell, P., & Hochman, Z. (2013). Yield gap analysis with local to global relevance—A review. Field Crops Research, 143, 4–17. DOI: 10.1016/j.fcr. 2012.09.009.

Zakharchuk, O., Hutorov, A., Vyshnevetska, O., Nitsenko, V., Balezentis, T., & Streimikiene, D. (2023). Ukraine's Market of Certified Seed: Current State and Prospects for the Future. Agriculture, 13(1), 61. DOI: 10.3390/agriculture13010061.



Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького. Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences

ISSN 2519–2698 print
ISSN 2707-5834 online
doi: 10.32718/nvlvet-a10325
https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture

UDC 636.27(477).034.06.082

Features of the exterior of dairy cows of Ukrainian selection

A. S. Belchenko, L. M. Khmelnychyi✉

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Article info

Received 21.07.2025
Received in revised form 21.08.2025
Accepted 22.08.2025

Sumy National Agrarian University, Gerasim Kondratiev Str., 160, Sumy, 40000, Ukraine.
Tel.: +38-066-207-63-43
E-mail: khmelnychy@ukr.net

Belchenko, A. S., & Khmelnychyi, L. M. (2025). Features of the exterior of dairy cows of Ukrainian selection. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 27(103), 214–222. doi: 10.32718/nvlvet-a10325

The article presents the results of research on the assessment of the exterior features of first-born cows of three Ukrainian dairy breeds in the conditions of one farm with the determination of the selection situation in terms of the effectiveness of their breeding prospects. The research was conducted at the farm of LLC "Komyshuvatskyi Molochnyi Kompleks" of the Kharkiv region on the breeding of Holstein, Ukrainian Black-and-White and Red-and-White dairy breeds. Cows were evaluated according to 11 measurements recommended for mass examinations of cattle and body structure indices. In addition, the relationships of exterior sexes with milk yield and the level of their heritability were calculated. It was established that first-born cows of the Holstein breed significantly outperform their peers of the Ukrainian Black-and-White and Red-and-White dairy breeds in almost all measurement indicators. The largest and statistically significant differences were recorded in the height at the withers and sacrum, which were 1.7 (P < 0.001) and 2.9 cm (P < 0.001) and 2.0 (P < 0.001) and 4.4 cm (P < 0.001), respectively. The difference in chest depth was insignificant and amounted to 0.2 and 0.7 cm (P < 0.05), in width in the croup 1.1 and 1.5 cm (P < 0.001), hips – 1.0 and 1.8 cm (P < 0.001) and gluteal tuberosity – 0.7 and 1.5 cm (P < 0.01 and 0.001), in oblique length of the buttocks – 0.9 and 1.6 cm (P < 0.001), in body length and girth 1.6 and 2.8 cm (P < 0.01 and 0.001) and 2.1 and 3.6 cm (P < 0.01 and 0.001). Body composition indices of the experimental groups of breeds generally indicated good development of the organism in the postnatal ontogenesis of animals of all groups in the direction of the dairy type. High correlations, both in magnitude and in reliability, were established for height measurements at the withers (r=0.277–0.382) and sacrum (r=0.304–0.394) within all evaluated breeds, as well as for chest depth (r=0.405–0.446), width at the withers (r=0.288–0.368), hips (r=0.272–0.356) and gluteal tubercles (r=0.285–0.373), oblique length of the rump (r=0.278–0.311) and trunk (r=0.255–0.311) and chest girth (r=0.266–0.366). The level of heritability indicators by the dominant number of measurements will ensure effective mass selection by exterior. Sufficient for effective selection by indicators of heritability coefficients were distinguished by the firstborn of the Holstein breed, the values of which varied within 0.172–0.426. The variability of the heritability coefficients of body structure measurements of the firstborn of the Ukrainian Black-and-White and Red-and-White dairy breeds varied within smaller limits, respectively 0.159-0.377 and 0.187–0.375.

Keywords: *Holstein, Black-and-White, Red-and-White, measurements, indices, body structure, correlation, heritability.*

Особливості екстер'єру корів молочних порід української селекції

А. С. Бельченко, Л. М. Хмельничий✉

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

У статті наведені результати досліджень з оцінки екстер'єрних особливостей корів-первісток трьох українських молочних порід в умовах одного господарства з визначенням селекційної ситуації в аспекті ефективності перспективи їх розведення. Дослідження проведені у господарстві ТОВ "Комишуватський Молочний Комплекс" Харківської області з розведення голштинської, українських чорно-рябої та червоно-рябої молочних порід. Оцінювали корів за 11 промірами, рекомендованих для масових обстежень великої рогатої худоби та індексами будови тіла. Крім того, вирахувані зв'язки статей екстер'єру з надоєм та рівень їхньої

успадковуваності. Встановлено, що корови-первістки голштинської породи значно перевершують ровесниць українських чорно-рябої та червоно-рябої молочних порід майже за всіма показниками промірів. Найбільші та статистично достовірні відмінності були зафіксовані за висотою в холці та крижах, які склали 1,7 (P < 0,001) і 2,9 см (P < 0,001) та 2,0 (P < 0,001) і 4,4 см (P < 0,001), відповідно. За глибиною грудей різниця була незначною і склала 0,2 та 0,7 см (P<0,05), за шириною у маклоках 1,1 та 1,5 см (P < 0,001), кульшах – 1,0 та 1,8 см (P < 0,001) та сідничних горбах – 0,7 та 1,5 см (P < 0,01 і 0,001), за навкісною довжиною заду – 0,9 та 1,6 см (P < 0,001), за довжиною тулуба та в обхваті 1,6 та 2,8 см (P < 0,01 і 0,001) і 2,1 та 3,6 см (P<0,01 і 0,001). Індекси будови тіла піддослідних груп порід засвідчили загалом про добрий розвиток організму в постнатальному онтогенезі тварин усіх груп у напрямі молочного типу. Високі як за величиною, так і за ступенем достовірності кореляції встановлено за висотними промірами в холці (r=0,277–0,382) та крижах (r=0,304–0,394) у межах усіх оцінених порід, а також за глибиною грудей (r=0,405–0,446), шириною у маклоках (r=0,288–0,368), кульшах (r=0,272–0,356) та сідничних горбах (r=0,285–0,373), навкісною довжиною заду (r=0,278–0,311) та тулуба (r=0,255–0,311) і обхватом грудей (r=0,266–0,366). Рівень показників успадковуваності за панівною кількістю промірів забезпечить ефективний масовий добір за екстер'єром. Достатніми для ефективного добору за показниками коефіцієнтів успадковуваності відрізнялися первістки голштинської породи, значення яких варіювало у межах 0,172–0,426. Мінливість коефіцієнтів успадковуваності промірів будови тіла первісток українських чорно-рябої та червоно-рябої молочних порід коливалася у менших межах, відповідно 0,159–0,377 та 0,187–0,375.

Ключові слова: *голштинська, чорно-ряба, червоно-ряба, проміри, індекси, будова тіла, кореляція, успадковуваність.*

Вступ

Розвиток створених спеціалізованих українських молочних порід великої рогатої худоби, орієнтованих на високий рівень продуктивності, вимагає систематичної оцінки тварин за екстер'єром (Burkat et al., 2004; Khmelnychyi, 2007a; Polupan et al., 2023). Це необхідно для забезпечення міцного здоров'я, довготривалого періоду продуктивності та адаптації до сучасних технологій машинного доїння. В основі процесу створення та вдосконалення українських чорно- та червоно-рябих молочних порід лежали задані цільові показники екстер'єру (Yefimenko et al., 2013). При цьому особливий акцент робили на формування бажаного типу будови тіла у тварин.

Практичне знання параметрів бажаного типу вираженого в екстер'єрі – обов'язкова умова як для племінного, так і продуктивного скотарства з розведення спеціалізованих молочних порід (Khmelnychyi, 2013; Polupan, 2013; Khmelnychyi et al., 2019). Лише корова бажаного екстер'єрного типу, або істотно наближена до нього, гармонійно складена у співвідносній мінливості статей, фізіологічно здорова, за оптимальних умов для тривалого використання здатна до фізіологічного і техногенного навантаження та максимальної реалізації генетично обумовленого потенціалу продуктивності (Khmelnychyi, 2007a; Hnatiuk, 2013; Boiko et al., 2015; Shuliar, 2019; Ladyka et al., 2019). Ось чому на даний період важливим етапом у вдосконаленні вітчизняних молочних порід за екстер'єрними характеристиками залишається оцінка тварин за промірами статей будови тіла. Це пов'язано з тим, що поряд із показниками молочної продуктивності екстер'єр виступає однією з ключових селекційних ознак (Burkat et al., 2004; Polupan & Pryima, 2023; Polupan et al., 2023; 2024).

Оцінка великої рогатої худоби за екстер'єром з використанням промірів окремих статей будови тіла має давню традицію і є важливою частиною комплексного аналізу племінної цінності тварин. Цей метод суттєво доповнює окомірну (бальну) оцінку, надаючи йому більшої об'єктивності та точності. Використання цифрових показників для характеристики розвитку досліджуваних параметрів дає можливість виявляти як індивідуальні, так і групові особливості через їх зіставлення (Burkat et al., 2004; Khmelnychyi, 2007b). Остання редакція Закону України "Про племінну справу у тваринництві" зобов'язує використовувати лінійну класифікацію у системі бонітування як складовий елемент у комплексній оцінці племінної цінності тварин (Holos Ukrainy, 2000).

За допомогою специфічних співвідношень промірів, виражених у вигляді індексів, можна оцінити гармонійність розвитку окремих статей у загальній структурі тіла тварини (Khmelnychyi, 2007b). Значення оцінки корів за екстер'єром стає ще вагомішим через існування додатної кореляції між більшістю ознак екстер'єру та їх молочною продуктивністю (Ladyka et al., 2010; Salohub & Khmelnychyi, 2011; Hladii et al., 2014; Stavetska, & Dynko, 2016; Klopenko et al., 2018; Povod et al., 2022) У процесі селекційно-племінної роботи з породами молочного напряму численні дослідження підтверджують, що наявність добре виражених типових ознак породи, конституціональна міцність, а також гармонійність розвитку статей екстер'єру суттєво впливають на розвиток господарськи корисних ознак, адаптивність і довговічність тварин (Zavadilová, & Štípková, 2012; Zink et al., 2014; Fedorovych et al., 2015; Khmelnychyi et al., 2018; Karpenko, 2021; Khmelnychyi et al., 2023; Karpenko et al., 2025).

Існуючий зв'язок більшості лінійних ознак з молочною продуктивністю та довголіттям та достатній рівень їх успадковуваності дозволяє вести опосередковану та ефективну масову селекцію у напрямку удосконалення корів молочних порід за цими показниками (García-Ruiz et al., 2016; Khmelnychyi & Vechorka, 2017; Soni et al., 2020; Khmelnychyi & Karpenko, 2021a; Kumar et al., 2024).

Генетичні ресурси молочної галузі з часом зазнають значних змін. У процесі інтенсифікації на перший план виходять спеціалізовані молочні породи, які можуть ефективно конкурувати за показниками продуктивності, забезпечуючи економічну вигідність виробництва молока (Eifeel et al., 2022). Наразі у господарствах використовують створені українські спеціалізовані молочні породи чисельність яких з часом змінюється залежно від їхньої продуктивності. Згідно з даними Держплемреєстру (Zhukorskyi et al., 2025), станом на 01.01.2025 року (разом 145,5 тис. корів) серед 124 племінних заводів та 171 племінного репродуктору перше місце за поширенням (52249 корів)

та надоєм 10171 кг належить голштинській породі. Друге місце у рейтингу зайняла українська чорноряба молочна – 37014 корів з надоєм 8946 кг та на третій позиції – українська червоно-ряба молочна – 10561 корова з середнім надоєм 7966 кг. Отже, вибір найкращої породи для господарства відіграє ключову роль у підвищенні прибутковості молочного скотарства та забезпеченні стабільного виробництва продукції високої якості.

Оскільки оцінка племінної цінності тварин молочної худоби базується на характеристиках молочної продуктивності та екстер'єру, тому при доборі та підборі важливо враховувати ці показники, розуміти їх взаємозв'язок і вміти раціонально використовувати отримані дані.

Мета дослідження

З метою підвищення ефективності селекції одночасно за кількома ознаками вбачається вмотивованим відслідковувати рівень кореляції між екстер'єром і молочною продуктивністю тварин. Крім того, існуюча мінливість ознак екстер'єру мотивує необхідність постійного генетичного моніторингу селекційних стад за ступенем їхньої успадковуваності. У цьому аспекті мета досліджень полягала у проведенні оцінки екстер'єрних особливостей корів-первісток трьох українських молочних порід в умовах одного господарства з визначенням селекційної ситуації в аспекті перспективи ефективності розведення цих порід.

Матеріал і методи досліджень

Дослідження проведені у господарстві ТОВ "Комишуватський Молочний Комплекс" Харківської області з розведення голштинської, українських чорно-рябої та червоно-рябої молочних порід. Екстер'єр у досліджуваних корів-первісток вивчали усталеним інструментальним методом за розвитком основних статей будови тіла. Оцінювали корів за 11 промірами, рекомендованих для масових обстежень великої рогатої худоби, які брали упродовж 2–5 місяців після отелення. Індекси будови тіла корів вираховували через співвідношення зв'язаних між собою промірів (Rudyk et al., 2009). Статистичний, кореляційний та дисперсійних аналізи показників досліджень опрацьовували методами біометричної статистики за формулами, наведеними В.І. Ладикою, Л.М. Хмельничим, М.Г. Поводом та ін. (Ladyka et al., 2023). Надійність отриманих даних оцінювали шляхом обчислення похибок статистичних значень (S.E.) та критеріїв надійності Стьюдента (t_d) та Фішера (F). Рівень достовірності класифікували порівняно зі значеннями стандартних критеріїв. Результати експериментальних досліджень вважали значущими для першого при $P < 0,05$ ([1]), другого $P < 0,01$ ([2]) та для третього $P < 0,001$ ([3]) порогу ймовірності.

Результати та їх обговорення

Однією із ключових характеристик екстер'єру тварини є її висота, яка слугує узагальненим показником розвитку всього організму. За належних умов годівлі та утримання, оптимальний фізичний розвиток тварини дозволяє максимально реалізувати її спадкові продуктивні якості. Високий ріст, як і інші статі будови тіла, формується під впливом як генетичних (генотипових), так і зовнішніх (паратипових) факторів. У випадку вирощування тварин в однакових умовах середовища, основним чинником, який позначився на їхньому розвитку, залишилися генетичні особливості, що продемонстрували переваги за показниками промірів на користь тварин голштинської породи (Klopenko et al., 2018; Shuliar, 2019; Pendiuk et al., 2020; Khmelnychyi & Karpenko, 2021b).

За результатами досліджень, корови-первістки голштинської породи в підконтрольному стаді значно перевершують ровесниць українських чорно - та червоно-рябої молочних порід майже за всіма показниками промірів (табл. 1). Найбільші та статистично достовірні відмінності були зафіксовані за висотою в холці та крижах, що склали 1,7 ($P < 0,001$; t_d=4,53) і 2,9 см ($P < 0,001$; t_d=8,00) та 2,0 ($P < 0,001$; t_d=6,27) і 4,4 см ($P < 0,001$; t_d=14,4), відповідно. За глибиною грудей різниця склала 0,2 (н/д; t_d=0,67) та 0,7 см ($P < 0,05$; t_d=2,06).

За шириною грудей перевага на боці корів української червоно-рябої молочної породи з різницею у порівнянні з голштинською 0,8 см ($P < 0,05$).

Краще розвинений зад у ширину та довжину у первісток голштинської породи. Різниця на їхню користь у порівнянні з ровесницями українських чорно- та червоно-рябої молочних порід відповідно склала за шириною у маклоках 1,1 та 1,5 см ($P < 0,001$; t_d=4,20 та 5,73), кульшах – 1,0 та 1,8 см ($P < 0,001$; t_d=3,81 та 7,03), сідничних горбах – 0,7 та 1,5 см ($P < 0,01$ і 0,001; t_d=2,98 та 6,40), а за навкісною довжиною заду – 0,9 та 1,6 см ($P < 0,001$; t_d=3,62 та 6,78).

За показниками промірів первістки голштинської породи мають краще розвинений тулуб у довжину та в обхваті, за якими перевага склала у порівнянні з ровесницями українських чорно- та червоно-рябої молочних порід відповідно 1,6 та 2,8 см ($P < 0,01$ і 0,001; t_d=2,93 та 5,32), і 2,1 та 3,6 см ($P < 0,01$ і 0,001; t_d=2,69 та 4,54).

Обхват п'ястку, який характеризує розвиток кістяку, тонший у корів-первісток голштинської породи з недостовірною різницею у порівнянні з ровесницями української чорно-рябої (-0,1 см) та червоно-рябої молочної (-0,3 см) з достовірністю при $P < 0,05$ (t_d=2,21).

Оцінка корів за промірами вважається доволі об'єктивним методом для характеристики їхнього екстер'єру. Однак цей підхід не дає можливості повністю визначити екстер'єрно-конституціональні відмінності, зокрема особливості розвитку організму у співвідносному формуванні статей. З цієї причини застосування індексів будови тіла, які базуються на використанні промірів, морфологічно зв'язаних між собою статей, дозволяє отримати більш комплексне уявлення про гармонійність пропорцій організму або, навпаки, про дисгармонію в його розвитку. Обчислені індекси у відносних цифрових показниках також відкривають можливість визначення продуктивно-

типових відмінностей в екстер'єрі та аналізу вікової мінливості окремих ознак (Polupan, 2013; Khmelnychyi & Karpenko, 2021b; Polupan & Pryima, 2023).

Індекси будови тіла піддослідних груп тварин показують міжпородні відмінності за окремими з них (Табл. 2). Вищий з різницею на 0,4 та 0,6 одиниці (P < 0,05) індекс довгоногості у голштинських первісток свідчить про те, що вони більш високоногі, а в цілому його середній міжгруповий рівень відповідно 45,7–46,3 % характеризує добрий розвиток організму в постнатальному онтогенезі тварин усіх груп.

Найнижчий рівень індексу розтягнутості або формату характерний для молочної худоби, яка відзначається найкращими показниками за цією якістю. Як свідчать величини показників наших досліджень з мінливістю цього індексу 118,6–119,1 % без достовірної міжпородної різниці, дещо краще виражений молочний тип у голштинських корів.

Тазогрудний індекс, що визначається співвідношенням ширини грудей за лопатками до ширини в маклоках, при менших відносних показниках також є характерною ознакою екстер'єру, властивого молочному типу худоби. Достатньо низький середній показник тазогрудного індексу у корів-первісток голштинської породи (83,4 %) із високою та статистично достовірною різницею в порівнянні з ровесницями українських чорно-рябої та червоно-рябої молочних порід, яка становила відповідно 1,8% (P < 0,001; t_d=3,77) та 3,6% (P < 0,001; t_d=8,19), виразно підкреслює характерний молочний тип голштинської худоби власної селекції.

Таблиця 1

Проміри статей екстер'єру корів-первісток різних порід, %

Ознака	Голштинська		Українська чорно-ряба молочна		Українська червоно-ряба молочна	
	x ± S.E.	*Cv, %*	*x ± S.E.*	*Cv, %*	*x ± S.E.*	*Cv, %*
Оцінено тварин	128		132		145	
Проміри, см: висота в: холці	137,5 ± 0,28	2,55	135,8 ± 0,25	2,43	134,6 ± 0,23	2,88
крижах	145,6 ± 0,24	2,44	143,6 ± 0,21	2,33	141,2 ± 0,19	2,51
глибина грудей	73,8 ± 0,19	3,31	73,5 ± 0,23	4,25	73,1 ± 0,22	4,24
ширина: грудей	44,6 ± 0,31	4,57	44,8 ± 0,27	5,39	45,4 ± 0,24	5,32
в маклоках	53,7 ± 0,19	2,33	52,6 ± 0,18	2,56	52,2 ± 0,18	2,43
у кульшах	51,4 ± 0,20	3,76	50,4 ± 0,17	2,43	49,6 ± 0,16	2,54
у сідничних горбах	36,3 ± 0,18	3,67	35,6 ± 0,15	4,51	34,8 ± 0,15	3,42
навскісна довжина: заду	54,2 ± 0,19	3,53	53,3 ± 0,16	3,11	52,6 ± 0,14	2,95
тулуба	163,1 ± 0,41	3,61	161,5 ± 0,36	3,41	160,3 ± 0,33	2,85
обхват: грудей	196,3 ± 0,59	4,38	194,2 ± 0,51	4,51	192,7 ± 0,53	5,26
п'ястка	19,1 ± 0,11	3,54	19,2 ± 0,09	3,44	19,4 ± 0,08	3,43

Таблиця 2

Індекси будови тіла корів-первісток різних порід, %

Назва індексу	Голштинська		Українська чорно-ряба молочна		Українська червоно-ряба молочна	
	x ± S.E.	*Cv, %*	*x ± S.E.*	*Cv, %*	*x ± S.E.*	*Cv, %*
Оцінено тварин	128		132		145	
Довгоногості	46,3 ± 0,18	4,52	45,9 ± 0,19	4,89	45,7 ± 0,18	4,72
Розтягнутості	118,6 ± 0,29	3,17	118,9 ± 0,28	2,86	119,1 ± 0,25	2,69
Тазогрудний	83,4 ± 0,44	5,32	85,2 ± 0,38	5,63	87,0 ± 0,33	5,22
Грудний	60,4 ± 0,31	5,42	61,0 ± 0,29	5,13	62,1 ± 0,25	4,88
Збитості	120,4 ± 0,48	4,78	120,2 ± 0,39	4,09	120,2 ± 0,34	3,97
Перерослості	105,9 ± 0,19	2,04	105,7 ± 0,18	1,86	104,9 ± 0,15	1,68
Шилозадості	147,9 ± 0,55	4,15	147,8 ± 0,46	3,77	150,0 ± 0,43	3,56
Костистості	13,9 ± 0,07	4,59	14,1 ± 0,05	3,82	14,4 ± 0,04	3,66
Масивності	142,8 ± 0,52	4,21	143,0 ± 0,44	3,91	143,2 ± 0,38	3,74
Глибокогрудості	53,7 ± 0,19	3,85	54,1 ± 0,18	3,87	54,3 ± 0,17	3,66
Широкогрудості	32,4 ± 0,21	5,22	33,0 ± 0,17	5,97	33,7 ± 0,14	4,14
Формату таза	95,7 ± 0,33	3,85	95,8 ± 0,25	2,42	95,0 ± 0,21	2,04

Грудний індекс певною мірою доповнює тазогрудний, а одержана різниця у 0,6 % в порівнянні з чорно-рябими ровесницями та високодостовірна – 1,7 % (P < 0,001; t_d=4,26) з червоно-рябими на користь голштинських тварин вказує на деяку вузькогрудість останніх та, відповідно, широкогрудість червоно-рябої худоби.

Індекс збитості або компактності слугує чудовим показником загального розвитку організму та маси тіла, зокрема. Завдяки незначній міжпородній варіабельності (120,2–120,4 %), він демонструє добре сформований екстер'єрний тип тварин незалежно від породи.

Аналогічна ситуація спостерігається при оцінюванні первісток різних порід за індексом перерослості, який є важливим показником росту та розвитку організму у постембріональний період. Наші дослідження продемонстрували, що середні значення цього індексу підтверджують однаково добрий розвиток будови тіла у тварин чорно-рябих порід без суттєвих відмінностей між групами. Разом із цим, первістки української червоно-рябої молочної породи мали нижчий індекс перерослості, ніж їх ровесниці з чорно-рябих груп на 0,8–1,0 % (P < 0,001), що вказує на менш виражене співвідношення висотних промірів у холці та крижах.

Індекс шилозадості майже однаковий у первісток голштинської та української чорно-рябої молочної порід, що достовірно нижче на 2,1 і 2,2 % у порівнянні з ровесницями української червоно-рябої (P < 0,001) у яких ширина у сідничних горбах менша відповідно на 1,5 та 0,8 см.

Індекс костистості дає уявлення про відносний розвиток скелету. Надто низьке значення свідчить про істотне стоншення кістяка, тоді як високе – вказує на масивність скелету та більш грубу будову тіла. За цим індексом спостерігається міжпородна різниця, яка свідчить, тонший кістяк у первісток голштинської породи та товщий у червоно-рябої. Хоча за результатами оцінки перевищення голштинської породи українську чорно-рябу молочну на 0,3% (P < 0,001; t_d=3,49), а червоно-рябу – на 0,6 % (P < 0,001; t_d=7,44) з різницею достовірної значущості, середні показники індексу костистості за своїм рівнем характеризують усі породи як спеціалізовані молочні.

Відносний розвиток тулуба, що визначається індексом масивності, добре виражений у тварин усіх порід. Індекс глибокогрудості свідчить про добрий розвиток грудної клітини тварин усіх трьох груп з дещо кращим показником (53,7 %) у тварин голштинської породи, оскільки вищий індекс свідчить про більш мілкі груди у тварин. Ширші груди за проміром формують у тварин вищий рівень індексу широкогрудості. За цим індексом первістки української червоно-рябої молочної породи достовірно переважають ровесниць голштинської на 1,3 % (P < 0,001; t_d=5,51), а української чорно-рябої на 0,7 % (P < 0,01; t_d=3,18). За індексом формату тазу голштинські первістки української червоно-рябої молочної породи дещо поступаються ровесницям чорно-рябих порід.

Одним із ключових факторів, що впливають на успішність селекції молочної худоби, є кореляція між характеристиками екстер'єру та показниками молочної продуктивності (Burkat et al., 2004; Boiko et al., 2015; Fedorovych et al., 2015; Stavetska & Dynko, 2016). У сучасній практиці селекції великої рогатої худоби за зовнішніми ознаками найбільше значення мають ті статі, які тісно пов'язані з продуктивними показниками тварин. З урахуванням цього аспекту були обчислені коефіцієнти кореляції між промірами екстер'єрних ознак і величиною надою за 305-денний період лактації у корів-первісток досліджуваних порід. Встановлені коефіцієнти кореляції, отримані при дослідженні зв'язку між промірами окремих статей будови тіла та показниками надою за період оцінюваної лактації корів молочних порід, свідчать про їхню варіабельність і достовірність, що залежить від породи та проміру конкретної статі (табл. 3).

Високі як за величиною, так і за ступенем достовірності кореляції встановлено за висотними промірами в холці (r=0,277–0,382) та крижах (r=0,304–0,394) у межах усіх оцінених порід, а також за глибиною грудей (r=0,405–0,446), шириною у маклоках (r=0,288–0,368), кульшах (r=0,272–0,356) та сідничних горбах (r=0,285–0,373), навкісною довжиною заду (r=0,278–0,311) та тулуба (r=0,255–0,311) і обхватом грудей (r=0,266–0,366).

Таким чином, у більшості випадків виявлено високонадійні кореляційні зв'язки між окремими статями екстер'єру та величиною надою за першу лактацію. Це переконливо свідчить про те, що добір корів за екстер'єрними показниками може забезпечити ефективну масову селекцію стосовно молочної продуктивності.

Таблиця 3

Зв'язок статей екстер'єру з надоєм корів-первісток молочних порід

Ознака	Голштинська		Українська чорно-ряба молочна		Українська червоно-ряба молочна	
	$r \pm m_r$	t_r	$r \pm m_r$	t_r	$r \pm m_r$	t_r
Оцінено тварин	128		132		145	
Проміри, см: висота в: холці	0,382 ± 0,074[3]	5,16	0,277 ± 0,068[3]	4,07	0,288 ± 0,062[3]	4,64
крижах	0,394 ± 0,072[3]	5,47	0,304 ± 0,065[3]	4,68	0,314 ± 0,065[3]	4,83
глибина грудей	0,446 ± 0,068[3]	6,66	0,369 ± 0,064[3]	5,76	0,405 ± 0,062[3]	6,53
ширина: грудей	0,114 ± 0,073[1]	1,98	0,096 ± 0,066	1,45	0,131 ± 0,065[1]	2,01
в маклаках	0,368 ± 0,074[3]	4,97	0,288 ± 0,067[3]	4,30	0,312 ± 0,063[3]	4,95
у кульшах	0,356 ± 0,072[3]	4,94	0,272 ± 0,068[3]	4,00	0,288 ± 0,065[3]	4,43
у сідничних горбах	0,373 ± 0,075[3]	4,97	0,285 ± 0,065[3]	4,38	0,315 ± 0,062[1]	5,08
навскісна довжина: заду	0,298 ± 0,072[3]	4,14	0,311 ± 0,064[3]	4,86	0,278 ± 0,063[1]	4,41
тулуба	0,311 ± 0,074[3]	4,20	0,293 ± 0,067[3]	4,37	0,255 ± 0,062[1]	4,11
обхват: грудей	0,366 ± 0,073[3]	5,01	0,266 ± 0,071[3]	3,74	0,322 ± 0,059[1]	5,46
п'ястка	0,122 ± 0,071	1,71	0,084 ± 0,069	1,22	0,096 ± 0,068	1,41

Інтенсифікація селекційної роботи з молочною худобою неможлива без глибокого розуміння генетичної ситуації у стаді, яка залежить від мінливості та успадковуваності ознак. У популяційній генетиці кількісних ознак ключову роль відіграє ступінь їхньої успадковуваності. Аналізуючи показники мінливості та успадковуваності господарськи корисних показників, можна визначити чинники, що впливають на рівень їх прояву, зокрема умови середовища, методи схрещування та дію різноманітних генетичних факторів.

Успадковуваність кількісної ознаки завжди залежить від конкретних умов і визначається такими факторами, як рівень гомозиготності тварин у популяції, генетичної однорідності та детермінації, а також впливу зовнішнього середовища і ступеня мінливості.

Генетичні дослідження показали, що будова тіла, як і інші кількісні ознаки, визначається полімерними (адитивними) генами за проміжного успадкування (Salohub et al., 2010; Kohut et al., 2022). Ці ознаки мають високий рівень мінливості за коефіцієнтами успадковуваності як для промірів, так і індексів будови тіла корів. Як наслідок, це свідчить про значний вплив як генетичних факторів, так і умов зовнішнього середовища на формування цих параметрів.

З огляду на актуальність проблеми та роль спадковості у селекції корів за екстер'єрним типом, нами були розраховані коефіцієнти успадковуваності параметрів будови тіла корів-первісток. Для цього було використано метод однофакторного дисперсійного аналізу, через силу впливу бугаїв-плідників. Метою дослідження було визначення ступеня залежності розвитку екстер'єрних ознак від різних спадкових та паратипових факторів (табл. 4).

Результати аналізу даних вказують, що генотипова мінливість показників будови тіла корів-первісток контрольованих порід варіюється залежно від коефіцієнтів успадковуваності та достовірності критеріїв Фішера в межах загальної фенотипової мінливості екстер'єру, враховуючи походження тварин.

Таблиця 4

Коефіцієнти успадковуваності промірів екстер'єру корів-первісток молочних порід

Ознака	Голштинська		Українська чорно-ряба молочна		Українська червоно-ряба молочна	
	h^2	F	h^2	F	h^2	F
Організований фактор / об'єм	17/128		14/132		16/145	
Проміри, см: висота в: холці	$0{,}426^3$	4,22	$0{,}334^3$	3,45	$0{,}289^3$	3,64
крижах	$0{,}412^3$	4,04	$0{,}329^3$	3,38	$0{,}292^3$	3,56
глибина грудей	$0{,}388^3$	3,88	$0{,}377^3$	3,42	$0{,}375^3$	3,48
ширина: грудей	$0{,}178^2$	2,54	$0{,}168^2$	2,53	$0{,}187^2$	2,85
в маклаках	$0{,}387^3$	3,63	$0{,}311^3$	3,43	$0{,}296^3$	3,36
у кульшах	$0{,}379^3$	3,61	$0{,}322^3$	3,47	$0{,}302^3$	3,77
у сідничних горбах	$0{,}381^3$	3,59	$0{,}325^3$	3,43	$0{,}314^3$	3,84
навскісна довжина: заду	$0{,}394^3$	3,85	$0{,}312^2$	3,28	$0{,}304^3$	3,76
тулуба	$0{,}382^3$	3,95	$0{,}319^3$	3,47	$0{,}323^3$	3,48
обхват: грудей	$0{,}344^2$	3,26	$0{,}355^3$	3,88	$0{,}334^3$	3,45
п'ястка	$0{,}172^1$	2,23	$0{,}159^1$	2,13	$0{,}187^1$	2,27

Оцінюючи загальну картину стосовно рівня показників успадковуваності, можна стверджувати, що панівна кількість із них забезпечить ефективний масовий добір за статями будови тіла. Достатніми для ефективного добору, як для екстер'єрних ознак, за показниками коефіцієнтів успадковуваності відрізнялися первістки голштинської породи, значення яких варіювало у межах 0,172–0,426.

За аналогічних умов генетичних та паратипових чинників мінливість промірів будови тіла первісток українських чорно - та червоно-рябої молочних порід коефіцієнти успадковуваності коливалися у дещо менших межах, відповідно 0,159–0,377 та 0,187–0,375.

Висновки

Порівняльний аналіз лінійних промірів екстер'єру молочних порід свідчить про міжпородну різницю на користь голштинської породи, тварини якої у віці першої лактації перевищують ровесниць українських чорно-рябої та червоно-рябої молочних порід за показниками, які характеризують висоту, розвиток грудної клітини, тулуба та заду.

Індекси будови тіла характеризують корів як тварин інтенсивного молочного типу, а встановлені достовірні зв'язки статей екстер'єру з надоєм та рівень їхньої успадковуваності забезпечують ефективність селекції за молочною продуктивністю.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів.

References

Boiko, O. V., Sotnichenko, Yu. M., & Tkach, Ye. F. (2015). Uspadkuvannia ta spivvidnosna minlyvist statei eksterieru koriv molochnykh porid [Inheritance and sex-related variability of the exterior of dairy cows]. Animal breeding and genetics, 49, 69–75 (in Ukrainian).

Burkat, V. P., Polupan, Yu. P., & Yovenko, I. V. (2004). Liniina otsinka koriv za typom [Linear assessment of cows by type]. K.: Agrarian science (in Ukrainian).

Eifeel, A., Husiatynska, O., & Susol, R. (2022). Suchasnyi stan ta perspektyvy rozvytku haluzi molochnoho skotarstva v Ukraini. Agrarian bulletin black sea littoral, 104, 118–128. DOI: 10.37000/abbsl.2022.104.17 (in Ukrainian).

Fedorovych, V. V., Orikhivskyi, T. V., & Babik, N. P. (2015). Zalezhnist molochnoi produktyvnosti koriv symentalskoi porody vid promiriv statei tila pislia yikh pershoho otelennia [Dependence of milk productivity of Simmental cows on body measurements after their first calving]. Scientific Bulletin of the Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology named after Gzhytsky, 17(1(3), 218–225 (in Ukrainian).

García-Ruiz, A., Ruiz-López, F. J., Vázquez-Peláez, C. G., & Valencia-Posadas, M. (2016). Impact of conformation traits on genetic evaluation of length of productive life of Holstein cattle. International Journal of Livestock Production, 7(11), 121–129. URL: https://academicjournals.org/journal/IJLP/article-full-text-pdf/338FE3860409.

Hladii, M. V., Polupan, Yu. P., Bazyshyna, I. V., Bezrutchenko, I. M., & Polupan, N. L. (2014). Vplyv henetychnykh i paratypovykh chynnykiv na hospodarsky korysni oznaky koriv [The influence of genetic and paratypic factors on economically useful traits of cows]. Animal breeding and genetics, 48, 48–61 (in Ukrainian).

Hnatiuk, S. I. (2013). Osoblyvosti budovy tila koriv riznykh typiv ukrainskoi chervonoi molochnoi porody zalezhno vid vplyvu henotypovykh ta paratypovykh chynnykiv [Peculiarities of the body structure of cows of different types of the Ukrainian red dairy breed depending on the influence of genotypic and paratypic factors]. Bulletin of the Sumy National Agrarian University. "Livestock" series, 1(22), 28–32 (in Ukrainian).

Karpenko, B. M. (2021). Vplyv otsinky liniinykh oznak, yaki kharakteryzuiut stan kintsivok, na tryvalist zhyttia koriv ukrainskoi chorno-riaboi molochnoi ta holshtynskoi porid [The influence of the assessment of linear traits characterizing the condition of the limbs on the lifespan of cows of the Ukrainian black-and-white dairy and Holstein breeds]. Bulletin of the Sumy National Agrarian University. "Livestock" series, 3(46), 52–60. DOI: 10.32845/bsnau.lvst.2021.3.8 (in Ukrainian).

Karpenko, B. M., Povod, M. H., Bordunova, O. H., & Opara, V. O. (2025). Spivvidnosna minlyvist oznak liniinoi otsinky z nadoiem koriv-pervistok holshtynskoi porody [Correlation of linear score traits variability with milk yield of Holstein first-born cows]. Animal breeding and genetics, 69, 40–47. DOI: 10.31073/abg.69.04 (in Ukrainian).

Khmelnychyi, L. M. (2007a). Bazhanyi eksteriernyi typ koriv molochnoi khudoby [Desirable exterior type of dairy cows]. Animal breeding and genetics, 41, 261–269 (in Ukrainian).

Khmelnychyi, L. M. (2007b). Otsinka eksterieru tvaryn v systemi selektsii molochnoi khudoby: monohrafiia [Evaluation of animal conformation in the dairy cattle breeding system: monograph]. Sumy: GDP "Mriya 1" LLC. (in Ukrainian).

Khmelnychyi, L. M. (2013). Praktychnyi dosvid, stan ta perspektyva vykorystannia metodyky liniinoi klasyfikatsii koriv molochnoi khudoby v Ukraini [Practical experience, status and prospects of using the linear classification method of dairy cows in Ukraine]. Bulletin of the Sumy National Agrarian University. "Livestock" series, 7(23), 11–19 (in Ukrainian).

Khmelnychyi, L. M., & Karpenko, B. M. (2021a). Tryvalist zhyttia koriv molochnoi khudoby zalezhno vid otsinky liniinykh oznak vymeni [Lifetime of dairy cows depending on the assessment of the udder linear traits]. Bulletin of the Sumy NAU. "Livestock" series, 2(45), 16–28. DOI: 10.32845/bsnau.lvst.2021.2.3 (in Ukrainian).

Khmelnychyi, L. M., & Karpenko, B. M. (2021b). Osoblyvosti eksterieru koriv chorno-riaboi khudoby riznoho pokhodzhennia za promiramy ta indeksamy budovy tila [Peculiarities of the exterior of black and spotted cattle cows of different origin according to body measurements and indices] Bulletin of the Sumy National Agrarian University. Livestock, 4 (47), 24–32. DOI: 10.32845/bsnau.lvst.2021.4.5 (in Ukrainian).

Khmelnychyi, L. M., & Vechorka, V. V. (2017). Tryvalist zhyttia koriv ukrainskoi chervono-riaboi molochnoi porody zalezhno vid otsinky liniinykh oznak [Cows lifetime of Ukrainian Red-and-White dairy breed depending on the linear traits assessment]. Animal Breeding and Genetics, 53, 197–208 (in Ukrainian).

Khmelnychyi, L. M., Bardash, D. O., Klymenko, O. I., & Bondarchuk, L. V. (2019). Osoblyvosti formuvannia eksterieru koriv-pervistok ukrainskoi chervono-riaboi molochnoi porody za pokaznykamy promiriv ta indeksiv budovy tila [Peculiarities of the formation of the exterior of first-born cows of the Ukrainian red-motley dairy breed according to measurements and body composition indices]. Animal breeding and genetics, 58, 67–71. DOI: 10.31073/abg.58.09 (in Ukrainian).

Khmelnychyi, L. M., Samokhina, Ye. A., & Khmelnychyi, S. L. (2023). Liniina klasyfikatsiia koriv ukrainskoi buroi molochnoi porody za eksteriernym typom ta spivvidnosna minlyvist opysovykh oznak za pokaznykamy dovholittia [Linear classification of Ukrainian brown dairy cows by exterior type and relative variability of descriptive traits by longevity indicators]. Bulletin of the Sumy National Agrarian University. "Livestock" series, 1(52), 66–75. DOI: 10.32782/bsnau.lvst.2023.1.10 (in Ukrainian).

Khmelnychyi, L. M., Vechorka, V. V., & Khmelnychyi, S. L. (2018). Osoblyvosti eksteriernoho typu molochnoi khudoby riznoho pokhodzhennia ta spivvidnosna minlyvist liniinykh oznak z nadoiem koriv holshtynskoi porody [Features of the exterior type of dairy cattle of different origins and the correlation of linear trait variability with milk yield of Holstein cows]. Animal breeding and genetics, 56, 77–84. DOI: 10.31073/abg.56.10 (in Ukrainian).

Klopenko, N. I., Stavetska, R. V., Bushtruk, M. V., Starostenko, I. S., & Babenko O. I. (2018). Vplyv

henotypnykh faktoriv na formuvannia hospodarsko korysnykh oznak koriv ukrainskoi chorno-riaboi molochnoi porody [The influence of genotypic factors on the formation of economically useful traits of Ukrainian black-and-white dairy cows]. Technology of production and processing of livestock products, 2, 6–13. DOI: 10.33245/2310-9289-2018-145-2-06-13 (in Ukrainian).

Kohut, M., Petryshyn, M., Sedilo, H., & Fedak, N. (2022). Exterior of cows of the Ukrainian black-spotted dairy breed, obtained under various selection options. Scientific Horizons, 25(9), 19–29. DOI: 10.48077/scihor.25(9).2022.19-29 (in Ukrainian).

Kumar, I., Mukherjee, A., Gowane, G. R., Kamboj, M. L., Malhotra, R. K., & Mukherjee, S. (2024). Assessing the importance of linear type traits and their association with functional, production and reproduction traits in Karan Fries cattle through multi-trait Bayesian method. Acta Agriculturae Scandinavica, Section A — Animal Science, 1–12. DOI: 10.1080/09064702.2024.2442974.

Ladyka, V. I., Khmelnychyi, L. M., & Khmelnychyi, S. L. (2019). Vplyv rozvytku liniinykh oznak eksterieru, yaki kharakteryzuiut stan rozvytku tuluba, na zhyttiezdatnist koriv ukrainskoi buroi molochnoi porody [The influence of the development of linear exterior features, which characterize the state of body development, on the viability of Ukrainian brown dairy cows]. Animal breeding and genetics, 58, 120–129. DOI: 10.31073/abg.58.16 (in Ukrainian).

Ladyka, V. I., Khmelnychyi, L. M., & Povod, M. G. (2023). Tekhnolohiia vyrobnytstva ta pererobky produktsii tvarynnytstva: pidruchnyk dlia aspirantiv [Technology of production and processing of livestock products: a textbook for graduate students]. Odesa: Oldi+. Edited by V. I. Ladyka and L. M. Khmelnychyi (in Ukrainian).

Ladyka, V. I., Khmelnychyi, L. M., & Salohub, A. M. (2010). Spoluchna minlyvist statei eksterieru koriv z molochnoiu produktyvnistiu [Linking sex variability of cow exterior with milk productivity]. Collection of scientific papers of the Bila Tserkva National University. Technology of production and processing of livestock products, 3(72), 9–11. (in Ukrainian).

Law of Ukraine on amendments to the Law of Ukraine "On Pedigree Livestock". Holos Ukrainy, 25 Jan 2000, № 13 (2260), pp. 4–5 (in Ukrainian).

Pendiuk, A. R., Fedorovych, V. V., & Mazur, N. P. (2020). Formuvannia eksterieru koriv ukrainskoi chorno-riaboi molochnoi porody za pohlynalnoho skhreshchuvannia [Formation of the exterior of Ukrainian black-and-white dairy cows through absorptive crossing]. Animal breeding and genetics, 59, 67–77. DOI: 10.31073/abg.59.08 (in Ukrainian).

Polupan, Yu. P. (2013). Ontohenetychni ta selektsiini zakonomirnosti formuvannia hospodarsky korysnykh oznak molochnoi khudoby : dys. ... doktora s.-h. nauk : 06.02.01 / Yu. P. Polupan [Ontogenetic and selection regularities of the formation of economically useful traits of dairy cattle: diss. ... Dr. s.-g. sciences: 06.02.01; Institute of Animal Breeding and Genetics of the National Academy of Sciences. Chubynske village, Kyiv region (in Ukrainian).

Polupan, Yu. P., & Pryima, S. V. (2023). Dynamika eksteriernykh osoblyvostei pervistok molochnykh porid [Dynamics of exterior features of first-born dairy breeds]. Animal breeding and genetics, 65, 105–127. DOI: 10.31073/abg.65.10 (in Ukrainian).

Polupan, Yu. P., Melnyk, Yu. F., Bazyshyna, I. V., Pochukalin, A. Ye., Pryima, S. V., Rieznykova, N. L., & Polupan, N. L. (2023). Dynamika eksterieru koriv pervistok riznykh rokiv otsiniuvannia, viku i sezonu narodzhennia ta otelennia [Dynamics of the exterior of first-born cows of different years of assessment, age and season of birth and calving]. Animal breeding and genetics. 66, 95–107. DOI: 10.31073/abg.66.10 (in Ukrainian).

Polupan, Yu. P., Polupan, N. L. Bazyshyna, I. V., Pryima, S. V., & Pochukalin, A. Ye. (2024). Osoblyvosti eksterieru koriv riznykh porid i vnutrishnoporidnykh typiv [Features of the exterior of cows of different breeds and intrabreed types]. Animal breeding and genetics, 67, 127–139. DOI: 10.31073/abg.67.13 (in Ukrainian).

Povod, M. H., Samokhina, Ye. A., & Khmelnychyi, S. L. (2022). Uspadkovuvanist liniinykh oznak typu koriv ukrainskoi chervono-riaboi molochnoi porody ta yikhnii zviazok z oznakamy produktyvnosti y dovholittia [Heritability of linear traits of the type of Ukrainian red-and-white dairy breed of cows and their relationship with traits of productivity and longevity]. Bulletin of the Sumy National Agrarian University. "Livestock" series, 4(51), 23–32. DOI: 10.32845/bsnau.lvst.2022.4.4 (in Ukrainian).

Rudyk, I. A., Bushtruk, M. V., Starostenko, I. S., Stavetska, R. V., Ponomarenko, I. V., Tkachenko, S. V., & Danylenko, V. P. (2009). Rozvedennia silskohospodarskykh tvaryn: Navchalnyi posibnyk [Farm Animal Breeding: A Study Guide]. Under the editorship Rudyka I. A.: K. (in Ukrainian).

Salohub, A.M., Ladyka, V. I., & Khmelnychyi, L. M. (2010). Uspadkovuvanist eksteriernoho typu koriv ukrainskoi chorno-riaboi molochnoi porody. Faktory eksperymentalnoi evoliutsii orhanizmiv [Inheritance of the exterior type of Ukrainian black-and-white dairy cows. Factors of experimental evolution of organisms]. Collection of scientific papers of the National Academy of Sciences of Ukraine, National Academy of Sciences of Ukraine, Academy of Medical Sciences of Ukraine, Ukrainian Society of Geneticists and Breeders named after M. I. Vavilov. Kyiv: Logos, 8, 429–433 (in Ukrainian).

Salohub, A. M., & Khmelnychyi, L. M. (2011). Osoblyvosti uspadkovuvanosti ta spoluchnoi minlyvosti oznak eksterieru koriv ukrainskoi chervono-riaboi molochnoi porody [Features of heritability and associated variability of exterior traits of Ukrainian red-and-pigmented dairy cows]. Collection of scientific papers of Vinnytsia National University. Series: Agricultural Sciences, 8(48), 59–62 (in Ukrainian).

Shuliar, A. L. (2019). Porivnialnyi analiz hospodarsky korysnykh oznak koriv ukrainskoi chorno-riaboi molochnoi porody riznykh henotypiv z parametramy

tvaryn bazhanoho typu [Comparative analysis of economically useful traits of Ukrainian black-and-white dairy cows of different genotypes with parameters of animals of the desired type]. Young Scientist, 8(72), 1–5. DOI: 10.32839/2304-5809/2019-8-72-1 (in Ukrainian).

Soni, A., Mishra, S., Santra, A. K., Singh, N., Pathak, R., Bobade, M. D., Dubey, A., Sonkar, N., & Bhagat, S. (2020). Correlation between the Linear Type Traits and Milk Yields and its Composition in Dairy Cattle. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 9(4), 174–180. DOI: 10.20546/ijcmas.2020.904.022.

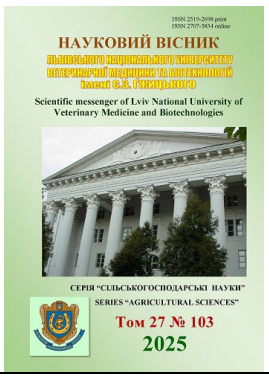
Stavetska R. V., & Dynko Yu. P. (2016). Spivvidnosna minlyvist molochnoi produktyvnosti ta promiriv tila pervistok ukrainskoi chorno-riaboi molochnoi porody [Correlated variability of milk production and body measurements of first-born heifers of the Ukrainian black-and-white dairy breed]. Technology of production and processing of livestock products, 1, 108–114. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/tvppt_2016_1_22 (in Ukrainian).

Yefimenko, M. Ya., Ruban, S. Yu., Biriukova, O. D., Bratushka, R. V., Kovalenko, H. S., Cherniak, N. H., Sharan, P. I., Kuzebnyi, S. V., Havrylenko, M. S., Pryima, S. V., Shvets, N. V., & Holosa, H. O. (2013). Prohrama selektsii ukrainskoi chorno-riaboi molochnoi porody velykoi rohatoi khudoby na 2013-2020 roky; za red. M. Ya. Yefimenka. [Breeding Program for the Ukrainian Black and White Dairy Cattle Breed for 2013-2020; edited by M. Ya. Yefimenko]. Chubynske (in Ukrainian).

Zavadilová, L., & Štípková, M. (2012). Genetic correlations between longevity and conformation traits in the Czech Holstein population. Czech Journal of Animal Science, 57(No. 3), 125–136. DOI: 10.17221/5566-cjas.

Zhukorskyi, O. M., Romanova, O. V., Mykhailenko, N. H., Pryima, S. V., Pochukalin, A. Ye., & Basovskyi, D. M. (2025). Derzhavnyi reiestr sub'iektiv pleminnoi spravy u tvarynnytstvi za 2024 rik ; zahalna redaktsiia S. V. Pryimy [State Register of Subjects of Breeding in Animal Husbandry for 2024; general editor S. V. Prymy]. Kyiv, 2025. Volume II (in Ukrainian).

Zink, V., Zavadilová, L., Lassen, J., Štípková, M., Vacek, M., & Štolc, L. (2014). Analyses of genetic relationships between linear type traits, fat-to-protein ratio, milk production traits, and somatic cell count in first-parity Czech Holstein cows. Czech Journal of Animal Science, 59(12), 539–547. DOI: 10.17221/7793-cjas.



Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького. Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences

ISSN 2519–2698 print
ISSN 2707-5834 online
doi: 10.32718/nvlvet-a10326
https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture

UDC 502.3:504.3.5(477.82)

Analysis of environmental monitoring of atmospheric air in Zhytomyr region

O. F. Dunaievska[1]✉, I. M. Sokulskyi[1], B. V. Gutyj[2], M. L. Radzykhovskyi[3]

[1]*Polissia National University, Zhytomyr, Ukraine*
[2]*Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, Lviv, Ukraine*
[3]*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

Article info

Received 24.07.2025
Received in revised form 27.08.2025
Accepted 28.08.2025

Polissia national university, Staryj Boulevard, 7, Zhytomyr, 10008, Ukraine.
Tel.: +38-050-447-82-28
E-mail: oksana_fd@ukr.net

Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, Pekarska Str., 50, Lviv, 79010, Ukraine.

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Heroiv Oborony Str., 15, Kyiv, 03041, Ukraine.

Dunaievska, O. F., Sokulskyi, I. M., Gutyj, B. V., & Radzykhovskyi, M. L. (2025). Analysis of environmental monitoring of atmospheric air in Zhytomyr region. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 27(103), 223–230. doi: 10.32718/nvlvet-a10326

Ensuring environmental safety is a key task of modern society, aimed at realizing the citizens' right to a safe and healthy environment. In this context, environmental monitoring acquires particular importance, as it allows for assessing the ecological state of the environment and developing effective measures to prevent its degradation. Atmospheric air is one of the most important components of the environment, as it performs critically vital functions in sustaining human, animal, and plant life. Its quality directly affects public health, biodiversity, and the overall stability of ecosystems. The main goal of air protection is to preserve its current state and gradually restore its natural purity. This involves the implementation of technological and organizational measures aimed at reducing pollution levels. Among such measures are the reduction of harmful emissions, improvement of industrial and transport emission treatment systems, and the use of environmentally friendly energy sources. The article presents the results concerning the state and dynamics of air pollution in the Zhytomyr region. The purpose and objectives of the study were to investigate the ecological state of atmospheric air in the Zhytomyr region and its temporal variability. The main tasks included: identifying the impact on the ecological state of the atmosphere, studying the volume and types of pollutants, and analyzing their relation to industrial development and other factors. In the Zhytomyr region, substances atypical for the natural composition of the atmosphere are released as a result of stationary and mobile sources. Industrial production has declined in the region, leading to a reduction in emissions from stationary sources. According to 2021 data, the largest contributor to air pollution was motor transport, whose emissions accounted for more than seventy percent of carbon oxides. Emissions from motor vehicles can exceed similar indicators from industrial sources by four times. On average, each inhabitant of the region accounts for about seventy kilograms of pollutants per year, which equals roughly two hundred grams per day. The results of the study may be used to summarize and analyze monitoring research on the ecological state of the air basin of the Zhytomyr region. In particular, they contribute to identifying the main sources of pollution, assessing the dynamics of harmful emissions into the air, determining zones of increased environmental risk, and substantiating measures to improve the condition of atmospheric air.

Keywords: *ecological state, pollution level, atmospheric air, regulatory documents, hazardous factors, human and animal organism.*

Introduction

In Ukraine, every citizen is guaranteed the right to a safe environment that ensures the preservation of life and health (Kirin, 2023; Solodan, 2023). The state recognizes environmental safety as one of the fundamental conditions for social well-being and sustainable development of society (Buzunko & Krasnova, 2022; Bondar et al., 2023). The national security strategy emphasizes that human interests are an integral part of national interests, and the creation of safe living conditions for citizens is considered a key aspect of ensuring the overall security of the country (Chizhov, 2023).

This approach justifies the need for implementing effective measures to prevent environmental risks, counter anthropogenic threats, and create a favorable natural environment. Environmental protection under current challenges becomes a strategic direction that requires coordination of actions at all levels of government, involvement of civil society, and integration of ecological principles

into state policy (Zarzhytskyi, 2012; Vashchyshyn, 2024). Thus, individual human security is viewed through the prism of the country's collective security, which highlights the importance of ecological stability for maintaining national integrity.

The state guarantees a safe environment, including an ecological one, for life and health. This guarantee is one of the fundamental principles of environmental protection (Miroshnyk et al., 2021; Krasnova, 2023). Moreover, the ecological environment represents a fundamental basis for the existence and development of animals (Jones & Safi, 2011; Shevchyk et al., 2023). It consists of a set of natural conditions that include physical, chemical, and biological factors (Grabovska et al., 2020). However, an important component of the ecological environment is the interaction between organisms. Animals, plants, and microorganisms form a complex network of interrelations that determine population dynamics, energy exchange, and ecosystem stability (Hetman, 2017; Sviatchenko & Korabliova, 2019). These interactions—such as symbiosis, predation, or competition—play a key role in maintaining biological balance and in species' adaptation to environmental changes. Understanding the structure and functioning of the ecological environment is essential for predicting changes in natural ecosystems and for preserving biodiversity (Ahmad et al., 2013).

Therefore, the ecological environment should be regarded as an integral system that ensures the life activity of animals, promotes their evolutionary development, and sustains the ecological stability of the planet.

A whole range of factors affects the state of the atmosphere. Thus, hostilities have a negative impact on the environment, including the atmosphere (Roman, 2022). Environmental damage in monetary terms amounted to about 2 trillion UAH as of December 2023 (Strelets R. Environmental damage, 2024). Back in 2015, due to water and air pollution in Donetsk region, an ecological catastrophe was possible (War and the environment…, 2024). Protected areas are also affected, especially in Luhansk and Donetsk regions (Gubareva, 2024). In just a year and a half of war, an enormous number of animals and plants have been destroyed (Omelchuk & Sadogurska, 2024; Pirgo, 2024). Protected areas, particularly in Luhansk and Donetsk regions, have also suffered (Gubareva, 2024).

The war in Ukraine harms the natural environment of the entire planet. This is caused by massive atmospheric emissions that will inevitably lead to climate change, pollution of all types of water, dangerous reduction of biodiversity indicators, and soil degradation (Haque et al., 2022; Dunaievska et al., 2024; Polukarov et al., 2024). The south of the country is especially vulnerable, as the steppe zone is more prone to wind erosion (Omelchuk & Sadogurska, 2024). The disturbance of birds' natural habitats results in their not returning to traditional territories, losing migration routes, and significantly decreasing populations, with fewer offspring being produced (Pipia, 2024).

Human development is impossible without industrial development. Consequently, the volume of emissions into the atmosphere under such civilizational growth will only increase (Bondar et al., 2023). The main pollutants are industry and motor transport (Kuris et al., 2017). Atmospheric pollution from industrial sources is almost twice as high as that from transport. The most powerful emissions into the atmosphere come from enterprises of the thermal energy cycle. The metallurgical and coal industries also make a significant "contribution" (Belokon, 2018; Osokina, 2024).

To meet all environmental safety requirements and to prevent possible environmental changes, the State Environmental Monitoring System operates in Ukraine (Resolution…, 1998). However, atmospheric air is subject to pollution from both stationary and mobile sources (Chugai et al., 2018). Some pollutants may have carcinogenic effects and lead to premature death. The World Health Organization identifies only three pollutants considered the most toxic to health: ground-level ozone, particulate matter with a diameter smaller than 2.5 μm, and nitrogen dioxide, and recommends regular risk assessment of their impact on human health (On approval of the Hygienic Standard…, 2024).

Therefore, the study of the ecological state of atmospheric air is a relevant task in the field of ecology. The use of the obtained data can ensure effective planning of environmental protection measures aimed at reducing pollution levels and improving the quality of life of the region's population.

Materials and Methods

The study dedicated to the assessment of the ecological state of the air basin of Zhytomyr region was carried out during 2023–2024. The object of the study was the air basin of the region, which is a key component of the regional environment and is influenced by numerous anthropogenic and natural factors. The subject of the study covered a comprehensive assessment of the main pollution indicators, identification of sources of harmful emissions into the atmosphere, and analysis of the dynamics of changes in the structure of pollutants.

Research methods: analytical and generalization (review of literature sources, processing of research results, formulation of conclusions); descriptive (processing of research results on the state of atmospheric air in Zhytomyr region); comparative (comparison of obtained results with previous studies); cartographic, statistical, and graphical methods. For the study, air samples were taken using special devices and impurities were determined in accordance with methodologies (DSTU ISO 4219:2004; Gryn et al., 2019).

An emission is the release of a mixture or individual pollutants into the atmosphere. These substances are formed at certain facilities, which are referred to as sources of formation. A pollutant can be of chemical or biological origin. Pollutant emissions affect human health and/or the state of the environment. Their list is regulated: emissions of such substances are standardized by the Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine of November 29, 2001, No. 1598 "List of the most common and dangerous pollutants, emissions of which into the atmospheric air are subject to regulation" and by the Order of the Ministry of Environmental Resources of May 10, 2002, No. 177 "Instruction on the procedure and

criteria for state registration of facilities that have or may have a harmful impact on human health and the state of atmospheric air, types and volumes of pollutants emitted into the atmospheric air".

Emission standards are established for pollutants. In cases where emission standards are exceeded, the determination and calculation of excess emissions are carried out in accordance with formulas specified in the "Methodology for calculating the amount of compensation for damages caused to the state as a result of excessive emissions of pollutants into the atmospheric air", approved by the Order of the Ministry of Energy and Environmental Protection of Ukraine of April 28, 2020, No. 277. After the excessive emission of pollutants is identified and calculated, the amount of compensation for damages is determined.

Separately, for emergency situations and martial law, the Methodology for calculating unorganized emissions of pollutants or mixtures of such substances into the atmospheric air as a result of emergencies and/or during martial law, and determining the amount of damage caused has been approved in accordance with Order No. 175 of April 13, 2022, of the Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine.

Results and Discussion

To control industrial emissions in the region, environmental specialists develop an Ecological Passport. This document makes it possible to compile a list of enterprises that have a significant impact on air quality and contribute the largest amount of emissions into the atmosphere. It is precisely the volume and composition of emissions from such environmentally hazardous enterprises that are subject to state supervision. Unfortunately, it must be acknowledged that atmospheric air in the modern world, given existing technological processes, is never completely clean (Pereguda, 2016; Hilly et al., 2024). In large cities, for example, Zhytomyr, air pollution levels are 150 times higher than those of air masses above the ocean. Changes in the qualitative composition of atmospheric air negatively affect ecosystems, human and animal health, and physiological processes in plants (Lipfert, 2018; Manisalidis et al., 2020). Plants accumulate toxic substances, especially in urbanized areas, which disrupt not only physiological processes but also cause anatomical changes. Such sensitivity of plant organisms makes them suitable for biological monitoring. Exposure to atypical air components can lead to the development of autoimmune diseases, aggravate their course, and cause histological changes in the vessels of the kidneys, heart, and lungs.

Some substances entering the atmosphere are carcinogenic to humans (On approval of the Hygienic Standard, 2022). Many of them reach the respiratory system from atmospheric air. Group 1 compounds include: asbestos, arsenic and its compounds, aflatoxins, benzo[a]pyrene, beryllium and its compounds, chloromethyl methyl ether, diesel engine exhaust gases, mustard gas, coal tar and pitch, N-nitrosonornicotine, silicon oxide, nickel and its compounds, toluidine, hexavalent chromium compounds, and 2,3,4,7,8-pentachlorodibenzofuran.

Monitoring the state of atmospheric air is an important element of the environmental observation system, as it provides information about pollution levels of a component that directly affects human and animal health. At the same time, state environmental monitoring of the atmosphere does not always provide sufficient effectiveness and completeness for solving the tasks of environmental control, management, and emergency response (Fedonyuk, 2013). Harmful substances are constantly entering the atmosphere through emissions (Boychenko et al., 2016; Petrynych et al., 2017; Dvoretska et al., 2022).

The main components of atmospheric air are nitrogen, oxygen (almost 21 % by volume), as well as other gases such as argon, carbon dioxide, hydrogen, water vapor, and various impurities. Impurities are variable components and depend on the geographical area of the globe. These may include ammonia, ozone, sulfur oxides, and methane. Air quality indicators are regulated by sanitary standards. Continuous monitoring of atmospheric air quality is carried out worldwide. For example, in Europe, the air quality index is calculated every hour (Zivković et al., 2012; Stamp et al., 2020; Imam et al., 2024). It is noted that less than 1 % of the planet's population has access to clean, so-called acceptable, air.

Air pollution leads to the intensification of negative technogenic phenomena, a shift in ecological balance, and impacts on plant life. Air pollutants cause physiological changes in plants, and the accumulation of such effects results in anatomical alterations. Therefore, plants are used as sensitive biological markers in biotic monitoring, specifically phytomonitoring. Pollutants cause disturbances in the asymmetry index of the leaf blade in *Betula pendula Roth* (Boyko et al., 2012; Khannanova & Arkanova, 2017).

Numerous experiments confirm that air pollution has a negative impact on animal organisms. Pollutants accelerate the development of diseases and reduce survival chances. They induce vascular changes in all vital organs at the tissue level. Harmful impurities in the air may contribute to the onset and progression of autoimmune diseases, including such widespread ones as rheumatic disorders. The obtained results can be successfully extrapolated to humans (Wei et al., 2016; Iegudina et al., 2017).

It is crucial to constantly implement measures aimed at preserving the state of atmospheric air, preventing its pollution, developing and implementing programs to reduce air pollution levels, adhering to environmental standards, studying the effects of other substances and compounds not yet regulated by maximum permissible concentrations (MPC), developing new environmental standards and updating existing ones, conducting international consultations and cooperation, protecting citizens' rights, improving legislation, carrying out preventive measures, planning territories with regard to increasing impacts on atmospheric air, and modernizing enterprises, among others (Kozhura, 2015; Rubtsova, 2021).

All facilities that may potentially emit substances into the atmosphere that could be harmful to public health are subject to state registration in accordance with the Instruction on the procedure and criteria for state registration of facilities that have or may have a harmful impact on human health and the state of atmospheric air, types and volumes of pollutants emitted into the atmospheric air, Order No. 177 of May 10, 2002, of the Ministry of Ecology and Natural Resources.

Zhytomyr region consists of four districts and includes 66 territorial communities, with Zhytomyr city as the regional administrative center. The region is located in different soil and climatic zones—Polissya and forest-steppe. Various meteorological phenomena are observed in the atmosphere, such as fog, wind, thunderstorms, and precipitation. In recent years, the number of hazardous meteorological events has increased, including heavy rainfall and snowfall, strong winds, and squalls.

A list of the most common and hazardous pollutants whose emissions into the atmosphere are subject to regulation has been approved in accordance with the Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine "On the approval of the list of the most common and hazardous pollutants whose emissions into the atmosphere are subject to regulation" No. 1598 of November 29, 2001. This list includes common pollutants such as nitrogen oxides, carbon monoxide, lead and its compounds, and formaldehyde. A separate list of hazardous pollutants includes metals, chlorine, fluorine, cyanides, freons, and others.

In the region, a list of environmentally hazardous enterprises that emit pollutants into the atmosphere has been approved: KP Zhytomyrteplokomunenergo ZhMR, LLC Cersanit Invest, LLC OBIO, PJSC Korosten MDF Plant, and LLC Monsanto Seeds. The state of atmospheric air and certain emission indicators in the city of Zhytomyr can be assessed online (Air quality…, 2024). The shortcomings of this information are the lack of data on possible pollution, its quantity, and the risks it poses to humans and the environment. General physical indicators such as air temperature, humidity, atmospheric pressure, and wind speed can also be found on meteorological websites (Air quality…, 2024). However, such information is not presented dynamically, and therefore has only a reference character.

The atmospheric basin of Zhytomyr region consists of both main and additional components. These components may be either permanent or temporarily present. They can also be classified as essential or inert for human life. Products formed as a result of human activity belong to impurities that negatively affect the human body and the environment. Some of them destroy the ozone layer, while others exacerbate the problem of global warming and climate change.

The atmospheric basin of Zhytomyr region is polluted by both natural and anthropogenic sources. The main natural pollutants include wind erosion of soils, which lifts soil particles into the air; wind gusts transport these particles over various distances along with biological material and chemical substances such as fertilizers and pesticides.

The main source of atmospheric air pollution is motor transport. Among the toxic components constantly released into the atmosphere are carbon oxides, nitrogen oxides, volatile non-methane compounds, sulfur dioxide, and soot particles. Such compounds have a negative impact on the ozone layer, the respiratory systems of humans and animals, and plant cover. In addition, they contribute to acid rain formation, climate change, and deterioration of the overall ecological state, which complicates the adaptation of ecosystems to anthropogenic pressures. High concentrations of carbon monoxide interfere with oxygen transport in the body, posing a particular danger to individuals with chronic respiratory and cardiovascular diseases. Solid particles, especially soot elements, accumulate in the lungs and can cause inflammatory processes and severe pathologies of the pulmonary system (Patseva & Kahukina, 2024).

The total volume of emissions consists of the sum of emissions from stationary and mobile sources. Atmospheric emissions do not follow a clearly defined trend: in some periods, the amount decreases, while in others, it increases. Over the span of twenty-two years, beginning in 2000, the highest amount of emissions into the atmosphere was recorded in 2013, amounting to 88.4 thousand tons. Slight differences in emission volumes were observed in 2010, 2011, and 2012 (87.5; 86.8; 85.8 thousand tons, respectively). The lowest amounts of emissions were registered in 2020, 2021, and 2000 (54.0; 59.0; 62.1 thousand tons, respectively). In other years, similar values fluctuated between 70 and 77.4 thousand tons. During 2020–2021, compared to the previous year, a decreasing trend in emissions was observed: by 19.5 thousand tons and 14.7 thousand tons, or by 27.6 % and 20.1 %, respectively.

The general trend over the last 20 years shows that emissions from mobile sources consistently exceed those from stationary sources, as clearly illustrated in Figure 1. Emissions from mobile sources are 3.5–4 times higher than those from stationary ones.

The lowest amount of emissions from stationary sources into the atmospheric basin of Zhytomyr region was recorded in 2015, while the highest was in 2011, meaning the difference between the minimum and maximum values is 2.3 times.

The lowest amount of emissions from mobile sources was recorded in 2020, while the highest was in 2013, with a difference between minimum and maximum values of 1.7 times.

An important indicator characterizing the distribution of emissions and their presence over the territory of the region is their density per 1 sq. km, expressed in kilograms. Such data are presented in Figure 2.

The lowest density of emissions into the atmospheric basin of Zhytomyr region was recorded in 2020, while the highest was in 2014. Thus, the difference between the minimum and maximum values differs by a factor of 1.4.

Another interesting indicator is the volume of emissions per person per year, expressed in kilograms. These values are particularly striking, considering that 1 liter of air weighs 0.001225 kg, while the volume of emissions reaches up to 70 kg per person per year, which is approximately 192 g per day! The dynamics over the past twenty years show an irregular increase from 43 kg

(in 2000) to 50 kg (in 2021). The highest emission load per inhabitant (70 kg) was observed in 2013.

The lowest amount of emissions per capita in Zhytomyr region was recorded in 2000, while the highest was in 2013. Thus, the difference between the minimum and maximum values is 1.6 times. This result correlates with the maximum total emissions recorded in 2013.

A thorough analysis of pollutant emissions by types of economic activity of enterprises has shown that almost 89 % of emissions originate from agricultural production, forestry, fisheries, manufacturing, and mining industries (Fig. 3).

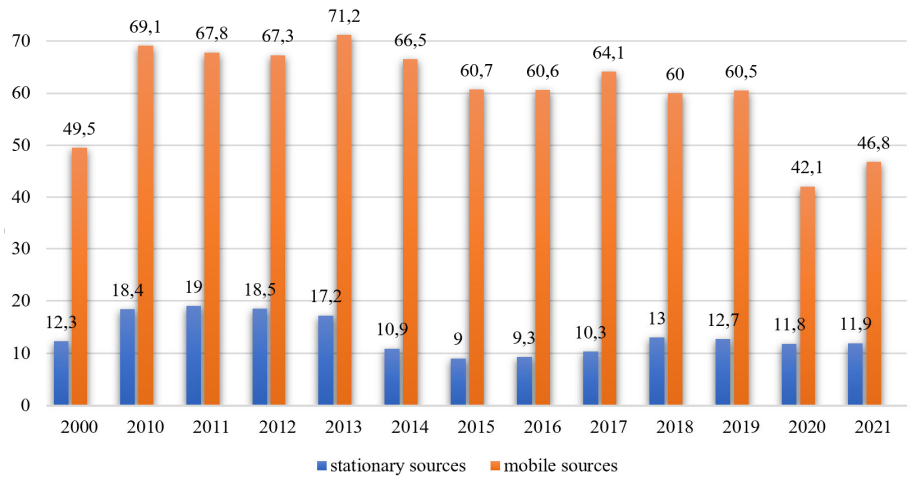


Fig. 1. Dynamics of emissions into the atmospheric basin of Zhytomyr region, thousand tons

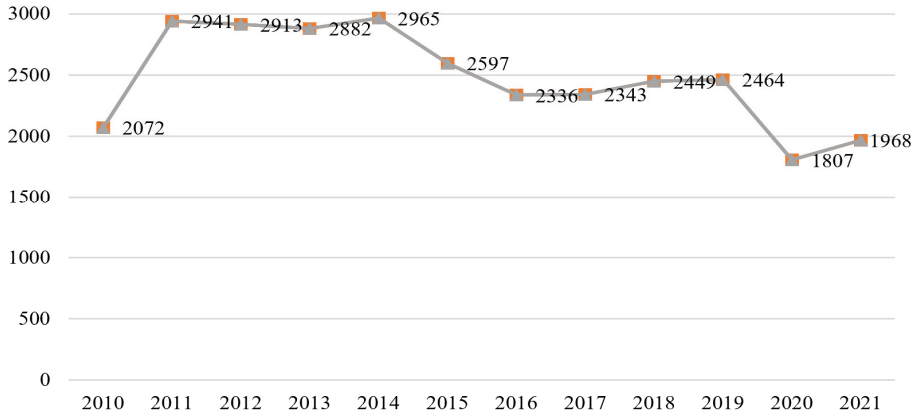


Fig. 2. Emission density distribution in the atmospheric basin of Zhytomyr region, kg per 1 km²

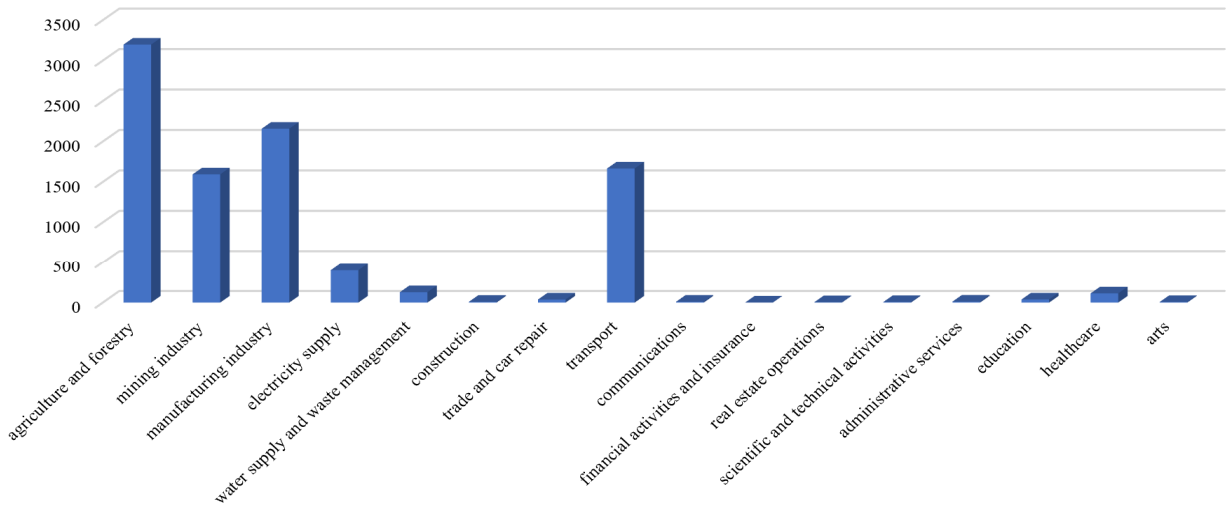


Fig. 3. Sectoral air pollutants (2022, thousand tons)

Conclusions

Air pollution is a global issue; therefore, it is important to maintain international cooperation to reduce emissions and comply with environmental standards. Over the past 20 years in Zhytomyr region, emissions from mobile sources have significantly exceeded those from stationary sources, leading to an increase in the concentration of toxic substances such as carbon monoxide, particulate matter, and carcinogenic compounds. The highest levels of pollution were recorded in 2013, and the lowest in 2020. These results are consistent with per capita emissions, which reached their maximum in 2013, amounting to almost 200 grams per day. The main contributor to atmospheric pollution is agriculture and forestry.

Prospects for further research. Future studies will focus on examining the impact of environmental changes on biota and ecosystems, as well as on developing measures for the restoration of the natural environment after military activities.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

References

Ahmad, P., Jaleel, C. A., Salem, M. A., Nabi, G., & Sharma, S. (2010). Roles of enzymatic and nonenzymatic antioxidants in plants during abiotic stress. Critical reviews in biotechnology, 30(3), 161–175. DOI: 10.3109/07388550903524243.

Air quality in the city of Zhytomyr (2024). URL: https://www.saveecobot.com/maps/zhytomyr (in Ukrainian).

Assessment of the risk to public health from atmospheric air pollution: Order of the Ministry of Health of Ukraine No. 89 of January 17, 2022. (2024). URL: https://moz.gov.ua/uk/decrees/nakaz-moz-ukraini-vid-17012022--89-pro-zatverdzhennja-metodichnih--rekomendacij-ocinka-riziku-dlja--zdorovja-naselennja-vid-zabrudnennja-atmosfernogo-povitrja (in Ukrainian).

Belokon, K. V. (2018). The investigation of the emissions influence from industrial enterprises on pollution of atmospheric air in the zavodskyi district of Zaporizhzhya. Collection of scholarly papers of Dniprovsk State Technical University (Technical Sciences), 2(33), 91–96. DOI: 10.31319/2519-2884.33.2018.206 (in Ukrainian).

Bondar, A., Gaevsky, V., Kuryliuk, O., Qu, Bo, & Menzheres, Ya. (2023). Aspects of ecology and automation in the forecasting of sulfur dioxide emissions associated with contamination of the heat exchange surfaces of steam turbine condensers. Environmental Sciences, 3(48), 169–175. DOI: 10.32846/2306-9716/2023.eco.3-48.27 (in Ukrainian).

Bondar, O., Mashkov, O., Prysiazhniy, V., Ovodenko, T., & Pechenyi, V. (2023). The concept of creating an intelligent information system to support decision-making in the field of environmental safety. Environmental Sciences, 3(48), 7–16. DOI: 10.32846/2306-9716/2023.eco.3-48.1 (in Ukrainian).

Boychenko, S., Puzik, O., Topilnytskyy, P., Chernyak, I., Romanchuk, V., Babatunde, O., & Kazimierz, L. (2016). The environmental impact of reefineries. Energy: economics, technologies, ecology, 4, 109–122 (in Ukrainian).

Boyko, V. V., Plyatsuk, L. D., Filatov, L. G., & Trunova, I. O. (2012). Bioindicative assessment of the impact of technogenic load from atmospheric air pollution in the context of changes in the industrial infrastructure of the region. Bulletin of Mykhailo Ostrohradskyi KrNU, 2(73), 150–153 (in Ukrainian).

Buzunko, O., & Krasnova, Y. (2022). Features of Judicial Protection of Environmental Rights of Citizens in the European Court of Human Rights. Law. Human. Environment, 13(2), 7–16. DOI: 10.31548/law2022.02.001 (in Ukrainian).

Chizhov, D. A. (2023). Characteristics of the state policy of ukraine regarding the ensure and implementation of human rights and freedoms in the sphere of national security. Juridical scientific and electronic journal, 6, 50–53. DOI: 10.32782/2524-0374/2023-6/9 (in Ukrainian).

Chugai, A. V., Chernyakova, O. I., & Bazyka, Yu. V. (2018). Analysis of technogenic loading on the air basins of individual industrial and municipal aglomerations of eastern ukraine (using Dnipro city as an example). Karazin University Journal of Ecology, 19, 75–81. DOI: 10.26565/1992-4259-2018-19-07 (in Ukrainian).

DSTU ISO 4219:2004. Air quality. Determination of gaseous sulfur compounds in ambient air. Sampling equipment (ISO 4219:1979, IDT).

Dunaievska, O. F., Sokulskyi, I. M., Melnyk, N. V., & Pitsil, A. O. (2024). Ekolohichni problemy silskoho hospodarstva v umovakh voiennoho stanu. Ekolohichni nauky, 1(52), 22–27. DOI: 10.32846/2306-9716/2024.eco.1-52.1.3 (in Ukrainian).

Dvoretska, I. V., Savenets, M. V., Nadtochii, L. M., Bashtannik, M. P., & Zhemera, N. S. (2022). Improvement of the current system for atmospheric air quality monitoring in Kyiv according to the EU requirements. Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology, 3(65), 105–106. DOI: 10.17721/2306-5680.2022.3.8 (in Ukrainian).

Fedonyuk, M. A. (2013). On the issue of improving the system of state ecological monitoring of atmospheric air. Electronic scientific journal "Derzhavne upravlinnya: udoskonalennya ta rozvytok", 2. URL: http://www.dy.nayka.com.ua/?op=1&z=541.

Grabovska, T., Lavrov, V., Rozputnii, O., Grabovskyi, M., Mazur, T., Polishchuk, Z., Prisjazhnjuk, N., & Bogatyr, L. (2020). Effect of organic farming on insect diversity. Ukrainian Journal of Ecology, 10(4). 96–101. DOI: 10.15421/2020_174 (in Ukrainian).

Gryn, G. I., Mokhonko, V. I., & Suvorin, O. V. (2019). Methods of measuring environmental parameters: textbook. Severodonetsk: Publishing House of the V. Dahl SNU.

Gubareva, V. (2024). 500 days of war: experts discuss the impact of war on the environment. URL: https://uwecworkgroup.info/uk/500-days-of-war-

experts-discuss-the-wars-environmental-impacts (in Ukrainian).

Haque, U., Naeem, A., Wang, S., Espinoza, J., Holovanova, I., Gutor, T., Bazyka, D., & Nguyen, U. S. D. (2022). The human toll and humanitarian crisis of the Russia-Ukraine war: The first 162 days. BMJ Global Health. 7(9), e009550. DOI: 10.1136/bmjgh-2022-009550.

Hetman, A. P. (2017). The rule of law in the institute of environmental management and protection. Environmental law of Ukraine. Scientific and practical journal, 3(4), 2–7 (in Ukrainian).

Hilly, J. J., Singh, K. R., Jagals, P., Mani, F.S., Turagabeci, A., Ashworth, M., M. Mataki, L. Morawska, Knibbs, L.D., Stuetz, R.M., & Dansie A.P. (2024). Review of scientific research on air quality and environmental health risk and impact for PICTS. Science of The Total Environment, 942, 173628. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2024.173628.

Iegudina, Y. D., Taktashov, G. S., Mikuksts, V. Y., Syniachenko, O. V., & Suyarko V. I. (2017). Xenobiotics influence in the air on the course of angiopathy in rats to model systemic autoimmune rheumatic diseases. Achievements of Clinical and Experimental Medicine Current Archives About View Site, 1, 32–37. DOI: 10.11603/1811-2471.2017.v0.i1.7335 (in Ukrainian).

Imam, M., Adam, S., Dev, S., & Nesa, N. (2024). Air quality monitoring using statistical learning models for sustainable environment. Intelligent Systems with Applications, 22, 200333. DOI: 10.1016/j.iswa.2024.200333.

Jones, K. E., & Safi, K. (2011). Ecology and evolution of mammalian biodiversity. Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences, 366(1577), 2451–2461. DOI: 10.1098/rstb.2011.0090.

Khannanova, O. R., & Arkanova, A. A. (2017). Bioindication assessment of the atmospheric air of poltava municipal park. Biology and ecology, 1–2(3), 69–75. URL: https://bioeco.pnpu.edu.ua/article/view/180267/180193 (in Ukrainian).

Kirin, R. S. (2023). Actual problems of urban-environmental law: monograph. State Organization V. Mamutov Institute of Economic and Legal Research of NAS of Ukraine. Kyiv, Dnipro: Zhurfond. DOI: 10.35668/978-617-14-0043-6 (in Ukrainian).

Kozhura, L. (2015). Administrative and legal protection and security: the concept and relation. Scientific Bulletin of Uzhhorod National University. Series "Law", 35(1.2), 119–122. URL: http://pgp-journal.kiev.ua/archive/2021/6/17.pdf (in Ukrainian).

Krasnova, Yu. A. (2023). Legal security of the implementation of the principle of environmental justice. Juridical scientific and electronic journal, 8, 254–258. DOI: 10.32782/2524-0374/2023-8/58 (in Ukrainian).

Kuris, Y. V., Matyasheva, O. B., Bielokon, K. V., & Kozhemyakin, G. B. (2017). The research of motor transport influence on city noises safety of stable urbanized territories development. Collection of scholarly papers of Dniprovsk State Technical University (Technical Sciences), 1(30), 183–188. URL: http://sj.dstu.dp.ua/article/view/145905 (in Ukrainian).

Lipfert, F. W. (2018). Long-term associations of morbidity with air pollution: A catalog and synthesis. Journal of the Air & Waste Management Association (1995), 68(1), 12–28. DOI: 10.1080/10962247.2017.1349010.

Manisalidis, I., Stavropoulou, E., Stavropoulos, A., & Bezirtzoglou, E. (2020). Environmental and Health Impacts of Air Pollution: A Review. Frontiers in public health, 8, 14. DOI: 10.3389/fpubh.2020.00014.

Miroshnyk, N. V., Lichanov, A. F., Grabovska, T. O., Teslenko, I. K., & Roubík, H. (2021). Green infrastructure and relationship with urbanization – Importance and necessity of integrated governance. Land Use Policy, 114, 105941. DOI: 10.1016/j.landusepol.2021.105941 (in Ukrainian).

Omelchuk, O., & Sadogurska, S. (2024). Nature and War: How Russia's Military Invasion Affects Ukraine's Environment. URL: https://ecoaction.org.ua/pryroda-ta-vijna.html (in Ukrainian).

On approval of the Hygienic Standard "List of substances, products, production processes, household and natural factors carcinogenic to humans": Order of the Ministry of Health of Ukraine dated 06/20/2022 № 1054. (2024). URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0910-22#Text (in Ukrainian).

Osokina, N. (2024). Modern problems of ukraine's ecology: agricultural pollutants and the quality of drinking water in the city of Kyiv. Environmental safety and environmental management, 3(51), 22–27. DOI: 10.32347/2411-4049.2024.3.22-27 (in Ukrainian).

Patseva, I., & Kahukina, A. (2024). Analysis of the atmospheric air state in the city of Zhytomyr. Sloboda Scientific Journal. Natural Sciences, 1, 77–81. DOI: 10.32782/naturalspu/2024.1.10 (in Ukrainian).

Pereguda, J. A. (2016). Assessment of Atmospheric Air Pollution in the Capital Macroregion of Ukraine. Man and Environment. Issues of Neoecology, 3-4(26), 90–96. DOI: 10.26565/1992-4224-2016-26-11 (in Ukrainian).

Petrynych, V. V., Vlasyk, L. I., & Petrynych, O. A. (2017). Lead: toxicological, hygienic and biological aspects. Clinical and experimental pathology, 16(2), 97–102. DOI: 10.24061/1727-4338.XVI.2.60.2017.20 (in Ukrainian).

Pipia, S. (2024). The Effect of Russia's Invasion of Ukraine on Non-Human Animals: International Humanitarian Law Perspectives. Israel Law Review, 57(2), 265–287. DOI: 10.1017/S0021223724000086.

Pirgo, O. (2024). International and domestic practices for the protection of animals from cruelty in the conditions of armed conflict. Bulletin of Luhansk Scientific-Educational Institute named after E.O. Didorenko, 3, 125–133. DOI: 10.32782/2786-9156.107.3.125-133 (in Ukrainian).

Polukarov, Yu., Kachynska, N., Polukarov, O., Zemlyanska, O., & Mitiuk, L. (2024). Impact of the full-scale war in Ukraine on the environment: Environmental damage assessment. Law. Human. Environment, 15(1), 85–100. DOI: 10.31548/law/1.2024.85 (in Ukrainian).

Regulations on the state environmental monitoring system: Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine № 391, 1998. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/391-98-%D0%BF#Text (in Ukrainian).

Roman, L. Y. (2022). Analysis of environmental threats of NRF facilities of Ukraine during the war period. Environmental Sciences, 3(42), 84–188. DOI: 10.32846/2306-9716/2022.eco.3-42.13 (in Ukrainian).

Rubtsova, I. (2021). The concept and features of the determinant "Atmospheric air protection". Environmental law, 6, 107–110. DOI: 10.32849/2663-5313/2021.6.17 (in Ukrainian).

Shevchyk, L., Grod, I., Kravets, N., Stravskyy, Y., & Kryzhanovska, M. (2023). Behavioural adaptation of domestic animals on the example of different breeds of domestic cat (Felis silvestris catus L., 1758). Scientific horizons, 26(2), 9–18. DOI: 10.48077/scihor.26(2).2023.9-18 (in Ukrainian).

Solodan, K. V. (2023). The right to a safe environment under martial law. Juridical scientific and electronic journal, 11. 289–291. DOI: 10.32782/2524-0374/2023-11/68 (in Ukrainian).

Stamp, S., Burman, E., Shrubsole, C., Chatzidiakou, L., Mumovic, D., & Davies, M. (2020). Long-term, continuous air quality monitoring in a cross-sectional study of three UK non-domestic buildings. Building and Environment, 180(24), 107071. DOI: 10.1016/j.buildenv.2020.107071.

Strelets, R. Environmental damage (2024). URL: https://armyinform.com.ua/2023/04/15/shkoda-dovkillyu-vid-vijny-vzhe-perevyshhuye-19-tryljona-gryven-ruslan-strilecz/ (in Ukrainian).

Sviatchenko, L. O., & Korabliova, A. A. (2019). Concept and legal features of ecological safety in animal husbandry. Law. Human. Environment, 10(1), 73–83. DOI: 10.31548/law2019.01.010 (in Ukrainian).

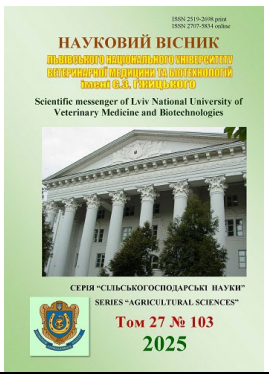
Vashchyshyn, M. (2024). Ecological law vs environmental lawє. Juridical Scientific and Electronic Journal, 6, 171–175. DOI: 10.32782/2524-0374/2024-6/41 (in Ukrainian).

War and the environment: nature reserves in the ATO zone. Ukrainska Pravda. (2024). URL: https://life.pravda.com.ua/society/2015/03/7/190398/ (in Ukrainian).

Wei, P., Yang, Y., Guo, X., Hei, N., Lai, S., Assassi, S., Liu, M., Tan, F., & Zhou, X. (2016). Identification of an Association of TNFAIP3 Polymorphisms With Matrix Metalloproteinase Expression in Fibroblasts in an Integrative Study of Systemic Sclerosis-Associated Genetic and Environmental Factors. Arthritis & rheumatology (Hoboken, N.J.), 68(3), 749–760. DOI: 10.1002/art.39476.

Zarzhytskyi, O. S. (2012). Actual problems of legal support of the environmental policy of Ukraine (theoretical aspects). monograph. Dnipropetrovsk: Natsionalnyi hirnychyi universytet (in Ukrainian).

Zivkovic, P., Tomic, M. A., Ilic, G. S., Vukic, MV., & Stevanovic, Z. (2012). Specific approach for continuous air quality monitoring. Hemijska industrija, 66(1), 85–93. DOI: 10.2298/HEMIND110525066Z.



Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького. Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences

ISSN 2519–2698 print
ISSN 2707-5834 online

doi: 10.32718/nvlvet-a10327
https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture

UDC 637.4.04:577.1:579.67

Biochemical assessment of the quality preservation of table eggs from Lohmann LSL Classic hens after ozone treatment during storage

O. O. Chekh✉, T. O. Cherniavska

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Article info

Received 28.07.2025
Received in revised form 01.09.2025
Accepted 02.09.2025

Sumy National Agrarian University, Herasym Kondratiev Str., 160 Sumy, 40000, Ukraine.
Tel.: +38-093-537-37-89
E-mail: olexa0701@gmail.com

Chekh, O. O., & Cherniavska, T. O. (2025). Biochemical assessment of the quality preservation of table eggs from Lohmann LSL Classic hens after ozone treatment during storage. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 27(103), 231–236. doi: 10.32718/nvlvet-a10327

The article presents the results of a study on the effect of ozone treatment on the quality indicators of table eggs from Lohmann LSL Classic hens during 35 days of storage at a temperature of 6 °C. The aim of the research was to determine the impact of short-term ozone exposure on the physicochemical properties and biochemical composition of eggs. The experiment was conducted at LLC "AVIS-UKRAINE" with the involvement of laboratories from Sumy National Agrarian University and the "Olenka" poultry farm. A total of 300 eggs were selected and divided into a control and an experimental group. The latter underwent ozone treatment using an Airthereal MA10K-PRO generator (10 g/h, 20 minutes of exposure). Egg quality was assessed based on the Haugh unit (HU), yolk index (YI), and biochemical parameters, including moisture content, dry matter, proteins, fats, carbohydrates, and minerals. On day 35, the HU in the control group decreased from 79.16 to 59.35 (−25.04 %), resulting in reclassification from grade AA to B. In the experimental group, the HU dropped from 79.22 to 64.79 (−18.23 %), remaining within grade A. The yolk index in the control group decreased from 0.46 to 0.34, while in the ozone-treated group, it declined from 0.48 to 0.40, indicating better yolk structure stability. Biochemical analysis showed that by day 35, the dry matter content in ozone-treated eggs reached 26.70 % compared to 25.60 % in the control (+1.10 %), protein content was 12.70 % vs. 12.40 % (+0.30 %), and fat content was 12.20 % vs. 11.40 % (+0.80 %). The water content was lower in ozone-treated samples (73.30 % vs. 74.40 %), indicating reduced quality loss due to evaporation. Carbohydrate and mineral levels remained stable in both groups.

Keywords: *table eggs, ozonation, biochemistry, eco-friendly treatment method, Haugh unit, yolk index.*

Біохімічна оцінка збереженості якості курячих харчових яєць курей кросу Lohmann LSL Classic після озонної обробки при зберіганні

О. О. Чех✉, Т. О. Чернявська

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

У статті представлено результати дослідження впливу обробки озон на якісні показники харчових курячих яєць кросу Lohmann LSL Classic під час зберігання протягом 35 діб при температурі 6 °С. Метою дослідження було встановлення впливу короткотривалої дії озону на фізико-хімічні властивості та біохімічні показники харчових яєць. Експеримент проведено на базі ТОВ "АВІС-УКРАЇНА", із залученням лабораторій Сумського НАУ та птахофабрики "Оленка". Відібрано 300 яєць, які розподілили на контрольну та дослідну групу. В останній застосовано озонування генератором Airthereal MA10K-PRO (10 г/год, експозиція 20 хв). Якість оцінювали за індексом Хау (HU), індексом жовтка (ІЖ), а також біохімічними параметрами: вмістом води, сухих речовин, білків, жирів, вуглеводів і мінералів. На 35 добу HU у контрольній групі знизився з 79,16 до 59,35 (втрата 25,04 %), що перевело яйця з категорії АА до В. У дослідній групі HU зменшився з 79,22 до 64,79 (−18,23 %), залишаючись у межах сорту А. Індекс жовтка у контрольній групі знизився з 0,46 до 0,34, тоді як в озонованій – з 0,48 до 0,40, що свідчить про кращу стабільність жовткової структури. Біохімічний аналіз засвідчив, що на 35 добу вміст сухих речовин в озонованих яйцях становив 26,70 % проти 25,60 % у контролі (+1,10 %), протеїнів – 12,70 % проти 12,40 % (+0,30 %), жирів – 12,20 % проти 11,40 % (+0,80 %).

Вміст води був нижчим в озонованих зразках (73,30 % проти 74,40 %), що свідчить про менші втрати якості внаслідок випаровування. Показники вуглеводів та мінеральних речовин залишалися сталими в обох групах.

Ключові слова: *харчові яйця, озонування, біохімія, екологічний метод обробки, одиниця Хау, індекс жовтка.*

Вступ

Курячі яйця становлять високоцінний харчовий продукт завдяки значній поживній цінності. Крім того, вони широко застосовуються у харчовій промисловості завдяки своїм унікальним багатофункціональним властивостям. Незважаючи на високу ефективність яєчної шкаралупи як природного захисного бар'єра, вміст яйця характеризується обмеженим терміном зберігання. Вже з моменту знесення в яйці починають відбуватися зміни хімічних, фізичних, мікробіологічних та функціональних властивостей, що зумовлює поступове погіршення його якості. Природні процеси втрати якості можуть призводити до істотних економічних збитків у галузі виробництва яєць. Навіть незначне покращення загальних якісних показників та подовження строку зберігання здатне забезпечити відчутні економічні переваги, враховуючи масштабність виробництва цього продукту (Brodowska et al., 2017).

Актуальність впровадження альтернативних методів обробки харчових продуктів зростає у контексті забезпечення екологічної безпеки та розвитку інноваційних технологій збереження якості продукції. Серед таких підходів активно досліджуються різноманітні фізичні нетермічні методи, зокрема високий тиск, ультразвукова обробка та озонування (Pandiselvam et al., 2019; Narushin et al., 2022; Xue et al., 2023; Yüceer, 2023).

Особливу увагу серед них привертає озонування, що демонструє ефективність у подовженні строку зберігання курячих яєць. У дослідженнях (Tanuwidjaja & Mrkonjić Fuka, 2024) озон (O_3) є високоактивною хімічною сполукою з вираженими антимікробними властивостями, яка, при цьому, не залишає шкідливих залишкових речовин у продукті. Аналізуючи статтю (Bakhtavoryan et al., 2021) у світі застосування озону в газоподібному та рідкому станах як антимікробного агента для безпосереднього використання в харчових технологіях офіційно затверджене, зокрема Міністерством сільського господарства США (USDA) та Управлінням з контролю за продуктами і ліками США (FDA). Це зумовлює посилення інтересу наукової спільноти до вивчення потенціалу озону для збереження якості та продовження терміну зберігання харчових яєць.

Протягом останнього десятиліття ефективність озонування поверхні свіжих курячих яєць стала об'єктом активних наукових досліджень. Зокрема, (Yousef et al., 2011) повідомили, що газоподібний озон здатен проникати крізь пори яєчної шкаралупи. Дослідження (Kulshreshtha et al., 2022) встановили, що навіть за низьких концентрацій озону білкові компоненти кутикули можуть зазнавати структурних змін унаслідок окиснення амінокислот і порушення третинної структури білків. У дослідженнях (Pandiselvam et al., 2022) оцінювався вплив озонування при концентрації 38,8 ppm упродовж 10–30 хвилин на фізико-хімічні властивості яєць, зокрема на показник одиниці Хау (HU), колір жовтка, pH білка та жовтка, здатність до піноутворення, стабільність піни та інтенсивність ліпідного окиснення. Отримані результати (Sun et al., 2021; Chen et al., 2022; Li et al., 2022) свідчать про вплив озонування на структурні компоненти яйця, виявило, що жовток демонструє меншу чутливість до впливу озону порівняно з білком, тоді як кутикула зазнає деформації після чотириденного озонування.

Мета дослідження

Таким чином, численні наукові роботи підтверджують активність озону навіть при невисоких концентраціях і короткій експозиції, що робить цей метод перспективним для застосування у сфері безпечного зберігання харчових продуктів, зокрема яєць. Отже, метою дослідження є наукове обґрунтування та оптимізація параметрів озонування, які сприятимуть максимальному збереженню якісних показників харчових яєць за різних режимів обробки. Саме тому важливо дослідити, як озон у газоподібному стані впливає на внутрішню якість яєць упродовж тривалого зберігання за кімнатної температури.

Така необхідність зумовлена актуальністю подальших досліджень у цьому напрямі для забезпечення мікробіологічної безпеки та подовження термінів зберігання яєчної продукції.

Матеріал і методи досліджень

Дослідження проводилися на базі ТОВ "АВІС-УКРАЇНА" (с. Косівщина), де було отримано партію харчових курячих яєць кросу Lohmann LSL Classic у кількості 300 штук. Продукція підприємства сертифікована відповідно до ДСТУ 5028:2008 "Яйця курячі харчові. Технічні умови" та ДСТУ ISO 22000:2019 "Системи управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги до будь-якої організації в харчовому ланцюзі" (ISO 22000:2018, IDT). Лабораторні дослідження проводилися на кафедрі генетики, селекції та біотехнології тварин Сумського національного аграрного університету. Додаткові аналізи біохімічного складу яєць виконувалися на птахофабриці "Оленка" у місті Васильків.

Під час дослідження курячих яєць особливу увагу приділяли наявності стороннього або невластивого запаху, що може свідчити про порушення якості. Зразки харчових яєць розподілялися на відповідні групи згідно з методичними рекомендаціями (Paskevych et al., 2023). Оцінку якості яєць проводили за показниками індексу Хау та індексу жовтка. Одиниці Хау визначали для кожної групи (по 30 яєць) шляхом вимірювання товщини густого білка (h, мм) та загальної маси яйця (G, г). Вимірювання товщини білка проводили за допомогою супорта (модель L 222 мм, точ-

ність 0,1 мм; BAH134160001 Merck), тричі в різних точках на відстані 10 мм від краю жовтка. Отримані значення використовували для розрахунку одиниць Хау (HU) за формулою:

$HU = 100 \times \log_{10} (h - 1{,}7G^{0{,}37} + 7{,}6)$,

де HU – одиниці Хау, h — висота білка (мм), G – маса яйця (г).

Згідно з отриманими значеннями, яйця класифікували за якісними категоріями:

AA – HU > 72,
A – HU = 71–60,
B – HU = 59–31,
C – HU < 30.

Індекс жовтка визначали як співвідношення висоти жовтка (h) до його діаметра (d), що дозволяло оцінити ступінь свіжості яйця та структурну цілісність жовткової частини.

$$ІЖ = \frac{h}{d}$$

Висоту та діаметр жовтка визначали інвазивно, без попереднього видалення білка, з метою збереження природної структури яйця під час вимірювання. Для кожного типу обробки (контроль, озонування тощо) проводили по п'ять повторних вимірювань на кожному з десяти яєць, що забезпечувало належну репрезентативність вибірки. Спостереження тривали протягом 35 діб, що дало змогу оцінити динаміку змін показників свіжості під впливом дії озонування та терміну зберігання.

Індекс жовтка є одним із чутливих критеріїв оцінки ступеня свіжості яйця, який характеризує структурну цілісність та тургор жовтка. У свіжих яєць індекс зазвичай перебуває в межах 0,70–0,80, що свідчить про високу пружність оболонки жовтка. При зниженні індексу до 0,25 жовткова оболонка втрачає механічну стійкість і розривається навіть при обережному переливанні в лабораторний посуд. Такий показник є характерною ознакою значного зниження якості та пролонгованого зберігання.

Для забезпечення знезараження та зберігання харчових курячих яєць кросу Lohmann LSL Classic застосовували холодильну вітрину Hendi моделі 233283, що є професійним агрегатом для комерційного зберігання при постійній температурі 6 °C. Дана модель має корисний об'єм 550 літрів, оснащена енергоощадним внутрішнім LED-підсвічуванням для постійного візуального контролю стану продукції, а також оптимальними габаритами 850×650×1908 мм, що дозволяє ефективно розміщувати партії яєць до 300 штук у касетах на регульованих полицях. Поділялися на 2 групи контрольна без обробки і дослідна що піддавалась обробці.

В якості джерела озону для дезінфекції внутрішнього об'єму шафи використовувався промисловий генератор озону Airthereal MA10K-PRO, продуктивністю до 10 000 мг/год (10 г/год), який функціонує на основі коронного розряду (Corona Discharge). Озонатор має таймер програмування від 0 до 120 хвилин, індикатор роботи, вентилятор потужністю ≥38 CFM, що забезпечує ефективну циркуляцію озону в просторі до 200 м^2 або об'ємі до 100 м^3, а також знімний металевий фільтр повітря, що спрощує технічне обслуговування.

Озонатор розміщувався в центральній зоні внутрішнього простору вітрини, що забезпечувало рівномірний розподіл озону по всьому об'єму та рівномірну експозицію яєць. Тривалість озонування становила 20 хвилин, після чого проводилось провітрювання. Аналіз результатів проводили на 20 та 35 добу зберігання.

Під час обробки суворо контролювали рівень озону, який не перевищував 0,1 ppm (частин на мільйон), що відповідає гігієнічним нормативам та не несе ризику для якості яєць. Для умов тривалого зберігання яєць, підтримували концентрацію озону в межах 0,05–0,07 ppm, що є безпечною з точки зору впливу на ембріональні структури та мікробіологічну стабільність продукту.

Вміст загальних твердих речовин (суха речовина, масова частка, % мас./мас.) у пробах яєчного білка та жовтка визначали методом рефрактометричного аналізу із використанням абе-рефрактометра моделі 2WAJ (КНР). Для вимірювання відбирали по 5 г з кожного компонента яйця. Дослідження проводили при стабільному температурному режимі 20 ± 1,5 °C, що відповідає вимогам до точності рефрактометричних методів і забезпечує мінімальні похибки у визначенні показника заломлення, конвертованого у відсотковий вміст сухих речовин. Отримані експериментальні дані були узагальнені та представлені у вигляді таблиць, що відображають порівняльні характеристики між контрольною групою (без застосування обробки) та дослідними варіантами, в яких використовувалося озонування. Статистичну обробку результатів проводили з використанням t-критерію Стьюдента. Різницю між показниками вважали статистично достовірною при рівнях значущості $P < 0{,}05$; $P < 0{,}01$ та $P < 0{,}001$.

Результати та їх обговорення

У процесі зберігання курячих яєць у яєчному білку відбуваються суттєві фізико-хімічні та біохімічні зміни. Зокрема, втрачається характерна шарувата структура білка, спостерігається його поступове розрідження, що зумовлено частковою денатурацією білкових молекул і втратою вологи внаслідок випаровування через пори шкаралупи, а також внутрішньої дифузії води в жовток. Це супроводжується зниженням висоти білка та одночасним збільшенням його горизонтального діаметра. У ході тривалого зберігання білкова фракція втрачає антимікробні властивості внаслідок поступової інактивації лізоциму — ферменту, що забезпечує гідроліз бактеріальних клітинних стінок. Як наслідок, підвищується ризик мікробіологічної контамінації яйця патогенними бактеріями та мікроміцетами, що здатні проникати крізь пори шкаралупної оболонки. У жовтку також відбуваються деструктивні процеси: спостерігається зниження в'язкості внаслідок гідролізу білкових і ліпідних компонентів, накопичення вільної води, а також втрата міцності та еластичності жовткової оболонки, що

ускладнює збереження цілісності внутрішньої структури яйця.

Після 35 днів зберігання курячих яєць за температури 6 °С висота повітряної камери може досягати 10 мм, що є наслідком втрати вологи через пори шкаралупної оболонки. Випаровування води зумовлює зниження маси яйця, що, у свою чергу, призводить до зменшення його фізичної щільності. Одним із ключових чинників збереження якості свіжознесених яєць є ефективне уповільнення інтенсивності біохімічних процесів, які відбуваються у внутрішньому середовищі яйця. Чим швидше після знесення створюються оптимальні умови зберігання, тим тривалішим є період збереження його фізико-хімічних, мікробіологічних і органолептичних показників на високому рівні.

Біохімічна структура курячого яйця має низку унікальних характеристик, що формуються під впливом умов утримання птиці та використовуваних технологічних прийомів, як у контексті виробництва харчового продукту, так і в межах інтенсивних систем відтворення й вирощування сільськогосподарської птиці в промислових масштабах.

Таблиця 1

Біохімічні показники харчових яєць курей кросу Lohmann LSL Classic на 20-ту добу зберігання (у відсотках масової частки, % мас./мас.)

Метод обробки	Вода	Суха речовина	Протеїни	Жири	Вуглеводи	Мінеральні речовини
Контроль (без обробки)	74,45 ± 0,44	25,55 ± 0,65	11,80 ± 0,52	11,90 ± 0,59	1,0 ± 0,002	0,80 ± 0,001
Озонування	73,70 ± 0,47*	26,3 ± 0,67*	12,40 ± 0,64*	12,10 ± 0,53*	1,0 ± 0,001*	0,80 ± 0,001*

Таблиця 2

Біохімічні показники харчових яєць курей кросу Lohmann LSL Classic на 35-ту добу зберігання (у відсотках масової частки, % мас./мас.)

Метод обробки	Вода	Суха речовина	Протеїни	Жири	Вуглеводи	Мінеральні речовини
Контроль (без обробки)	74,40 ± 0,44	25,60 ± 0,65	12,40 ± 0,52	11,40 ± 0,59	1,0 ± 0,002	0,80 ± 0,001
Озонування	73,30 ± 0,47*	26,70 ± 0,67*	12,70 ± 0,64*	12,20 ± 0,53*	1,0 ± 0,001*	0,80 ± 0,001*

Примітка: Дослідження проведені згідно ДСТУ 5028:2008. Яйця курячі харчові. Технічні умови

Виходячи з таблиць 1 та 2 протягом 35 днів спостерігається втрата шаруватості білка яйця, набуває більш рідку консистенцію, в ньому відбувається часткова денатурація (руйнування) протеїнів, він втрачає воду шляхом випаровування через пори оболонки шкаралупи і дифузії в жовток. У результаті порівняльного аналізу біохімічного складу харчових яєць курей кросу Lohmann LSL Classic в експериментальній групі з озонуванням, проведеного на 20-ту та 35-ту добу зберігання, встановлено такі тенденції. Вміст води зменшився на 0,54 %, що супроводжувалося зростанням сухої речовини на 1,52 %. Найбільш виражене підвищення спостерігалося у вмісті протеїнів – на 2,42 %, тоді як рівень жирів зріс на 0,83 %. Вміст вуглеводів і мінеральних речовин залишався стабільним і не зазнав змін. Зазначені зміни свідчать про певну стабілізацію основних структурних компонентів яйця під впливом озонування, що може сприяти покращенню збереження його харчової цінності впродовж тривалого терміну зберігання до 13 – 13,1 %.

У ході дослідження встановлено, що загальна концентрація сухих речовин (СР) у яєчному білку є чутливим показником свіжості, оскільки її зміна прямо пов’язана з процесами розрідження білкової фракції під час зберігання. Розрідження білка зумовлюється низкою фізико-хімічних явищ, включно з активністю ендогенних протеаз, деполімеризацією білкових макромолекул під дією гідроксид-іонів при зростанні pH, а також дестабілізацією комплексу овомуцин–лізоцим.

У процесі зберігання відбувається двосторонній осмотичний обмін між білком і жовтком: вода з білкової фракції дифундує в жовток, тоді як окремі жовткові метаболіти проникають у білкове середовище. Це призводить до змішування фракцій та збільшення концентрації сухої речовини, що кількісно фіксується за допомогою рефрактометрії.

Дослідження показали, що в озонованих зразках рівень сухої речовини в яєчному білку протягом зберігання залишався нижчим, ніж у неозонованих, що свідчить про зниження інтенсивності деградаційних змін. Це вказує на те, що озонування уповільнює процеси розрідження жовтка та зменшує ступінь дифузійного обміну між структурними компонентами яйця.

Механізм цього явища, імовірно, пов’язаний із пригніченням росту мікрофлори та стабілізацією білково-ліпідних комплексів під впливом озону, що сприяє збереженню фізико-хімічних властивостей внутрішнього вмісту яйця. Втрата гелевої структури густого білка, яка зазвичай спостерігається в неозонованих яйцях, у дослідній групі була значно менш вираженою, що дозволяє трактувати озонування як ефективний метод пролонгації якісних параметрів яєць під час зберігання.

Таблиця 3

Оцінка впливу попередньої озонної обробки на динаміку змін індексу Хау (HU) [a] сорт яєць та показників внутрішньої якості курячих яєць кросу Lohman LSL Classic під час 35-денного зберігання за температури 6 °C

Методи обробки	1 доба	7 доба	21 доба	35 доба
Контроль	79,16(AA) ± 1,014	73,62(AA) ± 0,123	62,27(A) ± 0,626	59,35(B) ± 0,558
Озонування	79,22(AA) ± 0,826*	78,39(AA) ± 0,181*	69,99(A) ± 1,268*	64,79(A) ± 1,449*

Примітка: [a] сорт яєць: AA, Хау > 72; A, Хау = 71–60; B, Хау = 59–31; C, Хау < 30

У таблиці 3 представлено динаміку змін одиниці Хау (HU) у яйцях кросу Lohmann LSL Classic під впливом озонування протягом 35 діб зберігання при температурі 6 °C. Уже на 7-му добу в контрольній групі спостерігалося зниження свіжості на 7,00 %, тоді як в групі де застосовувався озон втрата становила лише 1,05 %. До 21-ї доби показник HU у контрольній групі знизився на 21,35 %, а в дослідній – на 11,66 %. На 35-ту добу спостерігалося загальне зниження якості: у контрольній групі на 25,04 %, тоді як в дослідній – на 18,23 %.

Отримані результати свідчать про ефективність озонування у збереженні внутрішньої якості яєць протягом тривалого зберігання. Партія яєць де використовувався метод обробки озоном характеризувалась статистично вищими значеннями HU на всіх етапах дослідження (*P < 0,05).

Таблиця 4

Вплив озонування на індекс жовтка протягом 35 днів зберігання при 6 °C

	Індекс жовтка			
Метод обробки	1 доба	7 доба	21 доба	35 доба
Контроль	0,46 ± 0,04	0,44 ± 0,03	0,39 ± 0,03	0,34 ± 0,04
Озонування	0,48 ± 0,03*	0,46 ± 0,03*	0,42 ± 0,02*	0,40 ± 0,04*

Примітка: * P < 0,05

Індекс жовтка є показником свіжості яєць і базується на співвідношенні висоти жовтка до ширини жовтка.

З досліджень (Yuceer & Caner, 2014) встановлено, що під час зберігання при низькій температурі значення ІЖ зменшувалося внаслідок поступового ослаблення мембран вітеліну та розрідження жовтка, спричиненого переважно дифузією води з білка в жовткову частину.

У результаті проведених досліджень встановлено, що застосування озонування позитивно вплинуло на збереження індексу жовтка (ІЖ) протягом періоду зберігання яєць при температурі 6 °C. Так, на 7 добу зберігання ІЖ у яйцях після озонування був вищим на 4,55 % порівняно з неозонованими (контрольними) зразками. На 21 добу різниця становила 7,69 %, а на 35 добу – 17,65 % води та CO_2) з білка через яєчну шкаралупу під час тривалого зберігання. Отже, цей процес пригнічує зрідження білка та поглинання води жовтком і мінімізує зниження якості жовтка.

Висновки

Проведені дослідження засвідчили, що обробка озоном харчових яєць курей кросу Lohmann LSL Classic позитивно впливає на збереження їхніх якісних характеристик під час зберігання при температурі 6 °C протягом 35 діб.

Згідно з біохімічними показниками, в дослідній групі яйця на 35-ту добу зберігання вміст води знизився до 73,30 % порівняно з 74,40 % у контролі, а кількість сухої речовини, навпаки, зросла до 26,70 %, у контролі даний показник становить – 25,60 %. Вміст протеїнів у дослідній групі становив 12,70 %, що на 0,30 % вище, ніж у необроблених зразках, а рівень жирів – 12,20 % проти 11,40 % відповідно. Вміст вуглеводів 1,0 % і мінеральних речовин 0,80 % залишався стабільним.

Індекс Хау (HU), який є ключовим критерієм свіжості яйця, знизився у контрольній групі на 25,04 % за 35 днів, тоді як в оброблених яйцях – лише до 18,23 %. Найбільша різниця між групами спостерігалася на 35-ту добу, що підтверджує вищий клас якості яєць після озонування.

Індекс жовтка, який свідчить про пружність і цілісність вітелінової оболонки, в контрольній групі знизився з 0,46 до 0,34, тоді як у групі з озонуванням — з 0,48 до 0,40. Це вказує про 17,65 % вищий рівень збереження структурної цілісності жовтка на 35-ту добу зберігання.

Крім того, встановлено, що у білковій фракції партія яєць оброблена озоном протягом усього періоду зберігання рівень сухої речовини був нижчим, ніж у контролі, що вказує на зниження інтенсивності деградаційних процесів. Це свідчить про пригнічення протеолітичної активності, дифузійних втрат і стабілізацію гелевої структури густого білка.

Попереднє озонування курячих яєць сприяє уповільненню фізико-хімічних та мікробіологічних змін, що дозволяє зберігати якість на високому рівні. Цей метод можна вважати ефективним інструментом для пролонгації терміну зберігання яєць до 35 днів із мінімальними втратами харчової цінності, особливо з

огляду на підвищення показників HU та ІЖ у порівнянні з неозонованими аналогами.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів.

References

Bakhtavoryan, R., Hovhannisyan, V., Devadoss, S., & Lopez, J. (2021). An Empirical Evaluation of Egg Demand in the United States. Journal of Agricultural and Applied Economics, 53(2), 280–300. DOI: 10.1017/aae.2021.9

Brodowska, A. J., Nowak, A., & Śmigielski, K. (2017). Ozone in the food industry: Principles of ozone treatment, mechanisms of action, and applications: An overview. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 58(13), 2176–2201. DOI: 10.1080/10408398.2017.1308313.

Chen, B., Sun, Y., Jin, H., Wang, Q., Li, Z., Jin, Y., & Sheng, L. (2022). An efficient processing strategy to improve the flavor profile of egg yolk: Ozone-mediated oxidation. Molecules, 28(1), 124. DOI: 10.3390/molecules28010124.

Hamid, Z., Meyrick, B. K., Macleod, J., Heath, E. A., & Blaxland, J. (2024). The application of ozone within the food industry, mode of action, current and future applications, and regulatory compliance. Letters in Applied Microbiology, 77(11), ovae101. DOI: 10.1093/lambio/ovae101.

Kulshreshtha, G., D'alba, L., Dunn, I. C., Rehault-Godbert, S., Rodriguez-Navarro, A. B., & Hincke, M. T. (2022). Properties, genetics and innate immune function of the cuticle in egg-laying species. Frontiers in Immunology, 13, 838525. DOI: 10.3389/fimmu.2022.838525.

Li, Z., Sun, Y., Jin, H., Wang, Q., Jin, Y., Huang, X., & Sheng, L. (2022). Improvement and mechanism of emulsifying properties of liquid egg yolk by ozonation technology. LWT, 156, 113038. DOI: 10.1016/j.lwt.2021.113038.

Narushin, V. G., Romanov, M. N., & Griffin, D. K. (2021). A novel Egg Quality Index as an alternative to Haugh unit score. Journal of Food Engineering, 289, 110176. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2020.110176.

Pandiselvam, R., Singh, A., Agriopoulou, S., Sachadyn-Król, M., Aslam, R., Gonçalves Lima, C. M., Khanashyam, A. C., Kothakota, A., Atakan, O., Kumar, M., Mathanghi, S. K., & Mousavi Khaenegah, A. (2022). A comprehensive review of impacts of ozone treatment on textural properties in different food products. Trends in Food Science & Technology, 127, 74–86. DOI: 10.1016/j.tifs.2022.06.008.

Pandiselvam, R., Subhashini, S., Banuu Priya, E. P., Kothakota, A., Ramesh, S. V., & Shahir, S. (2019). Ozone based food preservation: A promising green technology for enhanced food safety. Ozone: Science & Engineering, 41(1), 17-34. DOI: 10.1080/01919512.2018.1490636.

Paskevych, H. A., Petryshak, O. I., Fiialovych, L. M., Barylo, B. S., & Lunyk, Yu. M. (2023) Metodychni rekomendatsii dlia vykonannia laboratorno-praktychnykh zaniat studentamy iz spetsialnosti 204 «Tekhnolohiia vyrobnytstva i pererobky produktsii tvarynnytstva» OPP «Tekhnolohiia vyrobnytstva i pererobky produktsii tvarynnytstva» ta «Zoofizioterapiia». Lviv. URL: http://194.44.193.54:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/373/Методтчка%20переробка%202%20–%20копія%20%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y (in Ukrainian).

Sun, Y., Wang, Q., Jin, H., Li, Z., & Sheng, L. (2021). Impact of ozone-induced oxidation on the textural, moisture, micro-rheology and structural properties of egg yolk gels. Food chemistry, 361, 130075. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.130075.

Sverhun, Z., & Horiuk, Y. (2025). Bakterytsydnyi efekt vodnoi formy ozonu shchodo muzeinykh shtamiv mikroorhanizmiv na yaiechnii shkarlupi. NV LNU veterynarnoi medytsyny ta biotekhnolohii. Seriia: Silskohospodarski nauky, 27(102), 89–95. DOI: 10.32718/nvlvet-a10213 (in Ukrainian).

Sverhun, Zh. H., & Kukhtyn, M. D. (2025). Otsiniuvannia bakterytsydnoi dii vodnoi formy ozonu dlia znezarazhennia poverkhni yaiets. Podilskyi visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika, 47, 132–140. DOI: 10.37406/2706-9052-2025-2.18 (in Ukrainian).

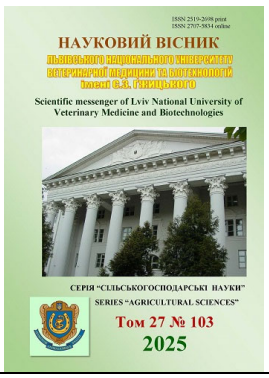
Tanuwidjaja, I., & Mrkonjić Fuka, M. (2024). Utjecaj ozona na sojeve Klebsiella pneumoniae rezistentne na karbapeneme i kolistin. Agronomski glasnik: Glasilo Hrvatskog agronomskog društva, 86(4), 225–242. DOI: 10.33128/ag.86.4.1.

Xue, W., Macleod, J., & Blaxland, J. (2023). The use of ozone technology to control microorganism growth, enhance food safety and extend shelf life: A promising food decontamination technology. Foods, 12(4), 814. DOI: 10.3390/foods12040814.

Yousef, A. E., Vurma, M., & Rodriguez-Romo, L. A. (2011). Basics of Ozone Sanitization and Food Applications. У Nonthermal Processing Technologies for Food, 289–313. Wiley-Blackwell. DOI: 10.1002/9780470958360.ch21.

Yüceer, M. (2023). Ozone application in food processing. Genel Yayın Yönetmeni/Editor in Chief C. Cansın Selin Temana Kapak & İç Tasarım/Cover & Interior Design Serüven Yayınevi Birinci Basım/ Eylül 2023 ISBN 978-625-6450-81-3.

Yuceer, M., & Caner, C. (2014). Antimicrobial lysozyme-chitosan coatings affect functional properties and shelf life of chicken eggs during storage. Journal of the science of food and agriculture, 94(1), 153–162. DOI: 10.1002/jsfa.6322.



Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького. Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences

ISSN 2519–2698 print
ISSN 2707-5834 online
doi: 10.32718/nvlvet-a10328
https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture

UDC 636.4.082.45:636.4.082.354

The effect of lactation duration on growth and feed efficiency of Landrace and Large White breeding pigs

A. M. Shostya✉, I. G. Shpyrna

Poltava State Agrarian University, Poltava, Ukraine

Article info

Received 04.08.2025
Received in revised form 04.09.2025
Accepted 05.09.2025

Poltava State Agrarian University, Skovorody Str., 1/3, Poltava, 36003, Ukraine.
Tel.: +38-067-573-25-98
E-mail: anatoliy.shostya@pdau.edu.ua

Shostya, A. M., & Shpyrna, I. G. (2025). The effect of lactation duration on growth and feed efficiency of Landrace and Large White breeding pigs. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 27(103), 237–249. doi: 10.32718/nvlvet-a10328

The aim of the study was to assess the influence of suckling period duration and breed on growth, productivity, and feed efficiency in replacement gilts of Landrace and Large White breeds during the rearing period. It was found that the duration of the suckling period significantly affects the subsequent growth of piglets, while breed characteristics modulate the manifestation of these differences. Piglets of both breeds weaned at 28 days had a higher initial body weight compared to those weaned at 21 days (Landrace +32.5 %, Large White +33.5 %) and maintained this advantage by the end of the rearing period (Landrace +7.0 %, Large White +3.9 %). Throughout the experiment, a tendency toward superiority of Landrace pigs (by 2.8–3.5 %) over Large White counterparts was observed. The average daily gain in Landrace pigs with later weaning exceeded that of early-weaned pigs by 16.2%, and in Large White by 10.8%, indicating a better realization of the genetic potential in Landrace animals. Landrace pigs weaned at 28 days reached a body weight of 30 kg 6.7 days earlier, and Large White pigs 2.8 days earlier than their 21-day-weaned counterparts. Under identical conditions, Landrace gilts outperformed Large White pigs by 3.3 days. Feed efficiency during the rearing period was higher in Landrace pigs with later weaning at 28 days, where feed conversion ratio (FCR) was 1.73 kg compared to 1.79 kg in Large White pigs, whereas no significant differences were observed between the breeds under early weaning conditions. Correlation analysis revealed a positive relationship between the duration of the suckling period and body weight at the beginning of rearing (Landrace r = 0.64; Large White r = 0.62), as well as with average daily gain (r = 0.30 and 0.29, respectively). A negative relationship with relative gain and the age at reaching 30 kg body weight was more pronounced in Large White pigs (r = –0.67; –0.13) compared to Landrace pigs (r = –0.57; –0.27). Analysis of variance confirmed the leading role of suckling period duration in shaping body weight at the start of rearing (39.5 %), average daily gain (8.3 %), and the age at reaching 30 kg (4.0 %), whereas the influence of breed and its interaction was minimal (<1 %). The main variability of indicators was determined by other unaccounted factors (60–96 %). It was established that extending the suckling period to 28 days enhances initial growth potential and feed utilization efficiency. Landrace pigs exhibit a more complete realization of their genetic potential, especially in terms of average daily gain (+16.2 % vs. +10.8 % in Large White), which confirms the advisability of prolonging lactation to optimize piglet productivity.

Keywords: *replacement gilts, Landrace, Large White, suckling period, rearing, piglet growth, productivity, average daily gain, feed conversion, breed differences.*

Вплив тривалості лактації на ріст і ефективність використання кормів ремонтних свинок ландрас і великої білої порід

А. М. Шостя✉, І. Г. Шпирна

Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

Метою дослідження було оцінити вплив тривалості підсисного періоду та породної належності на ріст, продуктивність і ефективність використання кормів у ремонтних свинок порід ландрас і велика біла в період дорощування. Встановлено, що тривалість підсисного періоду суттєво впливає на подальший ріст поросят, тоді як породна належність коригує прояв цих відмінностей. Поросята обох порід, відлучені у 28 діб, мали більшу початкову масу порівняно з групами відлученими у 21-добу (ландрас +32,5 %, велика біла +33,5 %) і по завершенню дорощування зберігали перевагу: ландрас +7,0 %, велика біла +3,9 %. Протягом досліду простежувалася тенденція до переваги тварин породи ландрас (2,8–3,5 %) над аналогами великої білої. Середньодобовий приріст у тварин породи ландрас при пізнішому відлученні перевищував раннє на 16,2 %, а у великої білої – на 10,8 %, що свідчить про кращу реалізацію генетичного потенціалу тварин породи ландрас. Тварини породи ландрас відлучені у 28 діб досягали маси 30 кг на 6,7 діб раніше, велика біла – на 2,8 доби за аналогів відлучених у 21 добу. Тоді як свинки породи ландрас за однакових умов випереджали тварин великої білої на 3,3 доби. Ефективність використання корму на дорощувані була вищою у тварин породи ландрас за більш пізнього відлучення у 28 діб, конверсія у яких склала 1,73 кг проти 1,79 кг у тварин великої білої породи, тоді як за раннього відлучення відмінностей між тваринами цих порід не зафіксовано. Кореляційний аналіз показав позитивний зв'язок тривалості підсисного періоду з масою при постановці на дорощування (ландрас r=0,64; велика біла r=0,62) та середньодобовим приростом (r=0,30 і 0,29). Негативний зв'язок із відносним приростом і віком досягнення маси 30 кг був сильніше виражений у великої білої (r=–0,67; –0,13) порівняно з тваринами породи ландрас (r=–0,57; –0,27). Дисперсійний аналіз підтвердив провідну роль тривалості підсисного періоду у формуванні маси при постановці на дорощування (39,5 %), середньодобового приросту (8,3 %) та віку досягнення 30 кг (4,0 %), тоді як вплив породи та її взаємодії був мінімальним (<1 %). Основну варіабельність показників визначали інші невраховані фактори (60–96 %). Встановлено, що подовження підсисного періоду до 28 діб підвищує стартові можливості росту та ефективність використання кормів. Тварини породи ландрас демонструють більш повну реалізацію генетичного потенціалу, особливо за середньодобовим приростом (+16,2 % проти +10,8 % у великої білої), що підтверджує доцільність подовження лактації для оптимізації продуктивності поросят.

Ключові слова: *ремонтні свинки, ландрас, велика біла, підсисний період, дорощування, ріст поросят, продуктивність, середньодобовий приріст, конверсія корму, породна відмінність.*

Вступ

Період дорощування є досить критичним віком у житті поросят (Povod et al., 2021). У своїх роботах (Paredes et al., 2012) встановили, що ключовими факторами, які визначають масу тіла поросят наприкінці періоду дорощування, є сезон народження, стать тварин, маса при народженні, маса при відлученні та маса тіла на шостому тижні життя. Разом ці чинники пояснюють приблизно 70 % загальної варіації маси тіла поросят наприкінці післявідлучного періоду. Розмір гнізда виявився статистично незначущим у впливі на масу тіла поросят у цей період. Поросята з масою при народженні, нижчою за середнє значення мінус 2,5 стандартних відхилення, демонструють потенціал до компенсаційного росту у наступних фазах дорощування. Так у дослідженні Quiniou et al. (2002) аналізується вплив варіації маси при народженні поросят на їх подальшу продуктивність. Встановлено, що поросята з низькою масою при народженні мають вищий рівень передвідлучної смертності та нижчі темпи росту порівняно з тими, що мають нормальну масу. Його думку підтверджують у своїй роботі Rehfeldt & Kuhn (2006), які також підкреслюють важливість маси при народженні як ключового чинника, що впливає на подальшу продуктивність свиней, зокрема через механізми, пов'язані з міогенезом. Схожого висновку дійшли Beaulieu et al. (2010), які повідомили, що поросята з меншою масою при народженні мали знижену масу при відлученні та на дорощуванні через 5 та 7 тижнів після відлучення, а також на момент забою. Такі поросята потребували більше часу для досягнення забійної маси, що підкреслює важливість маси при народженні як ключового чинника, що визначає подальшу продуктивність свиней. Результати Tang et al. (2023) підтвердили думку попередніх дослідників, що поросята з більшою масою при народженні мали вищу виживаність, кращий темп росту, частіше ссали свиноматку, споживали більше молока та корму. Також ними встановлено, що незалежно від маси при народженні, швидко зростаючі поросята споживали більше корму. Їх дослідження підтвердило думку інших дослідників, що маса при народженні впливає на виживаність та приріст маси тіла, що пов'язано з підвищеним споживанням молока та корму. У статті Madsen & Bee (2015), які досліджували вплив компенсаторного росту на поросят із низькою масою при народженні і встановили, що цей фактор не здатен повністю компенсувати негативні ефекти низької маси при народженні на ріст, склад туші та якість м'яса. У статті Van der Peet-Schwering et al. (2021) засвідчили, що маса при народженні не впливає на ефективність використання азоту у пізнішому віці свиней. Однак селекційна цінність за депонуванням білка є важливим чинником, що визначає утримання азоту, ріст та ефективність використання азоту. Водночас Valros et al. (2021) показали, що поросята з низькою масою при народженні не мали підвищеного рівня маніпулятивної поведінки порівняно з іншими поросятами. Натомість висока швидкість росту під час лактаційного та дорощувального періодів була позитивно пов'язана з підвищеним рівнем маніпулятивної поведінки та шкірними ушкодженнями, зокрема ушкодженнями вух.

Ці результати підкреслюють важливість моніторингу маси при народженні та вжиття відповідних заходів для зниження ризиків та покращення продуктивності поросят.

Вік відлучення поросят від свиноматки є ключовим фактором, що впливає на їх подальший ріст, середньодобовий приріст та продуктивність у фазі дорощування. Так за повідомленням de Grau et al. (2005) поросята, відлучені у стандартному віці близько 21 доби, мали масу при відлученні 6,07 кг, що на 0,87 кг (16,7 %) більше порівняно з ранньо відлученими у 17 діб, (5,2 кг), але на 0,83 кг (12 %) менше порівняно з тваринами відлученими у 28 діб,

(6,9 кг). У 7 тижнів поросята відлучені у 21 добу важили 13,6 кг, що на 2,9 кг (17,6 %) менше, ніж у ранньо відлучених (16,5 кг), але на 0,8 кг (6,3 %) більше, ніж у відлучених в 28 діб (12,8 кг). Інтенсивність росту у фазі дорощування також мала схожу тенденцію: поросята 21 добового віку відлучення мали середньодобові прирости 266 г, що на 68 г (20,4 %) менше, ніж у відлучених на 17 добу, і на 16 г (6,4 %) більше, ніж у відлучених на 21 добу (250 г). Тобто більш пізнє відлучення, хоча й забезпечувало найбільшу масу на цей час, проте призводило до зниження середньодобового приросту після відлучення і як наслідок маси у 49 діб, що свідчить про уповільнення росту на початковій стадії дорощування. Раннє відлучення забезпечувало швидший стартовий ріст, проте маса при відлученні була нижчою, що може потребувати додаткових заходів з утримання та додаткової стратегії годівлі. Загальний рівень смертності та вибракування у фазі дорощування становив 6,8 %, при цьому найбільші втрати спостерігалися серед поросят з низькою масою при відлученні (<4,1 кг). Поросята, що були на 1 кг важчими при відлученні, мали на 0,8 кг більшу масу у 7 тижнів. Варіація маси поросят збільшується з віком і коефіцієнт варіації маси при народженні, відлученні та у 7 тижнів становив 25,2 %, 26,3 % і 25,6 % відповідно, тобто він залишався стабільним, хоча абсолютна варіація збільшувалася з віком (0,378 кг при народженні, 1,5 кг при вилучені, проти 8,96 кг при масі 35 кг у 7 тижнів). Протилежні результати отримав у своїй роботі Ming et al. (2021), які повідомляють, що поросята, відлучені у 28 днів, мали на 23,6 % більшу масу при відлученні (8,49 проти 6,87 кг), споживали в середньому на 32,3 % більше корму на добу та характеризувалися на 2,8 % нижчою частотою діареї. Крім того, їхні середньодобові прирости були вищими на 23,5 %, а маса на 28 добу дорощування на 19,1 %, хоча конверсія корму виявилася гіршою на 7,0 % порівняно з групою відлучення у 21 день. Загалом отримані дані свідчать про переваги пізнішого відлучення з точки зору здоров'я, адаптації та стійкості поросят. Його висновки підтвердив у своїй роботі Швачка Р. (Shvachka, 2022), за повідомленнями якого поросята, відлучені від свиноматок у 21-денному віці, на етапі дорощування мали знижені темпи росту на 2,90–11,35 %, гіршу збереженість на 0,83 % та менші середньодобові прирости й конверсію корму на 0,03 кг порівняно з поросятами, відлученими у 28 діб, що згодом компенсувалося компенсаторним ростом. Схожі дані навели у своїх дослідженнях Povod et al. (2019). За повідомленнями (Shvachka et al., 2020) суттєвий вплив тривалості підсисного періоду встановлено на масу гнізда поросят при відлученні – 73,0 %, середню масу одного поросяти при відлученні – 64,4 %, – абсолютні прирости поросят в підсисний період – 63,0 %, середньодобові прирости в підсисний період.

За повідомленнями Povod et al. (2023) скорочення з 28 до 21 доби підсисного періоду для поросят призвело до зменшення інтенсивності росту поросят після відлучення, зниження абсолютного приросту, індивідуальної маси поросят. Також поросята, відлучені раніше, споживали менше корму, маючи гіршу оплату корму і в кінцевому підсумку – нижчу масу в кінці дорощування. Їхню думку підтверджують результати досліджень (Mykhalko, 2023), за повідомленнями якого поросята, відлучені після 28-добового підсисного періоду, продемонстрували вищу продуктивність на дорощуванні. Зокрема, їхня кінцева жива маса була на 7,7 % більшою, середньодобові прирости – на 15,3 % вищими, а конверсія корму – кращою на 6,3 %, порівняно з поросятами, відлученими після скороченого підсисного періоду (21 доба). Тоді як на думку Berkeveld et al. (2007) подовження лактації з 21 добового віку до 42 добового забезпечує більш м'який перехід від молочних кормів до твердих, стимулює споживання корму до відлучення, тим самим зменшуючи зниження росту після відлучення. При відлученні у 21 добу споживання корму до відлучення було дуже низьким – близько 18 г на порося, тоді як при відлученні у 42 доби цей показник становив 2 717–3 808 г на порося. Після відлучення у 21 добу спад росту становив приблизно 98 %, що на 22–34 % перевищувало аналогічний показник поросят, відлучених у 42 доби. До 55-го дня життя маса тварин не відрізнялася суттєво між групами з різними термінами відлучення. Його думку підтверджують Dritz et al. (1996), які повідомляють що свині, яких відлучали пізніше, показували кращі стартові темпи росту після відлучення, але з часом різниця в рості між групами з різним віком відлучення зменшувалася, особливо коли свині досягали фінішної маси. За повідомленнями Douglas et al. (2014) в своїх дослідженнях встановили, що деякі поросята з низькою вагою при відлучені демонстрували компенсаторний ріст, тоді як інші – ні. Деякі тварини з масою при відлучені нижче середньої по популяції змогли досягти наступної ваги по завершені відгодівлі, яка була на рівні або вище середньої ваги по популяції для цього віку. Також дослідження Collins et al. (2017), Smith et al. (2007), а також Wolter & Ellis (2001) відзначають, що маса тіла при відлученні є визначальним чинником для подальшого росту після відлучення та швидкості досягнення цільової ваги на забій. За даними He et al. (2016), Calderón Díaz et al. (2017) та Schinckel et al. (2025), у промисловому свинарстві частка тварин із низькою масою становить від 10 до 15 %. Як зазначають Larriestra et al. (2006), Calderón Díaz et al. (2017) і Muns et al. (2015), ці свині мають підвищений ризик смертності впродовж усього виробничого циклу. Водночас, ті, що виживають, за твердженням Patience et al. (2004), створюють труднощі для менеджменту у виробничих системах за принципом "все порожньо – все зайнято". Не існує єдиної думки щодо порогових значень зниження маси поросят при відлученні та їхнього впливу на подальший ріст у період дорощування й на наступних етапах виробничого циклу (Gondret et al., 2006; Douglas et al., 2014; Camp Montoro et al., 2020). Так (Quiniou et al., 2002; Douglas et al., 2013; He et al., 2016) повідомляють, що свині з меншою масою при відлученні характеризуються

нижчими показниками росту порівняно з важчими ровесниками. Водночас (Huting et al., 2018; Zeng et al., 2019) зазначають, що тварини з низькою масою при відлученні здатні компенсувати цей недолік і до кінця виробничого циклу досягати подібних показників ваги, як і їхні більші аналоги.

За даними Faccin et al. (2022), свинок із низькою вагою при народженні рекомендується відсівати на ранніх стадіях відбору, оскільки такі тварини мають менші шанси на успішний розвиток та виживання у стаді. Відлучення слід проводити у віці 24 днів або пізніше, що дозволяє забезпечити достатнє споживання молозива та стабільний стартовий ріст. Після відлучення свинок можна вирощувати різними методами за умови, що їхній темп росту не перевищує 600 г на добу. Дотримання цих рекомендацій сприяє підвищенню продуктивності тварин у подальшому та зменшенню втрат у стаді, оскільки оптимальна вага при відлученні та належний темп росту є ключовими факторами для досягнення високих показників виживаності та продуктивності.

Важливим фактором інтенсивності росту поросят у післявідлучний період, поряд із масою при народженні, є їхній генетичний потенціал. Так, Van der Peet-Schwering et al. (2013) показали, що поросята з високою масою при народженні та високим генетичним індексом досягали забійної маси на 8,6 днів раніше поросят із низькою масою та низьким генетичним потенціалом, що відповідає скороченню часу до забою на 12–14 %. Вони також мали вищі темпи росту та більшу споживаність корму: середньодобове споживання було на 0,15–0,20 кг на добу (10–15 %) вищим порівняно з групою низької маси та генетичного потенціалу. Валовий дохід на одну доставлену свиню у цій групі був на €5,52 (близько 7 %) вищим. Таким чином, поєднання високої маси при народженні та сильного генетичного потенціалу є ключовим для оптимізації продуктивності та економічної ефективності у свинарстві. Порівняння продуктивності чистопородних свиней порід ландрас і велика біла та їхніх помісей, проведене Macbeth (1986) на основі глобального огляду літератури, виявило істотні відмінності у швидкості росту та конверсії корму. У середньому співвідношення показників тварин породи ландрас до аналогів великої білої становило 1,032 за коефіцієнтом конверсії корму та 1,006 за тривалістю відгодівлі до беконної маси. Це свідчить, що підсвинки породи ландрас дещо повільніше ростуть і менш ефективно використовують корм порівняно з тваринами великої білої породи Водночас оцінки індивідуального гетерозису вказують на перспективність використання помісей: середнє відхилення для коефіцієнта конверсії корму становило – 1,8 %, а для тривалості відгодівлі – 4,6 %, що підтверджує тенденцію до кращої оплати корму та швидшого досягнення забійної кондиції у помісних свиней. Протилежних результатів в своїх дослідженнях досягли Kremez et al. (2024), які повідомили, що при порівнянні показників дорощування свиней порід велика біла та ландрас, відлучених у віці 28 діб, спостерігалася тенденція до 4,1 % покращення середньодобових і абсолютних приростів та значуща різниця у масі поросят у кінці дорощування на 4,0 % на користь тварин породи ландрас. Водночас порівняння свиней порід велика біла та ландрас, проведене Вощенко І. Б. (Voshchenko, 2025), засвідчує, що тварини породи ландрас мають дещо вищий потенціал росту. Тоді як суттєвих відмінностей між тваринами цих двох порід під час дорощування за показниками середньодобових приростів, ефективності використання корму та маси на кінець періоду дорощування не виявлено. На результати дорощування свиней великої білої та ландрас порід впливають і селекційне походження цих тварин та методи розведення. Так Волошинов В. (Voloshynov, 2025) повідомив, що поросята канадського походження мали за період дорощування кращу на 0,8 % збереженість, вищу на 8,0 % швидкість росту та більші на 8,0 % абсолютні прирости, вищу на 7,9 % масу підсвинків порівняно з їх аналогами данського походження. За повідомленням (Voshchenko & Povod, 2025) не встановлено суттєвих розбіжностей за результатами дорощування поросят отриманих від свиноматок велика біла та ландрас порід англійського та данського походження. Водночас (Voshchenko, 2024; Kremez, 2025) вказують на суттєві зміни у показниках продуктивності поросят на дорощувані під впливом селекційного процесу. В свою чергу (Voloshchuk et al., 2013; Mykhalko, 2023; Kremez, 2025), вказують на те що трипородні поросята незалежно від умов утримання та сезонів року більш швидко адаптувалися до умов утримання та годівлі при переведенні на дорощування і мали перевагу за швидкістю росту відносно двопородних та чистопородних.

Як витікає з даного огляду ріст і продуктивні якості гібридних поросят та вплив на них тривалості підсисного періоду є добре задокументованими. Водночас у літературі бракує інформації щодо впливу тривалості підсисного періоду на подальшу продуктивність ремонтних свинок материнських порід велика біла та ландрас. Тому актуальним є дослідження росту та продуктивності свинок цих порід у післявідлучний період і до завершення дорощування.

Мета дослідження

Метою дослідження було встановити вплив тривалості підсисного періоду та породної належності на інтенсивність росту, продуктивні показники та ефективність використання кормів у ремонтних свинок порід ландрас і велика біла в період їх дорощування.

Завдання дослідження: визначити вплив тривалості підсисного періоду на ріст, продуктивність та ефективність використання кормів у ремонтних свинок порід ландрас і велика біла; оцінити кореляційні зв'язки між основними показниками інтенсивності росту; встановити частку впливу керованих (порода, тривалість підсисного періоду) та неврахованих факторів на продуктивні ознаки;

обґрунтувати оптимальну тривалість підсисного періоду як ключовий чинник підвищення продуктивності та реалізації генетичного потенціалу підсвинків.

Матеріал і методи досліджень

Дослідження проводилися на базі племінного репродуктора ТОВ "НВП "Глобинський свинокомплекс", що розташований у селі Шепелівка Кременчуцького району Полтавської області. Для його проведення із кожної групи піддослідних свиноматок, двох порід що налічувала по 20 голів які мали різну тривалість лактації, було відібрано по 60 поросят-свинок під час відлучення (табл. 1).

Таблиця 1
Схема досліду

Показник	Порода свиней			
	ландрас		велика біла	
Група тварин	I	II	III	IV
Тривалість підсисного періоду, діб	28	21	28	21
Кількість відібраних свинок на початок досліду, гол.	60	60	60	60
Вік при постановці на дорощування, діб	28	21	28	21
Вік при знятті з дорощування, діб	77	77	77	77
Тривалість дорощування, діб	49	56	49	56

З цією метою попередньо було зважено всіх свинок, які дожили до моменту відлучення в групах великої білої і ландрас порід тривалість лактації яких була скороченою (21 добу). Вони складали відповідно другу та четверту групу. За результатами зважування для кожної групи визначали середню живу масу тварин. Після цього здійснювали індивідуальне зважування свинок із нанесенням спеціальним маркером показника їхньої маси на спині. Із кожної групи відбирали по 60 свинок, жива маса яких була максимально наближена до середнього показника по групі, що дозволило сформувати однорідні піддослідні вибірки для подальших досліджень.

Після відлучення свинок від свиноматок їх перевели у корпус для дорощування поросят того ж репродуктора (рис. 1). Тварин розміщували у станках по 30 голів, із розрахунку 0,35 м^2 площі на одне порося. При цьому кожна піддослідна група свинок розміщувалась у двох суміжних станках із спільною самогодівницею. Конструкція станка передбачала 60 % полімерної ґратчастої підлоги та 40 % суцільної бетонної підлоги з елементами підігріву. Годівлю поросят у станках здійснювали за допомогою самогодівниць сухими гранульованими кормами, при фронті годівлі 2,5 см на одну голову. Транспортування корму до годівниць відбувалося за допомогою ланцюгово-шайбового транспортера. Напування тварин забезпечувалося з чотирьох ніпельних автонапувалок.

Видалення гною здійснювали за допомогою гравітаційної системи періодичної дії. Вентиляція приміщення була системою рівномірного тиску і працювала за допомогою двох припливних та двох витяжних вентиляторів, керованих процесором управління. Це дозволяло подавати та відводити однакову кількість повітря, підтримуючи стабільний тиск у приміщенні.

Годівля піддослідних свинок була ідентичною повнораціонною та збалансованою за всіма основними поживними речовинами. Упродовж підсисного періоду всі піддослідні поросята отримували сухий престартерний комбікорм Superior Shield Neonatal (рецепт 0–9) у кількості чотирьох разів на добу. Корм згодовували в наземні годівниці, закріплені на підлозі станка для опоросу.

Після переведення у цех дорощування тварин продовжували годувати тим самим раціоном до досягнення ними живої маси 9 кг. Далі піддослідних поросят переводили на другий престартерний раціон тієї ж компанії (Superior Shield, рецепт 9–12), яким годували до досягнення маси 12 кг. Після цього тваринам призначали стартерний комбікорм Cargill (рецепт 12–25), який згодовували до моменту переведення у цех вирощування ремонтних свинок для подальшого тестування.

У перші п'ять діб після переведення на дорощування свинкам додатково згодовували рідку кормову суміш, приготовлену у співвідношенні 3:1 (три частини теплої води та одна частина сухого корму). Таку суміш згодовували з додаткової годівниці, розташованої у центрі станка, із розрахунку одне кормове місце шириною 8 см на одну тварину. При цьому сухий комбікорм у самогодівницях залишався у вільному доступі.

Через сім діб після формування груп свинок зі скороченим терміном підсисного періоду було сформовано також групи піддослідних свинок зі стандартною його тривалістю. Таким чином до першої групи було включено свинок породи ландрас, яких відлучали у віці 28 діб, а до третьої групи увійшли свинки великої білої породи з такою ж тривалістю підсисного періоду. Тоді як другу групу сформували зі свинок породи ландрас, проте відлучення яких проводили у віці 21 добу, а четверту групу склали свинки великої білої породи, яких також відлучали у віці 21 добу.

У піддослідних групах контроль споживання комбікормів здійснювали торсійними вагами з фіксацією результатів в облікових таблицях, що дозволяло визначати кількість спожитих кормів різних рецептур. Сюди ж додавали кількість сухого корму використаного для приготування вологих мішанок.

По завершенні періоду дорощування, на основі індивідуального зважування, даних про кількість спожитих кормів й вибуття тварин, визначали рівень збереженості. За результатами зважувань обчислювали показники росту, конверсію кормів та економічну ефективність дорощування свинок різних генотипів залежно від віку відлучення від свиноматки (за методикою Ladyka et al., 2023).

Під час проведення дослідження умови утримання і годівлі свиней, а також ветеринарні процедури регламентувалися уніфікованим протоколом,

гармонізованим із національними та європейськими стандартами добробуту тварин. Усі експериментальні дії виконувалися так, щоб мінімізувати біль і дискомфорт піддослідних.

З метою більш об'єктивної характеристики сили взаємозв'язків між тривалістю підсисного періоду та інтенсивністю росту свинок було проведено розрахунок коефіцієнтів фенотипової кореляції за методикою Geraghty (2018). Оцінювання сили кореляційних зав'язків здійснювали відповідно до шкали Чеддока (Geraghty, 2018), яка дозволяє класифікувати їх за такими інтервалами: коефіцієнти у межах 0,1–0,3 свідчать про слабкий зв'язок, 0,3–0,5 – про помірний, 0,5–0,7 – про помітний, 0,7–0,9 – про високий, а значення 0,9–0,99 характеризують дуже високий рівень залежності.

З метою комплексної оцінки впливу як породної належності, так і тривалості підсисного періоду на основні показники росту свиней у період дорощування було проведено двофакторний дисперсійний аналіз за методикою Geraghty (2018).

Опрацювання даних здійснювали з використанням табличного процесора Microsoft Excel 2016. Статистичну оцінку проводили за допомогою t-критерію Стьюдента відповідно до загальноприйнятих у біометрії підходів (Kramarenko et al., 2019). Достовірність різниць між варіантами вважали підтвердженою при рівнях значущості: $P < 0,05$ – перший, $P < 0,01$ – другий та $P < 0,001$ – третій.

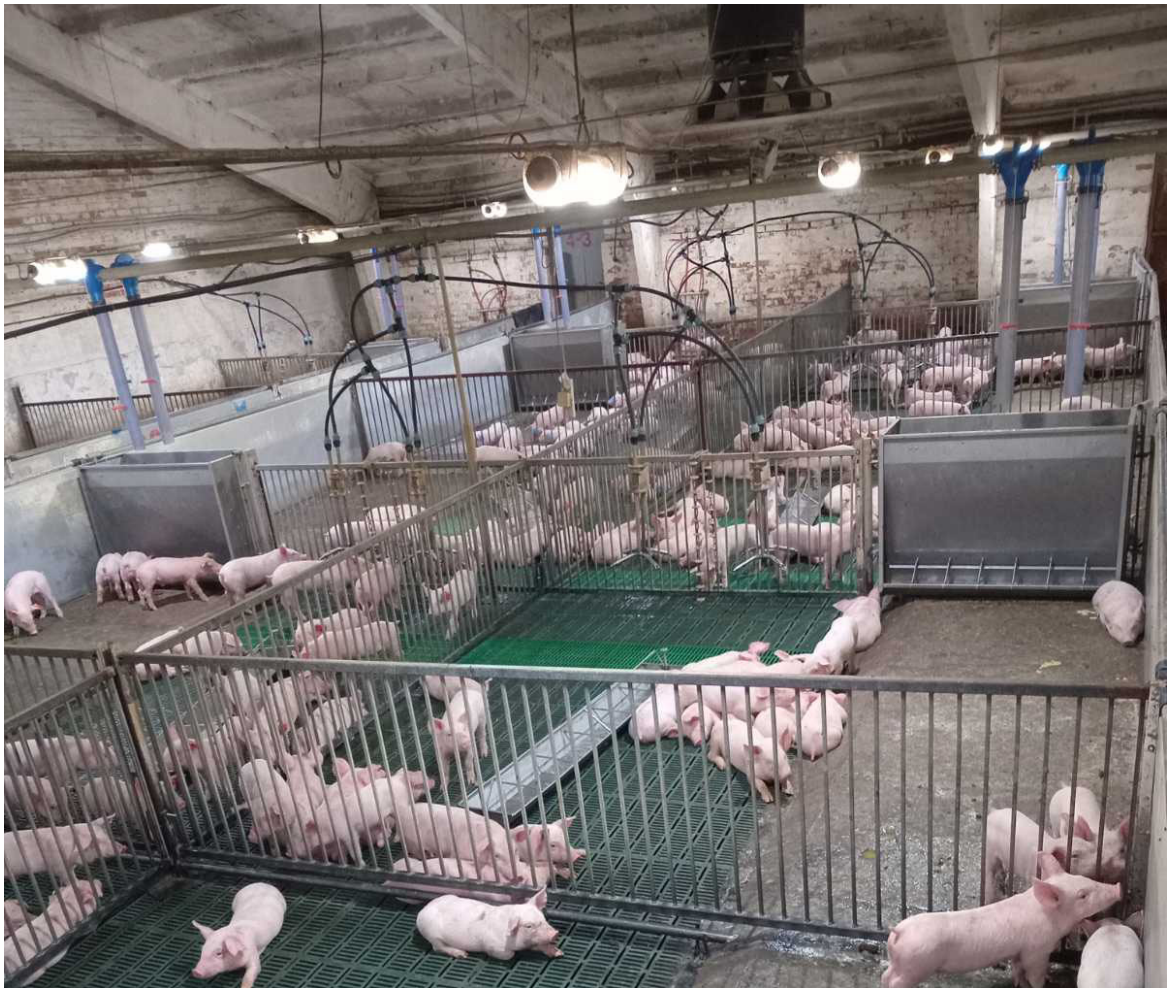


Рис. 1. Умови утримання піддослідних поросят під час дорощування.

Результати

Як видно з табл. 2, вік постановки свинок на дорощування має суттєвий вплив на їхній подальший ріст, збереженість та ефективність використання кормів, причому прояв цих відмінностей частково залежав від породної належності. Так при більш пізній постановці (28 діб) тварини обох порід мали значно вищу початкову масу. У свинок породи ландрас вона становила 7,42 кг, що на 1,82 кг (32,5 %) більше порівняно з поросятами, поставленими у 21 добу ($P < 0,001$). У тварин великої білої породи початкова маса становила 7,22 кг, що перевищувало показник 21-добових тварин на 1,81 кг (33,5 %) ($P < 0,001$). При порівнянні між породами не встановлено вірогідної різниці, хоч і спостерігалась тенденція за якої у 28 діб початкова маса у тварин породи ландрас була дещо вищою (+0,20 кг, або 2,8 %) порівняно з великою білою, тоді як у 21 добу різниця складала +0,19 кг (3,5 %) на користь свинок породи ландрас. Вищу початкову масу у 28 діб порівняно з 21 добою можна пояснити більш тривалим перебуванням поросят під свиноматкою, що сприяло кращому споживанню молока та поступовішому переходу на твердий корм. Це

дало змогу тваринам обох порід починати дорощування зі значно вищими енергетичними резервами. Таким чином, незалежно від віку постановки, поросята породи ландрас мали невелику, але стабільну перевагу за масою тіла над великою білою, що узгоджується з повідомленнями низки дослідників про більш високу інтенсивність росту цієї породи у ранньому віці.

Таблиця 2
Продуктивність свинок під час дорощування

Показник	Значення			
Порода свинок	ландрас		велика біла	
Вік постановки на дорощування, діб	28	21	28	21
Піддослідна група	I	II	III	IV
Маса при постановці на дорощування, кг	7,42 ± 0,14 $^{aaa\ ccc}$	5,60 ± 0,14	7,22 ± 0,18 $^{ddd\ ggg}$	5,41 ± 0,10
Маса по завершені дорощування, кг	30,82 ± 0,58 $^{a\ cc}$	28,66 ± 0,88	29,36 ± 0,59	28,27 ± 0,53
Абсолютний приріст, кг	23,43 ± 0,51	23,05 ± 0,85	22,18 ± 0,49	22,88 ± 0,46
Середньодобовий приріст, г	478,2 ± 10,49 $^{aaa\ ccc}$	411,6 ± 16,44	452,6 ± 9,97 ^{ggg}	408,5 ± 8,30
Відносний приріст, %	122,27 ± 1,01	133,67 ± 1,14 ^{aaa}	121,35 ± 1,18	135,65 ± 0,82 $^{ccc\ ggg}$
Збереженість поросят на дорощувані, %	98,4	95,2	96,8	96,8
Ввік досягнення маси 30 кг, діб	76,94 ± 1,27	83,61 ± 1,70 ^{aaa}	80,23 ± 1,39	83,05 ± 1,47 ^{cc}
Середньодобове споживання корму, кг	0,83	0,76	0,81	0,77
Конверсія корму, кг	1,73	1,84	1,79	1,89

Вірогідність різниці між: ^{aaa} *– 1 та 2;* ^{bbb}*– 1 та 3;* ^{ccc} *– 1 та 4;* ^{ddd} *– 2 та 3;* ^{fff} *– 2 та 4;* ^{ggg} *–3–4 групами*

Наприкінці періоду дорощування, враховуючи неоднакову його тривалість різниця у живій масі між тваринами, поставленими у різному віці, скорочувалася, однак перевага груп з 28 добовою тривалістю підсисного періоду зберігалася. Це вказує, що втрата у початковій масі при постановці у 21 добу частково компенсується високим відносним приростом, але не повністю. У свинок породи ландрас тварини з 28 добовою тривалістю підсисного періоду перевищували аналогів з 21 добовим на 2,16 кг (7,0 %) (P < 0,05), а у великої білої – на 1,09 кг (3,9 %) (P ≥ 0,05). Водночас при порівнянні тварин різних порід за однакових умов постановки встановлена наступна тенденція: у 28 діб перевага залишалася за свинками породи ландрас (30,82 проти 29,36 кг, різниця 1,46 кг, або 5,0 %), тоді як у 21 добу різниця між породами була меншою і становила лише 0,39 кг (28,66 проти 28,27 кг). Це свідчить, що за пізнішої постановки різниця між породами проявляється чіткіше.

За абсолютним приростом маси тіла істотних відмінностей між групами не виявлено: у тварин породи ландрас він коливався від 23,43 до 23,05 кг, а у їх аналогів великої білої – від 22,18 до 22,88 кг. Проте, враховуючи різну тривалість дорощування, за середньодобовим приростом різниця була більш вираженою. Характерно, що за цією ознакою чітко проявилася перевага тварин породи ландрас яких ставили на дорощування у 28 діб (+25,6 г порівняно з великою білою), тоді як свинки поставлені на дорощування у 21 добу практично не мали різниці між породами. Так у тварин породи ландрас при постановці у 28 діб середньодобовий приріст становив 478,2 г, що на 66,6 г (16,2 %) (P < 0,001) перевищувало показник тварин, поставлених у 21 добу. У великої білої різниця між віковими групами була меншою, але також суттєвою – 452,6 г проти 408,5 г, тобто +44,1 г (10,8 %) (P < 0,001). Порівняння між породами показало, що у 28 діб вищий середньодобовий приріст спостерігався у свинок породи ландрас (+25,6 г, або 5,7 %), тоді як у 21 добу різниця між породами була мінімальною (+3,1 г). Це свідчить про те, що генетичний потенціал тварин породи ландрас щодо швидкості росту реалізується ефективніше за умов пізнішого відлучення, коли стресовий фактор зменшений, а стартові можливості для росту вищі.

Відносний приріст, навпаки, виявився вищим у тварин, поставлених на дорощування у 21 добу, що пояснюється нижчою масою на початку періоду. Так, у тварин породи ландрас він перевищував показник тварин відлучених у 28 діб на 11,4 в.п. (133,7 % проти 122,3 %), а у їх аналогів великої білої – на 14,3 в.п. (135,7 проти 121,4 %). Водночас між породами відмінності за цим показником були мінімальними (122,3 % у тварин породи ландрас проти 121,4 % у свинок великої білої), тоді як у 21 добу дещо переважали тварини великої білої породи (135,7 проти 133,7 %). Це можна інтерпретувати як більш високу компенсаторну здатність цієї породи при ранньому відлученні.

Збереженість поголів'я у досліді залишалася на високому рівні. У тварин породи ландрас вона становила 98,4 % при постановці у 28 діб та 95,2 % – у 21 добу, що свідчить про меншу чутливість цієї породи до стресових факторів при відлучені у більш старшому віці. У синок великої білої породи цей показник залишався стабільним – 96,8 % незалежно від віку постановки, що може пояснюватися дещо вищою витривалістю та меншою реакцією на зміну умов годівлі.

Важливим критерієм ефективності вирощування є вік досягнення живої маси постановки на тестування свинок – 30 кг. Поросята породи ландрас, поставлені у 28 діб, досягали цього рівня на 6,7 діб швидше, ніж тварини поставлені на дорощування у 21-добовому віці (76,9 проти 83,6 діб) (P < 0,001). У свинок великої білої породи ця різниця становила 2,8 діб (80,2 проти 83,1 діб) (P < 0,01). Тварини породи ландрас при постановці у 28 діб досягали цієї маси на 3,3 доби раніше, ніж їх аналоги великої білої, тоді як за початку дорощування у віці 21 добу різниця була мінімальною. Це

може бути пояснено тим, що у більш сприятливих умовах пізнішого відлучення тварини породи ландрас швидше реалізують свій генетичний потенціал росту, тоді як за раннього відлучення тварини обох порід зазнають стресу, що нівелює відмінності.

Аналіз ефективності використання корму, також підтвердив переваги пізнішої постановки на дорощування. Так, у тварин, поставлених на дорощування у 28 діб, відмічено більш високе середньодобове його споживання, але водночас і кращу конверсію. У тварин породи ландрас відлучених у 28 діб вона становила 1,73 кг проти 1,84 кг у свинок відлучених на 21 добу, а у їх аналогів великої білої породи – відповідно 1,79 проти 1,89 кг. При цьому у тварин породи ландрас поставлених на дорощування у 28 діб конверсія корму була кращою, ніж у їх аналогів великої білої породи (1,73 проти 1,79), тоді як у 21 добу різниця між породами практично не спостерігалася, що ще раз підтверджує їх вищий генетичний потенціал до інтенсивного росту за тривалішої лактації свиноматок.

Таким чином, результати дослідження свідчать, що скорочення віку відлучення з 28 до 21 доби призводить до зниження інтенсивності росту поросят, їхньої початкової та кінцевої маси, середньодобових приростів, уповільнює досягнення живої маси 30 кг та погіршує ефективність використання корму. Це вказує на те, що раннє відлучення посилює стрес у поросят і створює додаткові ризики для збереженості та продуктивності молодняку. Навпаки, пізніше відлучення у 28 діб забезпечує стабільніший ріст, кращу оплату корму та вищу продуктивність. Порівняння між породами показало, що свинки породи ландрас дещо краще реалізують свій генетичний потенціал за умов пізнішого відлучення, ніж їхні аналоги великої білої породи.

З метою вивчення взаємозв'язків між віком відлучення поросят та основними показниками інтенсивності росту під час дорощування нами були розраховані коефіцієнти кореляції основних показників продуктивності для обох порід (рис. 2). Застосування цього підходу дає можливість встановити не лише напрямок, але й ступінь залежності між досліджуваними ознаками, що має важливе значення при аналізі продуктивності молодняку.

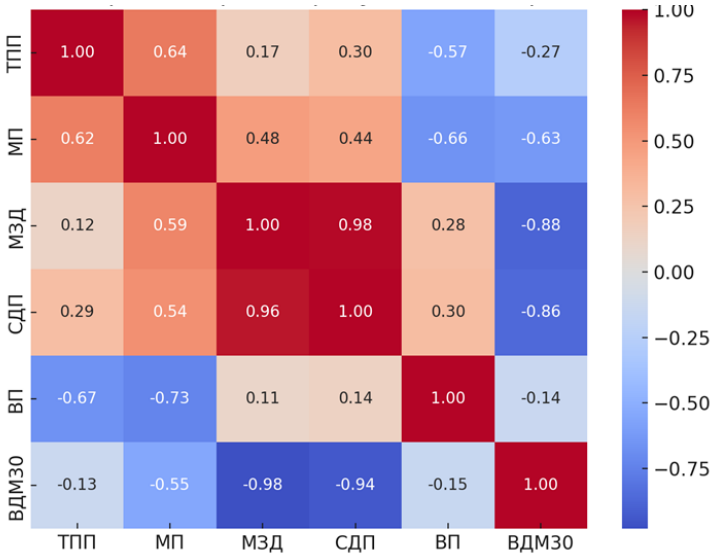


Рис. 2. Коефіцієнти кореляції між основними показниками дорощування свинок

Примітка: справа зверху – порода ландрас, зліва знизу – велика біла порода; ТПП – тривалість підсисного періоду; МП – маса при постановці на дорощування; МЗД – маса при знятті з дорощування; СДП – середньодобовий приріст; ВП – відносний приріст; ВДМ30 – вік досягнення маси 30 кг

Встановлено тісний взаємозв'язок між основними показниками інтенсивності росту поросят породи ландрас на етапі дорощування. Тривалість підсисного періоду позитивно помітно корелює з масою при постановці на дорощування, (r=0,64), та з слабкою силою із масою при знятті з дорощування, (r=0,17) та помірно з середньодобовим приростом (r=0,30). Водночас простежується негативний помітний зв'язок із відносним приростом (r=–0,57) та слабкий з віком досягнення маси 30 кг (r=–0,27), що свідчить про певне зниження темпів інтенсивності росту у поросят із довшим періодом підсисного періоду.

Маса при постановці на дорощування виявляє помірний прямий зв'язок із масою при знятті (r=0,48) і середньодобовим приростом (r=0,44), що підтверджує важливість початкової живої маси як фактора подальшої продуктивності. Водночас спостерігається помітний негативний кореляційний зв'язок із відносним приростом (r=–0,66) та віком досягнення маси 30 кг (r=–0,63), що вказує на відносно нижчі темпи росту у тварин із більшою стартовою масою.

Дуже високим є зв'язок між масою при знятті з дорощування та середньодобовим приростом (r=0,98), що свідчить про їхню практично повну залежність. Водночас маса при знятті з дорощування демонструє слабкий позитивний зв'язок із відносним приростом (r=0,28) і високий негативний із віком досягнення маси 30 кг (r=–0,88).

Середньодобовий приріст має позитивну помірну залежність від відносного приросту (r=0,30) і високий негативний зв'язок із віком досягнення маси 30 кг

(r=–0,86), що підтверджує ключову роль інтенсивності росту у скороченні термінів досягнення необхідної живої маси. Відносний приріст, у свою чергу, слабко й негативно пов'язаний із віком досягнення маси 30 кг (r=–0,14).

Отже, результати досліджень свідчать про те, що основними факторами, які визначають інтенсивність росту поросят породи ландрас у період дорощування, є маса при постановці, середньодобові прирости та темпи досягнення живої маси 30 кг. Сильні кореляційні зв'язки вказують на доцільність використання цих показників як селекційних критеріїв для підвищення ефективності вирощування ремонтних свинок.

У свиней великої білої породи виявлено схожі тенденції. Так тісний взаємозв'язок між основними показниками росту в період дорощування. Тривалість підсисного періоду має позитивну помітну кореляцію з масою при постановці на дорощування (r=0,62), слабку з масою при знятті з дорощування (r=0,12) та середньодобовим приростом (r=0,29). Водночас простежується негативний помітний зв'язок із відносним приростом (r=–0,67) та слабкий з віком досягнення маси 30 кг (r=–0,13), що свідчить про зниження темпів росту у поросят за умов тривалішого підсисного періоду.

Маса при постановці на дорощування характеризується помітним позитивним зв'язком із масою при знятті (r=0,59) та помітним з середньодобовим приростом (r=0,54), що вказує на важливість початкової живої маси для подальших показників продуктивності. При цьому встановлено високу негативну кореляцію з відносним приростом (r=–0,73) та помітну з віком досягнення маси 30 кг (r=–0,55), що підтверджує тенденцію до відносно повільніших темпів росту у тварин із більшою стартовою масою.

Особливо високий кореляційний зв'язок простежується між масою при знятті з дорощування та середньодобовим приростом (r=0,96), що свідчить про їхню майже повну залежність. Окрім того, маса при знятті має слабкий позитивний зв'язок із відносним приростом (r=0,11) та дуже сильний негативний – із віком досягнення маси 30 кг (r=–0,98).

Середньодобовий приріст у великої білої породи також прямо, але слабко корелює з відносним приростом (r=0,14) та різко дуже сильно негативно – з віком досягнення маси 30 кг (r=–0,94). Це підтверджує ключову роль інтенсивності приросту у скороченні періоду досягнення цільової живої маси. Відносний приріст, у свою чергу, має слабкий негативний зв'язок із віком досягнення 30 кг (r=–0,15).

Отже, для великої білої породи вирішальними факторами росту та розвитку на етапі дорощування є маса при постановці, середньодобовий приріст та швидкість досягнення маси 30 кг. Сильні кореляційні взаємозв'язки цих показників вказують на їх доцільність як селекційних критеріїв для підвищення продуктивності та скорочення тривалості вирощування молодняку.

Порівняльний аналіз взаємозв'язків показників інтенсивності росту поросят породи ландрас та великої білої породи в період дорощування дозволив виявити як спільні закономірності, так і відмінності між ними. Для обох порід встановлено позитивний вплив тривалості підсисного періоду на масу при постановці на дорощування та середньодобовий приріст, проте сила цього зв'язку дещо вища у свинок породи ландрас (r=0,64 проти 0,62 для маси при постановці на дорощування r=0,30 проти 0,29 для середньодобових приростів. У той же час свинки обох порід характеризуються негативною залежністю тривалості підсисного періоду від відносного приросту та віку досягнення маси 30 кг, причому у свинок великої білої породи ці зв'язки більш виражені (–0,67 та –0,13) порівняно з тваринами породи ландрас (–0,57 та –0,27). Це свідчить про те, що довший підсисний період більш негативно позначається на темпах інтенсивності росту саме у свинок великої білої породи.

Маса при постановці на дорощування має аналогічні тенденції у свинок обох порід: помірний позитивний зв'язок із масою при знятті з дорощування та середньодобовим приростом у тварин породи ландрас – r=0,48 і 0,44; та помітний у їх аналогів великої білої породи – 0,59 і 0,54, а також різко негативний – із відносним приростом і віком досягнення маси 30 кг. Однак у свинок великої білої ці від'ємні зв'язки виражені сильніше (–0,73 та –0,55 проти –0,66 та –0,63 у тварин породи ландрас), що вказує на більш різке зниження відносних темпів росту за підвищення стартової маси.

Дуже сильний корелятивний взаємозв'язок спостерігається між масою при знятті з дорощування та середньодобовим приростом у свинок обох порід, однак у тварин великої білої породи цей зв'язок становив r=0,96 проти 0,98 у тварин породи ландрас. Водночас маса при знятті в обох випадках негативно корелює з віком досягнення маси 30 кг, причому у великої білої цей показник набуває дуже сильного степеню (–0,98 проти сильного –0,88 у тварин породи ландрас).

Середньодобовий приріст у свинок обох порід визначає тривалість досягнення живої маси 30 кг, але у тварин великої білої цей зв'язок є дуже сильним r=–0,94 проти сильного –0,86 у тварин породи ландрас. Відносний приріст також негативно корелює з віком досягнення маси 30 кг, проте зв'язок у обох порід слабкий (–0,14 у тварин породи ландрас та –0,15 у свинок великої білої породи).

Таким чином, спільною закономірністю для обох порід є вирішальна роль маси при постановці та середньодобового приросту у формуванні кінцевої маси при знятті з дорощування і швидкості досягнення живої маси 30 кг. Проте у поросят великої білої породи простежуються більш тісні та різкіші кореляційні зв'язки, особливо між масою при знятті, середньодобовим приростом і віком досягнення 30 кг. Це може свідчити про вищу чутливість цієї породи до початкових умов дорощування, тоді як у тварин породи ландрас проявляється більш збалансована взаємодія ознак.

З метою визначення можливості прогнозування рівня продуктивності у більш пізньому віці на основі даних отриманих при відлучені у 21 добу нами був

проведений розрахунок коефіцієнта кореляції між рівнем ознак при відлучені у 21 та 28 діб, який наведено в табл. 3.

Таблиця 3
Коефіцієнт кореляції між рівнем показників у свиней порід велика біла і ландрас відлучених у 21 та 28 діб

Показник	Коефіцієнт кореляції 21 до 28	
	ландрас	велика біла
Маса при постановці на докошування	0,17	0,29
Маса при знятті з дорощування	0,14	0,18
Абсолютний приріст	0,11	0,12
Середньодобовий приріст	0,11	0,12
Відносний приріст	0,04	0,07
Вік досягнення маси 30 кг	0,11	0,17

На підставі отриманих даних кореляційного аналізу можна стверджувати, що зв'язок між показниками росту поросят, відлучених у 21-шу та 28-му добу, загалом є слабким і перебуває в межах від 0,04 до 0,29. Для обох досліджуваних порід – ландрас та велика біла – характерним є позитивний, проте низький рівень кореляцій між масою при постановці, масою при знятті з дорощування, абсолютним і середньодобовим приростом, а також віком досягнення живої маси 30 кг. Найвищі коефіцієнти встановлено для маси при постановці, особливо у свинок великої білої породи (r = 0,29), що свідчить про дещо більший потенціал цієї ознаки для прогнозування у ранньому віці. Водночас мінімальні значення коефіцієнтів кореляції виявлено для відносного приросту (0,04–0,07), що фактично виключає можливість використання цього показника як індикатора подальшого росту. Отримані результати підтверджують, що застосування показників 21-добового віку з метою прогнозування подальших господарсько-корисних ознак має обмежену ефективність. Для підвищення точності оцінки ростових процесів та більш обґрунтованого відбору тварин доцільним є проведення контролю у пізніші вікові періоди, коли зв'язок між ознаками проявляється більш виражено.

Для визначення сили впливу породи свиней та тривалості підсисного періоду у поросят було проведено двофакторний дисперсійний аналіз результати якого наведені на рис. 3.

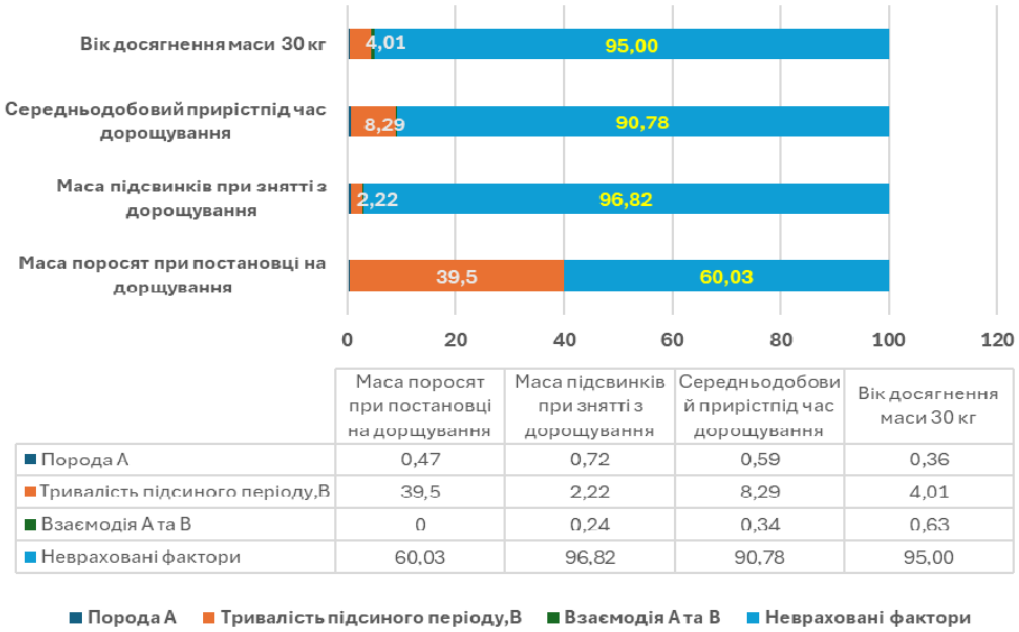


Рис. 3. Вплив породи А та тривалості підсисного періоду В на основні показники дорощування свинок

За результатами дисперсійного аналізу встановлено, що на масу поросят при постановці на дорощування вирішальний вплив справляє тривалість підсисного періоду (39,5 %) ($F_{роз.}$ 163,2 $F_{крит.}$ 3,87), тоді як фактор породи (0,47 %) та їх взаємодія (0 %) практично не мають впливу на цю ознаку. Разом з тим частка неврахованих чинників становить 60,03 %, що свідчить про багатофакторну природу формування даної ознаки.

Маса підсвинків при знятті з дорощування в найбільшій мірі визначається неврахованими факторами (96,82 %), тоді як роль тривалості підсисного періоду вірогідно становить 2,22 % ($F_{розр.}$ 5,68 $F_{крит.}$ 3,87), а вплив породи – 0,72 %, та взаємодії факторів – 0,24 % були незначними і невірогідними.

Аналогічна тенденція простежується і щодо середньодобового приросту під час дорощування, де головну частку впливу мають невраховані фактори (90,78 %), однак вірогідним виявився і вплив тривалості підсисного періоду (8,29 %) ($F_{розр.}$ 22,65 $F_{крит.}$ 3,87), тоді як фактор породи становив (0,59 %), а взаємодія двох факторів (0,34 %) не мали істотного значення.

Вік досягнення маси 30 кг також значною мірою залежав від неврахованих чинників (95,0 %), але певний достовірний вплив мала тривалість підсисного періоду (4,01 %) ($F_{розр.}$ 10,48 $F_{крит.}$ 3,87), тоді як вплив

породи (0,36 %) та взаємодії факторів (0,63 %) залишався мінімальним.

Таким чином, отримані результати підтверджують, що провідним керованим чинником, який істотно впливає на ріст і розвиток свинок під час дорощування, є тривалість підсисного періоду, тоді як вплив породи та взаємодії цих двох факторів є другорядним, а визначальну роль у варіабельності показників відіграють невраховані фактори, що потребує їх подальшого вивчення.

Обговорення

Отримані результати підтверджують дані численних досліджень (Quiniou et al., 2002; Beaulieu et al., 2010; Paredes et al., 2012; Tang et al., 2023), які засвідчують ключову роль маси при відлученні у визначенні подальшої продуктивності свиней. Нами встановлено, що скорочення тривалості підсисного періоду з 28 до 21 доби негативно впливає на масу при відлученні, середньодобові прирости та ефективність використання корму у період дорощування, що узгоджується з висновками (Shvachka, 2022; Povod et al., 2023; Mykhalko, 2023). Зниження інтенсивності росту у поросят цієї групи може бути частково компенсоване за рахунок компенсаторного росту (Douglas et al., 2014), однак ця компенсація не забезпечує повного вирівнювання продуктивності.

Подовження підсисного періоду до 28 діб, за даними Berkeveld et al. (2007), сприяє більш м'якому переходу від молочного до твердого корму, зменшуючи стрес та коливання у рості після відлучення. Отримані в нашому дослідженні результати підтверджують цю тенденцію: свинки, відлучені у 28 діб, мали більшу живу масу на кінець дорощування, вищі середньодобові прирости та кращу конверсію корму. Таким чином, оптимізація тривалості підсисного періоду є одним із ключових керованих факторів, що визначають подальшу продуктивність ремонтного молодняку.

Важливим є й породний аспект. Порівняння тварин великої білої та ландрас порід показало відсутність суттєвих відмінностей у більшості продуктивних показників, що узгоджується з даними (Voshchenko, 2025). Водночас протирічить дослідженням (Kremez et al., 2024), які свідчать про перевагу тварин породи ландрас у швидкості росту на дорощуванні, і повідомленням (Macbeth, 1986), який відзначає певні відмінності у конверсії корму на користь тварин великої білої породи. Це може пояснюватися селекційним походженням поголів'я (Voloshchuk et al., 2013; Voloshynov, 2025), а також умовами вирощування, що вказує на важливість комплексної оцінки впливу генетичних і паратипових чинників.

Враховуючи наведене, можна стверджувати, що найбільш визначальним фактором інтенсивності росту у післявідлучний період є вік відлучення поросят від свиноматки, тоді як породна належність та селекційне походження зумовлюють лише варіації у межах загальної тенденції. Це підкреслює актуальність подальших досліджень, спрямованих на оптимізацію тривалості підсисного періоду у поєднанні з генетичним добором, особливо для ремонтних свинок материнських порід - велика біла та ландрас.

Висновки

Скорочення підсисного періоду до 21 доби знижує початкову масу поросят на 32–34 % та уповільнює досягнення контрольної живої маси 30 кг на 3–7 діб, зменшує середньодобовий приріст (–10,8 % у свинок великої білої та –16,2 % у тварин породи ландрас) та погіршує ефективність використання кормів.

Раннє відлучення посилює стрес, що частково компенсується відносними приростами, проте не забезпечує повного вирівнювання різниці з поросятами відлученими за 28-добового віку.

Збереженість поголів'я відлучених у 21 добу є нижчою, особливо у тварин породи ландрас, що свідчить про підвищену чутливість до раннього відлучення.

Встановлено, що тривалість підсисного періоду має тісний позитивний зв'язок із масою при постановці (r=0,62–0,64), помірний із середньодобовим приростом (r=0,30) та негативний – з відносним приростом і віком досягнення маси 30 кг (r від –0,13 до –0,27). Це свідчить, що раннє відлучення гальмує реалізацію потенціалу росту.

Доведено, що найбільший вплив на ріст свинок має саме тривалість підсисного періоду (до 39,5 % варіації), тоді як фактор породи (<1 %) та взаємодія факторів практично незначні; решту (60–96 %) формують інші чинники.

Отже, скорочення підсисного періоду є головним обмежувальним фактором інтенсивності росту та ефективності вирощування ремонтного молодняку.

Вважаємо за доцільне продовжити дослідження інтенсивності росту та розвиток свинок за різної тривалості їх підсисного періоду в більш пізні терміни їх вирощування.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів.

References

Beaulieu, A. D., Aalhus, J. L., Williams, N. H., & Patience, J. F. (2010). Impact of piglet birth weight, birth order, and litter size on subsequent growth performance, carcass quality, muscle composition, and eating quality of pork. Journal of animal science, 88(8), 2767–2778. DOI: 10.2527/jas.2009-2222.

Berkeveld, M., Langendijk, P., van Beers-Schreurs, H. M., Koets, A. P., Taverne, M. A., & Verheijden, J. H. (2007). Postweaning growth check in pigs is markedly reduced by intermittent suckling and extended lactation. Journal of animal science, 85(1), 258–266. DOI: 10.2527/jas.2006-143.

Calderón Díaz, J. A., Boyle, L. A., Diana, A., Leonard, F. C., Moriarty, J. P., McElroy, M. C., McGettrick, S., Kelliher, D., & García Manzanilla, E. (2017). Early life indicators predict mortality, illness, reduced welfare and carcass characteristics in finisher pigs.

Preventive veterinary medicine, 146, 94–102. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2017.07.018.

Camp Montoro, J., Manzanilla, E. G., Solà-Oriol, D., Muns, R., Gasa, J., Clear, O., & Calderón Díaz, J. A. (2020). Predicting Productive Performance in Grow-Finisher Pigs Using Birth and Weaning Body Weight. Animals, 10(6), 1017. DOI: 10.3390/ani10061017.

Collins, C. L., Pluske, J. R., Morrison, R. S., McDonald, T. N., Smits, R. J., Henman, D. J., Stensland, I., & Dunshea, F. R. (2017). Post-weaning and whole-of-life performance of pigs is determined by live weight at weaning and the complexity of the diet fed after weaning. Animal nutrition (Zhongguo xu mu shou yi xue hui), 3(4), 372–379. DOI: 10.1016/j.aninu.2017.01.001.

de Grau, A., Dewey, C., Friendship, R., & de Lange, K. (2005). Observational study of factors associated with nursery pig performance. Canadian journal of veterinary research = Revue canadienne de recherche veterinaire, 69(4), 241–245. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16479720.

Douglas, S. L., Edwards, S. A., & Kyriazakis, I. (2014). Management strategies to improve the performance of low birth weight pigs to weaning and their long-term consequences. Journal of animal science, 92(5), 2280–2288. DOI: 10.2527/jas.2013-7388.

Douglas, S. L., Edwards, S. A., Sutcliffe, E., Knap, P. W., & Kyriazakis, I. (2013). Identification of risk factors associated with poor lifetime growth performance in pigs1. Journal of Animal Science, 91(9), 4123–4132. DOI: 10.2527/jas.2012-5915.

Dritz, S. S., Owen, K. Q., Nelssen, J. L., Goodband, R. D., & Tokach, M. D. (1996). Influence of weaning age and nursery diet complexity on growth performance and carcass characteristics and composition of high-health status pigs from weaning to 109 kilograms. Journal of animal science, 74(12), 2975–2984. DOI: 10.2527/1996.74122975x.

Faccin, J. E. G., Tokach, M. D., Goodband, R. D., DeRouchey, J. M., Woodworth, J. C., & Gebhardt, J. T. (2022). Gilt development to improve offspring performance and survivability. Journal of animal science, 100(6), skac128. DOI: 10.1093/jas/skac128.

Geraghty, M. A. (2018). Inferential statistics and probability: A holistic approach. URL: https://www.professormo.com/holistic/HolisticStatisticsCurrent.pdf.

Gondret, F., Lefaucheur, L., Juin, H., Louveau, I., & Lebret, B. (2006). Low birth weight is associated with enlarged muscle fiber area and impaired meat tenderness of the longissimus muscle in pigs1,2. Journal of Animal Science, 84(1), 93–103. DOI: 10.2527/2006.84193x.

He, Y., Deen, J., Shurson, G. C., Wang, L., Chen, C., Keisler, D. H., & Li, Y. Z. (2016). Identifying factors contributing to slow growth in pigs. Journal of Animal Science, 94(5), 2103–2116. DOI: 10.2527/jas.2015-0005.

Huting, A. M. S., Sakkas, P., Wellock, I., Almond, K., & Kyriazakis, I. (2018). Once small always small? To what extent morphometric characteristics and post-weaning starter regime affect pig lifetime growth performance. Porcine Health Management, 4(1). DOI: 10.1186/s40813-018-0098-1.

Kramarenko, S. S., Luhovyi, S. I., Lykhach, A. V., & Kramarenko, O. S. (2019). Analiz biometrychnykh danykh u roz-vedenni ta selektsii tvaryn : navchalnyi posibnyk. Mykolaiv: MNAU (in Ukrainian).

Kremez, M. I. (2025). Udoskonalennia promyslovoi tekhnolohii vyrobnytstva svynyny za vykorystannia suchasno-ho henofondu svynei. Dysertatsiia na zdobuttia naukovoho stupenia doktora filosofii, Sumskyi natsionalnyi ahrarnyi universytet. Sumy (in Ukrainian).

Kremez, M., Povod, M., Mykhalko, O., Verbelchuk, T., Verbelchuk S , Koberniuk V , Borshchenko V , Kalynychenko H., & Onishenko, L. (2024). Efficiency of breeding of purebred crossbred and hybrid piglets of the English breed Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development, 24(4), 485–497. DOI: 10.5281/zenodo.15180587.

Ladyka, V. I., Khmelnychyi, L. M., & Povod, M. H. (2023). Tekhnolohiia vyrobnytstva i pererobky produktsii tva-rynnytstva: pidruchnyk dlia aspirantiv. Odesa : Oldi+ (in Ukrainian).

Larriestra, A. J., Wattanaphansak, S., Neumann, E. J., Bradford, J., Morrison, R. B., & Deen, J. (2006). Pig characteristics associated with mortality and light exit weight for the nursery phase. The Canadian veterinary journal = La revue veterinaire canadienne, 47(6), 560–566. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16808228.

Macbeth, G. M. (1986).Comparative performance of purebred and crossbred Large White and Landrace pigs: A literature review. Queensland Journal of Agricultural and Animal Sciences, 43(1), 47–54.

Madsen, J. G., & Bee, G. (2015). Compensatory growth feeding strategy does not overcome negative effects on growth and carcass composition of low birth weight pigs. Animal : an international journal of animal bioscience, 9(3), 427–436. DOI: 10.1017/S1751731114002663.

Ming, D., Wang, W., Huang, C., Wang, Z., Shi, C., Ding, J., Liu, H., & Wang, F. (2021). Effects of Weaning Age at 21 and 28 Days on Growth Performance, Intestinal Morphology and Redox Status in Piglets. Animals, 11(8), 2169. DOI: 10.3390/ani11082169.

Muns, R., Nuntapaitoon, M., & Tummaruk, P. (2016). Non-infectious causes of pre-weaning mortality in piglets. Livestock Science, 184, 46–57. DOI: 10.1016/j.livsci.2015.11.025.

Mykhalko, O. H. (2023). Udoskonalennia tekhnolohii vyrobnytstva svynyny za vykorystannia komertsiinykh henoty-piv irlandskoho i danskoho pokhodzhennia (Kvalifikatsiina naukova pratsia na zdobuttia stupenia doktora fi-losofii). Sumskyi natsionalnyi ahrarnyi universytet, Sumy (in Ukrainian).

Paredes, S. P., Jansman, A. J. M., Verstegen, M. W. A., Awati, A., Buist, W., Den hartog, L. A., Van hees, H. M. J., Quiniou, N., Hendriks, W. H., & Gerrits, W. J. J. (2012). Analysis of factors to predict piglet body weight at the end of the nursery phase1. Journal of Animal

Science, 90(9), 3243–3251. DOI: 10.2527/jas.2011-4574.

Patience, J. F., Engele, K., Beaulieu, A. D., Gonyou, H. W., Zijlstra, R. T. (2004). Variation: Costs and Consequences. Adv. Pork Prod, 15, 257–266.

Povod, M. H., Shvachka, R. P., Mykhalko, O. H., & Yurieva, K. V. (2019). Produktyvni yakosti svynomatok ta yikh-noho potomstva zalezhno vid tryvalosti pidsysnoho periodu. Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriia «Tvarynnytstvo», 4(39), 72–83. URL: http://repo.snau.edu.ua/bitstream/123456789/8511/1/4.pdf (in Ukrainian).

Povod, M., Bondarska, O., Lykhach, V., Zhyzhka, S., Nechmilov, V. (2021). Tekhnolohiia vyrobnytstva produktsii svynarstva : navchalnyi posibnyk; za red. M. H. Povoda. K.: Naukovo-metodychnyi tsentr VFPO (in Ukrainian).

Povod, M., Mykhalko, O., Verbelchuk, T., Gutyj, B., Borshchenko, V., & Koberniuk, V. (2023). Productivity of sows, growth of piglets and fattening qualities of pigs at different durations of the suckling period. Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development, 23(1), 649–459. URL: https://managementjournal.usamv.ro/pdf/vol.23_1/volume_23_1_2023.pdf

Quiniou, N., Dagorn, J., & Gaudré, D. (2002). Variation of piglets' birth weight and consequences on subsequent performance. Livestock Production Science, 78(1), 63–70. DOI: 10.1016/s0301-6226(02)00181-1.

Rehfeldt, C., & Kuhn, G. (2006). Consequences of birth weight for postnatal growth performance and carcass quality in pigs as related to myogenesis1. Journal of Animal Science, 84(suppl_13), E113—E123. DOI: 10.2527/2006.8413_supple113x.

Schinckel, A., Brian, R., & Foster, K. (2005). Management of the Pigs in the Pork Production Chain; Proceedings of the Fifth London Swine Conference; London, ON, 6–7 April 2005. Canada, 115–131.

Shvachka, R. P. (2022). Optymizatsiia tekhnolohii vyrobnytstva svynyny za riznykh terminiv vidluchennia porosiat vid svynomatok (Kvalifikatsiina naukova pratsia na zdobuttia stupenia doktora filosofii). Sumskyi natsional-nyi ahrarnyi universytet, Sumy (in Ukrainian).

Shvachka, R. P., Povod, M. H., Andriichuk, V. F. (2020). Zalezhnist vidtvoriuvalnykh yakostei svynomatok vid tryvalosti pidsysnoho periodu, variantu poiednannia porid v rizni pory roku. Visnyk Sumskoho natsional-noho ahrarnoho universytetu. Seriia «Tvarynnytstvo», 4(43), 88–99. URL: https://snaubulletin.com.ua/index.php/ls/article/view/263/228 (in Ukrainian).

Smith, A., Stalder, K., Serenius, T., Baas, T., & Mabry, J. (2007). Effect of piglet birth weight on weights at weaning and 42 days post weaning. Journal of Swine Health and Production, 15(4), 213–218. DOI: 10.54846/jshap/518.

Tang, T., Gerrits, W. J. J., van der Peet-Schwering, C. M. C., Soede, N. M., & Reimert, I. (2023). Effects of Birthweight of Piglets in a Multi-Suckling System on Mortality, Growth Rate, Catch-Up Growth, Feed Intake and Behaviour. Animals, 13(2), 297. DOI: 10.3390/ani13020297.

Valros, A., Sali, V., Hälli, O., Saari, S., & Heinonen, M. (2021). Does weight matter? Exploring links between birth weight, growth and pig-directed manipulative behaviour in growing-finishing pigs. Applied Animal Behaviour Science, 245, 105506. DOI: 10.1016/j.applanim.2021.105506.

Van der Peet-Schwering, C. M. C., Troquet, L. M. P., Binnendijk, G. P., & Knol, E. (2013). Effect of Genetic Background and Birth Weight on Performance of Piglets and Growing and Finishing Pigs; Wageningen Livestock Research: Wageningen, The Netherlands.

Van der Peet-Schwering, C. M. C., Verschuren, L. M. G., Bergsma, R., Hedemann, M. S., Binnendijk, G. P., & Jansman, A. J. M. (2021). The effects of birth weight and estimated breeding value for protein deposition on nitrogen efficiency in growing pigs. Journal of Animal Science, 99(6). DOI: 10.1093/jas/skab101.

Voloshchuk, V. M., Povod, M. H., & Vasyliv, A. P. (2013). Produktyvni i adaptyvni yakosti porosiat na doroshchu-vanni zalezhno vid henotypu ta umov utrymannia. Svynarstvo, 62, 3–8 (in Ukrainian).

Voloshynov, V. V. (2025). Produktyvnist i tekhnolohichni vlastyvosti miasa svynei danskoi ta kanads-koi selektsii. Dysertatsiia na zdobuttia naukovoho stupenia doktora filosofii, Sumskyi natsionalnyi ahrarnyi universytet. Sumy, Ukraina (in Ukrainian).

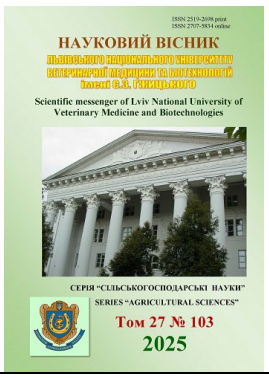
Voshchenko, I. B. (2024). Dynamika realizatsii henetychnoho potentsialu rostu i efektyvnosti kormu ta yikh vzaie-mozviazok pid chas doroshchuvannia. Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu Seriia «Tvarynnytstvo», 4(59), 12–21. DOI: 10.32782/bsnau.lvst.2024.4.2 (in Ukrainian).

Voshchenko, I. B. (2025). Vidhodivelni yakosti svynei riznoho selektsiinoho spriamuvannia za chystoporodnoho roz-vedennia, skhreshchuvannia i hibrydyzatsii v umovakh suchasnoho vyrobnytstva svynyny. Scientific and Technical Bulletin of Livestock Farming Institute of NAAS, 134, 209–227. DOI: 10.32900/2312-8402-2025-134-208-227 (in Ukrainian).

Voshchenko, I. B., & Povod, M. H. (2025). Efektyvnist vyroshchuvannia ta vidhodivli hibrydnykh svynei pry poied-nanni tvaryn riznoho selektsiinoho pokhodzhennia. Rozvedennia i henetyka tvaryn, 69, 16–33 (in Ukrainian).

Wolter, B. F., & Ellis, M. (2001). The effects of weaning weight and rate of growth immediately after weaning on subsequent pig growth performance and carcass characteristics. Canadian Journal of Animal Science, 81(3), 363–369. DOI: 10.4141/a00-100.

Zeng, Z. K., Urriola, P. E., Dunkelberger, J. R., Eggert, J. M., Vogelzang, R., Shurson, G. C., & Johnston, L. J. (2019). Implications of early-life indicators for survival rate, subsequent growth performance, and carcass characteristics of commercial pigs1. Journal of animal science, 97(8), 3313–3325. DOI: 10.1093/jas/skz223.



Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького. Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences

ISSN 2519–2698 print
ISSN 2707-5834 online

doi: 10.32718/nvlvet-a10329
https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture

UDC 636.4.082

Historical overview of the formation of the "3 – 3 – 3" rule

S. S. Kramarenko✉, O. S. Kramarenko, S. I. Lugovyi

Mykolayiv National Agrarian University, Mykolayiv, Ukraine

Article info

Received 06.08.2025
Received in revised form 08.09.2025
Accepted 09.09.2025

Mykolayiv National Agrarian University, George Gongadze Str., 9, Mykolayiv, 54008, Ukraine.
Tel.: +38-050-991-53-14
E-mail: kssnail0108@gmail.com

Kramarenko, S. S., Kramarenko, O. S., & Lugovyi, S. I. (2025). Historical overview of the formation of the "3 – 3 – 3" rule. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 27(103), 250–254. doi: 10.32718/nvlvet-a10329

During the nineteenth century (1800–1899), noticeable changes occurred in the evaluation of sow gestation length. The earliest records reported an exceptionally wide variation – from 17 to 20 weeks, or from 109 to 143 days (Horne, 1807; Horne & Youatt, 1846; Hartwell, 1816), with reference to the findings of the French scientist M. Teisser. Another approach to defining the gestation period was a simplified estimate of "four months" (Lawrence, 1809; Fenimore, 1896), corresponding to approximately 120…122 days. However, Jennings (1864) specified that this referred to four lunar months (28 days each), resulting in an estimate of 112 days. More precise assessments placed gestation at 16 weeks or 112…113 days, as reported by Henderson (1814), Ablett (1880), Miller & Tellor (1886), and Spencer (1897). An even closer estimate of 115 days was given by Moubray (1842). A somewhat broader range of 112…116 days was proposed in the works of Butler (1895) and Coburn (1897). Importantly, Martin (1858) introduced for the first time the mnemonic rule "3 – 3 – 3," which was later repeated in another edition by the same author (Youatt & Martin, 1858) and subsequently cited by other writers (Jennings, 1864; Manning, 1890). Nevertheless, Long (1886) criticized the "3 – 3 – 3" rule, emphasizing the uncertainty inherent in its application. Another noteworthy contribution of nineteenth-century authors was the recognition of potential risk factors influencing individual variability in gestation length. Martin (1858) observed that gestation may vary depending on age, constitution, nutrition, and breed characteristics. It was further noted that young and weaker sows tend to farrow earlier than older and stronger animals. These observations were reiterated in later works (Youatt & Martin, 1858; Jennings, 1864; Manning, 1890).

Keywords: *sow gestation length, "3 – 3 – 3" rule, historical overview.*

Історичний огляд формування правила "3 – 3 – 3"

С. С. Крамаренко✉, О. С. Крамаренко, С. І. Луговий

Миколаївський національний аграрний університет, м. Миколаїв, Україна

Протягом 1800–1899 рр. спостерігаються певні зміни стосовно оцінювання тривалості поросності свиноматок. Перші дані щодо тривалості поросності демонстрували дуже широкий розмах значень – від 17 до 20 тижнів та від 109 до 143 днів (Horne, 1807; Horne & Youatt, 1846; Hartwell, 1816) із цитуванням даних французького вченого M. Teisser. Інший варіант оцінювання тривалості поросності – чотири місяці (Lawrence, 1809; Fenimore, 1896), що дає 120…122 днів. Але у книзі (Jennings, 1864) наводиться уточнення, що це чотири місячні місяці (тобто, 28 днів), що дає оцінку у 112 днів. Більш близьку до реальної оцінку становить 16 тижнів або 112..113 днів, що наведено у роботах (Henderson, 1814; Ablett, 1880; Miller & Tellor, 1886; Spencer, 1897). Ще ближчу оцінку у 115 днів наведено у книзі (Moubray, 1842). Деякий розмах (112…116 днів) для оцінки тривалості поросності наводиться у книгах (Butler, 1895; Coburn, 1897). Нарешті, у книзі (Martin, 1858) вперше з'являється мнемонічне правило "3 – 3 – 3", що повторюється у іншому виданні цього автора (Youatt & Martin, 1858). Надалі це правило зустрічається у інших книгах (Jennings, 1864; Manning, 1890). Хоча у книзі (Long, 1886) правило "3 – 3 – 3" піддається критиці через певний рівень невизначеності. Іншим цікавим фактом, що можна відмітити вже в роботах авторів 19 сторіччя, це інформація щодо потенційного впливу факторів ризику на індивідуальну мінливість тривалості поросності. У книзі (Martin, 1858) вказується, що тривалість поросності варіює залежно від віку, конституції, корму та особливостей конкретної породи. При цьому, відмічається, що молоді та слабкі свиноматки поро-

сяться раніше, ніж свиноматки більш зрілого віку та міцнішої конституції. Ця інформація далі повторюється і в інших виданнях (Youatt & Martin, 1858; Jennings, 1864; Manning, 1890).

***Ключові слова**: тривалість поросності свиноматок, правило "3 – 3 – 3", історичний огляд.*

Вступ

Фахівці, які працюють у галузі свинарства, а також більшість здобувачів аграрних закладів вищої освіти, які вивчають дисципліну "Технологія виробництва продукції свинарства", на запитання "Яка тривалість поросності свиноматки?" відразу ж пригадують мнемонічне правило "3 – 3 – 3". Це правило можна розшифрувати, як "три місяці, три тижні, три дні". І хоча, в дійсності, дана селекційна ознака є дуже мінливою і залежить від багатьох генетичних та не-генетичних факторів, це правило дійсно "працює". Так, в нашій попередній роботі (Kramarenko & Kramarenko, 2025) було зібрано та проаналізовано результати дослідження мінливості тривалості поросності свиней різних порід України. Було встановлено, що в літературних джерелах, опублікованих за останні 20-25 років, результати оцінювання тривалості поросності мають широкий розмах – від 104 днів для свиней породи п'єтрен (Susol & Tatsii, 2018) до 122 днів для тварин великої білої породи (Matsenko, 2014). А для отриманих оцінок середньої тривалості поросності свиноматок відмічається значна між - і внутрішньопородна розбіжність. Найменшу оцінку (112,2 ± 2,4 днів) було зареєстровано для свиней української степової білої породи (Pelykh & Plokhova, 2019), а найбільшу (117,1 ± 0,7 днів) – для свиней великої білої породи (Yavtushenko, 2008) або породи ландрас (Melnyk et al., 2017). При цьому, в переважній більшості, оцінка середньої тривалості поросності знаходилася у межах 113…116 днів, що добре збігається із правилом "3 – 3 – 3".

Але при цьому виникає ряд питань. Як змінювалися уявлення щодо тривалості поросності свиноматок? Коли вперше з'явилося правило "3 – 3 – 3" та хто його вперше запропонував? Як швидко воно розповсюдилося та закріпилося у науковій літературі та професійному середовищі?

Мета дослідження

Отже, головною метою даної роботи став історичний огляд формування мнемонічного правила "3 – 3 – 3" для оцінювання тривалості поросності свиноматок.

Матеріал і методи досліджень

Нами було проаналізовано літературні джерела (насамперед, книги, монографії та довідники), що стосуються селекції, утримання, годівлі та менеджменту сільськогосподарських тварин, і, в першу чергу, свиней, опубліковані протягом 1800–1899 рр. англомовними авторами у Великій Британії та США.

Для пошуку та доступу до повнотекстових версій цих публікацій було використано пошукову систему "Google Academy" (https://scholar.google.com.ua) та бібліотеку "Google Book" (https://books.google.com.ua). Крім того, доступ до повністю оцифрованих повнотекстових версій книг було здійснено за допомогою електронних бібліотек "BHL: Biodiversity Heritage Library" (https://www.biodiversitylibrary.org), "Project Gutenberg" (https://www.gutenberg.org) та "HathiTrust" (https://www.hathitrust.org).

Результати та їх обговорення

У книзі (Horne, 1807) при характеристиці свиней породи *Large, spotted Woburn Breed* вказано: "Свині здатні до розмноження у вісім або дев'ять місяців.... Період вагітності становить від сімнадцяти до двадцяти тижнів; коли народжується від п'яти до десяти або більше свиней…" (с. 95).

У більш пізньому виданні (Horne & Youatt, 1846) до цієї інформації додається ще наступне уточнення: "Згідно зі спостереженнями M. Teisser … періоди вагітності у 25 свиноматок становили 109 та 143 дні. Із сукупності своїх спостережень M. Teisser робить висновок, що період вагітності надзвичайно мінливий у кожного виду; і що його тривалість, здається, не залежить ні від віку чи конституції самки, ні від раціону, породи чи пори року, або, коротше кажучи, від будь-якої відомої причини" (с. 278).

У книзі (Lawrence, 1809) вказано: "Свиноматка народжує свиней через кілька днів після чотирьох місяців…" (с. 445).

У книзі (Henderson, 1814) дається більш детальна інформація: "Можливо, не буде зайвим зазначити, що свиноматка виношує молодняк 112 днів, або шістнадцять тижнів; не більше, ніж на день більше чи менше цього часу" (с. 34).

У книзі (Hartwell, 1816) вказано: "Свині здатні до розмноження у вісім або дев'ять місяців; але кнуру має бути щонайменше дванадцять місяців, перш ніж його підпускають до свиноматки... Період вагітності становить від сімнадцяти до двадцяти тижнів…" (с. 87).

У книзі (Moubray, 1842) вказано: "Вищезазначена цифра взята від свиноматки, виведеної шляхом схрещування з китайською чорною породою…. Однак, мабуть, у рукописах була помилка щодо кількості місяців, оскільки період вагітності у свиней становить чотири місяці" (с. 199). І далі в тексті: "Термін вагітності у свиней становить чотири місяці, або сто п'ятнадцять днів, з невеликими коливаннями в кілька днів…" (с. 213).

Ця інформація майже повністю повторюється у книзі (Martin, 1858), де вказано, що "Зазвичай здорова свиноматка народжує вісім, десять або дванадцять дитинчат двічі на рік. Період вагітності дещо змінюється; Cuvier каже "quatre mois"; інші називають три місяці, три тижні та три дні... За словами M. Tessier, з п'ятнадцяти свиноматок одна народжувала на 109 день, а одна – на 123 день, при цьому тривалість вагітності становить [сто] чотирнадцять днів; за іншими

даними, діапазон вагітності триває від сімнадцяти тижнів, або 119 днів, до двадцяти тижнів, або 140 днів. За словами Desmarest, дика свиноматка народжує дитинчат [через] чотири місяці та кілька днів … Отже, з цих спостережень випливає, що період вагітності у домашньої свиноматки змінюється залежно від віку, конституції, корму та особливостей або ідіосинкразії конкретної породи. Молоді та слабкі свиноматки не тільки народжують менше нащадків, але й поросяться раніше, ніж свиноматки більш зрілого віку та міцнішої конституції; і, крім того, як і можна було очікувати, їхнє потомство не має достатньої енергії, часто воно навіть буває кволим і слабким" (с. 25).

А також у книзі (Youatt & Martin, 1858) вказано: "Період вагітності в середньому становить від сімнадцяти до двадцяти тижнів, залежно від віку, конституції, тощо матері; молоді або слабкі свиноматки поросяться раніше, ніж свиноматки більш зрілого віку або міцнішої конституції. Зазвичай стверджується, що три місяці, три тижні та три дні – це період вагітності; але, згідно зі спостереженнями M. Tessier за двадцятьма п'ятьма свиноматками, він коливається від 109 до 123 днів" (с. 154).

У більш пізньому виданні цього ж автора (Youatt, 1860) можна зустріти цікаву інформацію: "Ми так детально розглянули історію дикого кабана, бо ніхто не може ні на мить сумніватися, що саме від нього спочатку походять одомашнені породи свиней; добре відомий факт, що всі види схрещуються з кабаном, сам по собі є достатнім свідченням; але до цього можна додати, що період вагітності однаковий у дикої та свійської свиноматки" (с. 169).

У книзі (Jennings, 1864) надається декілька визначень тривалості поросності свиноматок, а саме: "Період вагітності залежить від віку, конституції, корму та особливостей окремої породи. Найчастіше свиноматка виношує потомство три місяці, три тижні та три дні або сто вісім днів; за іншими, чотири місячні місяці, або шістнадцять тижнів, або близько ста тринадцяти днів. Можна з упевненістю сказати, що він коливається від ста дев'яти до ста сорока трьох днів. Свиноматка народжує від восьми до тринадцяти поросят в одному гнізді, а іноді навіть більше. Молоді та слабкі свиноматки не тільки народжують менше поросят, але й поросяться раніше, ніж свиноматки зрілого віку та кращої фізичної форми…" (с. 279).

У книзі (Ablett, 1880) вказано: "Період вагітності триває близько шістнадцяти тижнів, або 112 днів, і зазвичай квітень та жовтень обираються якомога ближче для парування…" (с. 18-19).

У книзі (Miller & Tellor, 1886) наведено оцінки тривалості гестації у різних видів с.-г. тварин. Щодо свійської свині там наведено наступну інформацію: "Свиноматка повинна розмножуватися у віці одного року. Період її вагітності становить 113 днів, і розсудливим запобіжним заходом є відокремлення її від решти стада за один тиждень до опоросу. Через три тижні після народження молоді поросята починають їсти іншу їжу, ніж молоко свиноматки" (с. 26-27).

У книзі (Manning, 1890) вказано: "Вагітність триває близько чотирьох місяців. Три місяці, три тижні та три дні вважаються середнім часом, і це не так вже й малоймовірно. Іноді можна знайти варіацію в тридцять днів. Молоді тварини та тварини слабкої конституції виношують потомство коротше, ніж дорослі та сильні тварини, а свиноматки зазвичай залишаються плідними протягом п'яти-шести років, і якщо вони не перевантажені жиром, старі свиноматки є більш постійними та турботливими матерями, ніж молоді" (с. 863).

У книзі (Butler, 1895) вказано: "За тиждень до опоросу, який настане приблизно через 106 днів після парування, оскільки період вагітності у свиноматки становить від 113 до 116 днів, її слід помістити на невелику ділянку, де знаходиться загін для опоросу" (с. 135).

У книзі (Long, 1886) вказано: "Період вагітності у свині коливається від ста десяти до ста шістнадцяти днів, хоча в багатьох випадках ми знаходили свиноматок з приплодом на сто дванадцятий день, до якого дня певні тварини незмінно їх приносили. Немає жодної домашньої тварини, яка, на нашу думку, була б такою ж вірною часу в цьому відношенні, як свиноматка. Французькі заводчики мають правило, згідно з яким вони неявно вважають, що племінна свиноматка народжує потомство [через] три місяці, три тижні та три дні; але, як буде видно одразу, це може означати майже що завгодно, оскільки місяць – це термін з дещо широким діапазоном" (с. 77-78).

У книзі (Fenimore, 1896) на с. 6 присутня таблиця, в якій наведено тривалість гестації у різних видів с.-г. тварин. Для свиней наведена оцінка становить 4 місяці.

У книзі (Spencer, 1897) вказано: "Варіації в часі, протягом якого свиноматка виношуватиме своїх поросят, порівняно незначні, і вони досить добре регулюються віком і станом свиноматки; так, старі та слабкі свиноматки найчастіше народжують за день або два до закінчення шістнадцяти тижнів; свиноматки в задовільному стані зазвичай поросяться на сто дванадцятий день; у той час як сильні та енергійні свиноматки часто поросяться протягом кількох днів. Виявиться, що середній період від запліднення до опоросу свиноматок становить, наскільки це можливо, шістнадцять тижнів" (с. 67).

У книзі (Coburn, 1897) вказано: "Старі свиноматки виношують своїх поросят 112 або, можливо, 115 днів, а молоді свиноматки іноді поросять свій перший послід від 100 до 106 днів з дати осіменіння. Серед заводчиків загальноприйнятою є думка, що свиноматка, яку привели до кнура при перших симптомах тічки, народить переважно свинок, а якщо її не запліднювати, поки не мине період тічки, вона народить переважно кнурців" (с. 98).

Отже, протягом 1800–1899 рр. спостерігаються певні зміни стосовно оцінювання тривалості поросності свиноматок. Перші дані щодо тривалості поросності демонстрували дуже широкий розмах значень – від 17 до 20 тижнів та від 109 до 143 днів (Horne, 1807; Hartwell, 1816; Horne & Youatt, 1846) із цитуванням результатів французького вченого M. Teisser.

Інший варіант оцінювання тривалості поросності – чотири місяці (Lawrence, 1809; Fenimore, 1896), що дає 120…122 днів. Але у книзі (Jennings, 1864) наво-

диться уточнення, що це чотири місячні місяці (тобто, 28 днів), що дає оцінку у 112 днів.

Більш близьку до реальної оцінку становить 16 тижнів або 112..113 днів, що наведено у роботах (Henderson, 1814; Ablett, 1880; Miller & Tellor, 1886; Spencer, 1897). Ще ближчу оцінку – 115 днів наведено у книзі (Moubray, 1842). Деякий розмах (112…116 днів) для оцінки тривалості поросності наводиться у книгах (Butler, 1895; Coburn, 1897).

Нарешті, у книзі (Martin, 1858) вперше з'являється мнемонічне правило "3 – 3 – 3", що повторюється у іншому виданні цього автора (Youatt & Martin, 1858). Надалі це правило зустрічається у інших книгах (Jennings, 1864; Manning, 1890). Хоча у книзі (Long, 1886) правило "3 – 3 – 3" піддається критиці через певний рівень невизначеності.

Іншим цікавим фактом, що можна відмітити вже в роботах авторів 19 сторіччя, є інформація щодо потенційного впливу факторів ризику на індивідуальну мінливість тривалості поросності. У книзі (Martin, 1858) вказується, що тривалість поросності варіює залежно від віку, конституції, корму та особливостей конкретної породи. При цьому відмічається, що молоді та слабкі свиноматки поросяться раніше, ніж свиноматки більш зрілого віку та міцнішої конституції. Ця інформація далі повторюється і в інших виданнях (Youatt & Martin, 1858; Jennings, 1864; Manning, 1890).

Висновки

У роботах вчених 1800–1899 рр. можна прослідити певну еволюцію уявлень щодо тривалості поросності свиноматок – від дуже широких меж для даної ознаки (17…20 тижнів) до дуже близьких до реальних оцінок (112…115 днів). Дана тенденція, можливо, відображає покращення контролю за відтворенням свиноматок і використання в зоотехнічній практиці більш точних даних щодо дат запліднення та опоросу.

Перспективи подальших досліджень. Наступним етапом буде історичний огляд запровадження більш методично обґрунтованих підходів до оцінки тривалості поросності свиноматок та впливу різних факторів ризику на цю ознаку.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо викладу результатів досліджень.

References

Ablett, W. H. (1880). Stock keeping for amateurs: a manual on the varieties, breeding, and management of pigs, sheep, horses, cows, oxen, asses, mules, and goats, and the treatment of their diseases: designed for the use of young farmers and amateurs. London: "The Bazaar" Office, 170, Strand, W.C. 186 p. URL: https://books.google.com/books/download/Stock_keeping_for_amateurs.pdf?id=D1UDAAAAQAAJ&output=pdf.

Butler, T. (1895). Hog Raising. Mississippi Agricultural and Mechanical College Experiment Station, 35, 125–143. URL: https://books.google.com/books/download/Hog_Raising.pdf?id=LCEnAQAAMAAJ&output=pdf

Coburn, F. D. (1897). Swine husbandry: a practical manual for the breeding, rearing and management of swine, with suggestions as to the prevention and treatment of their diseases. New York: Orange Judd Co. 311 p. https://books.google.com/books/download/Swine_Husbandry.pdf?id=DTsMAAAAYAAJ&output=pdf.

Fenimore, H. D. (1896). The stockman's note-book. A convenient pocket and account-book, containing useful information for stock owners, and... prescriptions for the treatment of horses, cattle and dogs. Knoxville (Tenn.) : Ogden bro's & Co. 20 p. URL: https://hdl.handle.net/2027/loc.ark:/13960/t8pc3nj05.

Hartwell, T. H. (1816). The Complete Grazier, or, Farmer's and Cattle-Breeder and Dealer's Assistant. ... Together with an Introductory View of the Different Breeds of Neat Cattle, Sheep, Horses, and Swine. Fourth edition. London: Printed for Baldwin, Cradqck, and Joy, Paternoster row. 584 p. DOI: 10.5962/bhl.title.98642.

Henderson, R. (1814). A Treatise on the Breeding of Swine, and Curing of Bacon: With Hints on Agricultural Subjects. Second edition. Leith: Printed and Sold by Archibald Allardice. 139 p. URL: https://books.google.com/books/download/A_Treatise_on_the_Breeding_of_Swine_and.pdf?id=oJ1AAQAAMAAJ&output=pdf.

Horne, T. H. (1807). A Treatise on the Choice, Buying, and General Management of Live Stock: Comprising Delineations and Descriptions of the Principal Breeds of Black Cattle, Sheep, Swine; Together with an Appendix on the Improvement of British Wool. London: B. Crosby and Co. 157 p. URL: https://books.google.com/books/download/A_Treatise_on_the_Choice_Buying_and_Gene.pdf?id=SXnry-3f0WgC&output=pdf.

Horne, T. H., & Youatt, W. (1846). The Complete Grazier; Or, Farmer and Cattle-dealer's Assistant... Together with a Synoptical Table of the Different Breeds of Neat Cattle, Sheep, and Swine. Illustrated by Engravings. Eighth edition: edited, enlarged, and partly rewritten. London: Cradock and Co. 692 p. URL: https://books.google.com/books/download/The_Complete_Grazier_Or_Farmer_and_Cattl.pdf?id=FuuPSr-BabcC&output=pdf.

Jennings, R. (1864). Sheep, Swine, and Poultry : Embracing the History and Varieties of Each, the Best Modes of Breeding, Their Feeding Management, Together with the Diseases to which They are Respectively Subject and the Appropriate Remedies for Each. Philadelphia : John E. Potter & Co., 29, 31, 33, and 35 North Tenth st. 500 p. URL: https://books.google.com/books/download/Sheep_Swine_and_Poultry.pdf?id=Rhw-AQAAMAAJ&output=pdf.

Kramarenko, O. S., & Kramarenko, S. S. (2025). Faktorialna zalezhnist tryvalosti porosnosti svynomatok. Tavriiskyi naukovyi visnyk, 142(1), 251–259. DOI: 10.32782/2226-0099.2025.142.1.31 (in Ukrainian).

Lawrence, J. (1809). A General Treatise on Cattle, the Ox, the Sheep, and the Swine: Comprehending Their Breeding, Management, Improvement, and Diseases... London: Sherwood, Neely, and Jones. 618 p. URL: https://books.google.com/books/download/A_General_Treatise_on_Cattle_the_Ox_the.pdf?id=TOM8AAAAYAAJ&output=pdf.

Long, J. J. (1886). The book of the pig: its selection, breeding, feeding, and management. London: L. Upcott Gill, 170, Strand, W.C. 360 p. URL: https://books.google.com/books/download/The_Book_of_the_Pig.pdf?id=SBpDAAAAYAAJ&output=pdf.

Manning, J. R. (1890). The Illustrated Stock Doctor and Live-stock Encyclopaedia: Including Horses, Cattle, Sheep, Swine and Poultry... Facts Concerning the Various Breeds... and General Care, and All Diseases to which They are Subject, the Causes, how to Know, and what to Do... Edgewood Publishing Co. 1082 p. URL: https://books.google.com/books/download/The_Illustrated_Stock_Doctor_and_Live_st.pdf?id=kyZDAAAAYAAJ&output=pdf.

Martin, W. C. L. (1858). The Pig: How to Choose, Breed, Feed, Cut Up and Cure. London : Rutledge, Warne & Rutledge, Farringdon street. 136 p. URL: https://books.google.com/books/download/The_Pig.pdf?id=ejpFAAAAYAAJ&output=pdf.

Matsenko, M. I. (2014). Osoblyvosti rostu chystoporodnykh ta pomisnykh svynei iz riznoiu tryvalistiu embrionalnoho rozvytku. Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriia: Tvarynnytstvo, 2(1), 64–67 (in Ukrainian).

Melnyk, V. O., Kravchenko, O. O., & Kohut, O. S. (2017). Efektyvnist vnutrishnomatkovoho osimeninnia pleminnykh svynomatok. Rozvedennia i henetyka tvaryn, 53, 254–259 (in Ukrainian).

Miller, W. B., & Tellor, L. V. (1886). The Diseases of Live Stock and Their Most Efficient Remedies: Including Horses, Cattle, Cows, Sheep, Swine, Fowls, Dogs, Etc. Cincinnati, Ohio: Cincinnati Publishing Co. 523 p. URL: https://books.google.com/books/download/The_Diseases_of_Live_Stock_and_Their_Mos.pdf?id=yMAwAQAAMAAJ&output=pdf.

Moubray, B. (pseud. [i.e. John Lawrence]) (1842). A Practical Treatise on Breeding, Rearing, and Fattening All Kinds of Domestic Poultry, Pheasants, Pigeons, and Rabbits: Also, the Management of Swine, Milch Cows, and Bees, with Instructions for the Private Brewery on Cider, Perry, and British Wine Making. 8th edition. London : Printed for Sherwood, Gilbert, and Piper, Paternoster row. 467 p. URL: https://www.biodiversitylibrary.org/page/21240289.

Pelykh, N. L., & Plokhova, A. V. (2019). Vidtvoriuvalni yakosti svynomatok riznykh henotypiv. Tavriiskyi naukovyi visnyk, 110(2), 87–93 (in Ukrainian).

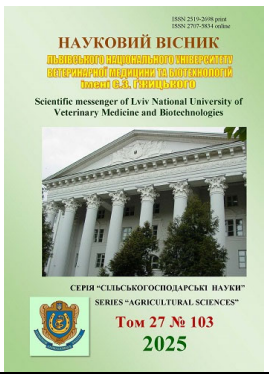
Spencer, S. (1897). Pigs, Breeds and Management. No. V. London : Vinton & Co., Ltd, 9, New Bridge street, Ludgate Vircus, E.C. 180 p. URL: https://books.google.com/books/download/Pigs_Breeds_and_Management.pdf?id=IPxCAQAAMAAJ&output=pdf.

Susol, R. L., & Tatsii, O. V. (2018). Produktyvnist svynei porody pietren za riznykh metodiv rozvedennia. Ahrarnyi visnyk Prychornomoria, 87(2), 109–114 (in Ukrainian).

Yavtushenko, L. A. (2008). Vzaiemozviazok bahatoplidnosti svynomatok iz tryvalistiu yikh porosnosti ta zhyvoiu masoiu porosiat pry narodzhenni. Naukovo-tekhnichnyi biuleten IT NAAN, 97, 334–338 (in Ukrainian).

Youatt, W. (1860). The pig. London : Routledge, Warne, & Routledge, Farringdon street; New York: 56, Walker street. 260 p. URL: https://books.google.com/books/download/The_pig_a_treatise_on_the_breeds_managem.pdf?id=91rpwQE_Q1AC&output=pdf.

Youatt, W., & Martin, W. C. L. (1858). The Hog: A Treatise on the Breeds, Management, Feeding, and Medical Treatment of Swine; with Directions for Salting Pork and Curing Bacon and Hams. New York : A. O. Moore, Agricultural book publisher, No. 140, Fulton street. 231 p. URL: https://books.google.com.ua/books/download/The_Hog.pdf?id=_V4ZAAAAYAAJ&hl=ru&output=pdf&sig=ACfU3U15xKuGQ9l2P6fBe8N9w8ZRPFxZGQ.



Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького. Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences

ISSN 2519–2698 print
ISSN 2707-5834 online
doi: 10.32718/nvlvet-a10330
https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture

UDC 636.7.082.2

Breeding of Italian Cane Corso dogs based on exterior characteristics and elimination of hereditary anomalies

O. V. Khmeleva, O. V. Yanovska✉

Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine

Article info

Received 11.08.2025
Received in revised form 15.09.2025
Accepted 16.09.2025

Dnipro State Agrarian and Economic University, Efremov S. Str., 25, Dnipro, 49600, Ukraine.
Tel.: +38-095-505-10-82
E-mail: yanovska.o.v@dsau.dp.ua

Khmeleva, O. V., & Yanovska, O. V. (2025). Breeding of Italian Cane Corso dogs based on exterior characteristics and elimination of hereditary anomalies. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 27(103), 255–260. doi: 10.32718/nvlvet-a10330

Based on the conducted research, a multivector breeding strategy for Italian Cane Corso dogs was developed, combining intraline breeding, interline crossing, and the creation of highly inbred lines with mandatory evaluation of breeding animals by the quality of their offspring. The aim of the study was to determine the biological status of each sire and its optimal breeding purpose. A multi-stage system for testing young sires (from the first to the seventh mating) was designed, allowing the identification of hereditary pathologies, the degree of genotype consolidation, and phenotypic stability. Positive mating results were fixed, forming inbred or interline lines with high specific combining ability. A methodology for the gradual elimination of polygenically inherited defects was proposed, involving the selection of partners without pathological traits and the use of test matings to identify recessive genes. Criteria for line consolidation were established, including phenotype stability without segregation and consistency of the desired type, which serve as indicators of breeding excellence. Additionally, a genetic strategy for color selection was developed, based on the analysis of inheritance of the dominant black (D) and recessive gray (d) coat colors and brindle alleles (kbr). Two genetic groups – black and gray – were formed, followed by selection within each to produce consolidated and stable lines. The results demonstrate the effectiveness of the proposed multivector breeding system for developing consolidated Cane Corso lines with improved exterior, genetic, and working qualities. It was shown that controlled inbreeding not only avoids inbreeding depression but also ensures the fixation of desirable traits and the elimination of recessive pathologies. Implementation of this system enables the formation of genetically stable Cane Corso lines with predictable phenotypes, enhanced conformation, strong health, and stable working abilities, thus increasing the breed's breeding value and competitiveness

Keywords: *dog breed – Italian Cane Corso, breeding strategy, family-group method, genotype and phenotype, inbreeding.*

Селекція собак породи італійський кане корсо за ознаками екстер'єру та елімінацією спадкових аномалій

О. В. Хмельова, О. В. Яновська✉

Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна

На основі досліджень розроблено багатовекторну стратегію селекції собак породи італійський кане корсо, що поєднує внутрішньолінійне розведення, міжлінійний крос і створення високоінбредних ліній з обов'язковою перевіркою племінних тварин за якістю нащадків. Метою роботи було визначити біологічний статус кожного плідника та його оптимальне селекційне призначення. Розроблено систему випробування молодих плідників у кілька етапів (від I до VII в'язки), що дає змогу виявляти спадкові патології, рівень консолідації генотипів і стабільність фенотипу. При позитивних результатах схрещування закріплювались, формуючи інбредні або міжлінійні лінії з високою специфічною комбінаційною здатністю. Запропоновано методику поступового витіснення полігенно успадкованих вад шляхом добору партнерів без ознак патологій і застосування аналізуючих схрещувань для виявлення рецесивних генів.

Визначено критерії консолідації ліній, зокрема стабільність фенотипу без розщеплення та повторюваність бажаного типу, що є показником селекційної досконалості. Окремо розроблено генетичну стратегію добору за забарвленням, засновану на аналізі успадкування домінантного чорного (D) і рецесивного сірого (d) окрасів та алелів тигровості (kbr). Створено дві групи – чорну та сіру – з подальшим добором у межах кожної для формування консолідованих, стабільних ліній. Отримані результати свідчать про перспективність запропонованої системи багатовекторної селекції для створення консолідованих ліній кане корсо з покращеними екстер'єрними, генетичними та робочими якостями. Показано, що контрольований інбридинг не лише не спричиняє інбредної депресії, а й забезпечує закріплення бажаних ознак та усунення рецесивних патологій. Впровадження цієї системи дає змогу формувати генетично стійкі лінії кане корсо з прогнозованим фенотипом, покращеним екстер'єром, міцним здоров'ям і стабільними робочими якостями, що підвищує племінну цінність і конкурентоспроможність породи.

Ключові слова: *порода собак італійський кане корсо, стратегія селекційної роботи, сімейно-груповий метод, генотип і фенотип, інбридинг.*

Вступ

Удосконалюючи кожну окрему породу тварин, наприклад, собак, дослідник природно перебуває у системі координат чистопородного розведення як основного, консервативного методу. Оглядаючись на досвід створення порід різних видів сільськогосподарських тварин, ми розуміємо, що окрім покращення екстер'єрних якостей та прагнення підвищити показники господарсько-корисних ознак, тобто кількісних, ми неминуче приходимо до необхідності розробляти не лише методи лікування високопродуктивних рекордистів, а й прийоми, що допомагають уникати успадкування як численних генетичних хвороб, так і суто зовнішніх недоліків. Так чи інакше, бажаючи закріпити досягнуті успіхи у селекційній роботі, ми стикаємось із проявами спадковості. При цьому необхідно враховувати особливості її проявів щодо кожної конкретної ознаки, кожного певного генетичного механізму, що його формує. Тому і стратегія роботи з кожним таким показником чи групою подібних відхилень має свої особливості та логічно обумовлені дії з боку заводчика, спрямовані на поступове виведення із групи тварин небажаних ознак (Cane Corso, 2021). Це й було суттю даних досліджень – з прикладу конкретних тварин розробити надійну універсальну систему заходів, які дозволять створювати всередині будь-якої породи популяції собак, вільні від спадкових вад, як основу майбутніх розплідників.

Розведення собак породи італійський кане корсо останніми роками набуває все більшої популярності в Україні та за її межами завдяки поєднанню високих робочих якостей, врівноваженого темпераменту та ефектного екстер'єру представників цієї породи. Проте зростання попиту на породистих собак нерідко супроводжується посиленням проблем, пов'язаних із неконтрольованими схрещуваннями, втратою генетичної стабільності, зниженням племінної цінності та появою спадкових патологій. У зв'язку з цим актуальним завданням сучасної кінології є розроблення науково обґрунтованих принципів і методів селекційної роботи, спрямованих на вдосконалення порід собак, зокрема італійського кане корсо, з урахуванням генетичних, морфологічних та функціональних особливостей.

Традиційні методи селекції собак базуються переважно на відборі за фенотипом, що не завжди забезпечує бажану консолідацію породи. У той час сучасна генетика відкриває можливості для формування стабільних ліній шляхом внутрішньолінійного розведення, контрольованого інбридингу та міжлінійного кросу. Такі підходи дозволяють не лише закріплювати цінні господарсько-корисні ознаки, а й виявляти та усувати небажані рецесивні гени, що зумовлюють полігенно успадковані патології чи аномалії розвитку (McGarrity et al., 2016; Kovalenko & Ruban, 2019; Nikityuk et al., 2022; Serkhovets et al., 2023).

Особливе значення має створення чітко структурованих селекційних схем, які поєднують комплексний аналіз генотипу й фенотипу плідників, визначення специфічної комбінаційної здатності між лініями, а також застосування інструментів для поступового витіснення спадкових вад. Важливою складовою такої системи є також генетичний добір за окрасом, що дозволяє зберігати типовість і відмінні риси породи (Patterson, 2006; Leroy, 2011; Sundman et al., 2020).

Саме тому актуальним є розроблення багатовекторної селекційної стратегії для собак породи італійський кане корсо, яка б забезпечувала формування генетично стабільних, високоякісних ліній із прогнозованим фенотипом, покращеним екстер'єром, міцним здоров'ям і збалансованими робочими якостями.

Мета дослідження

Розробити елементи стратегії селекційної роботи з групою собак породи італійський кане корсо за різних методів підбору з метою покращення екстер'єру, здоров'я та робочих якостей.

Матеріал і методи досліджень

У дослідженнях використано племінних собак породи італійський кане корсо, що належать до розплідника "Делла Порта Діпінта". Для вивчення селекційних процесів застосовано сімейно-груповий метод, який передбачає оцінку як окремих особин, так і груп тварин, пов'язаних між собою походженням.

Оцінку генотипів і фенотипів собак проводили за комплексом ознак, що включав: тип екстер'єру (формат тіла, пропорції, розвиток мускулатури, форма голови, грудної клітки, кінцівок), поведінкові особливості, робочі якості, а також показники здоров'я. Забарвлення та його спадковість аналізували відповідно до законів Менделя, враховуючи домінантні та рецесивні алелі (D – чорний, d – сірий, kbr – тигровість).

Для визначення ефективності різних напрямів розведення застосовано багатовекторну схему селекції, яка включала:

- чистопородне розведення,
- внутрішньолінійне розведення (інбридинг різного ступеня спорідненості),
- міжлінійний крос,
- створення високоінбредних ліній із перевіркою батьківських особин за якістю нащадків.

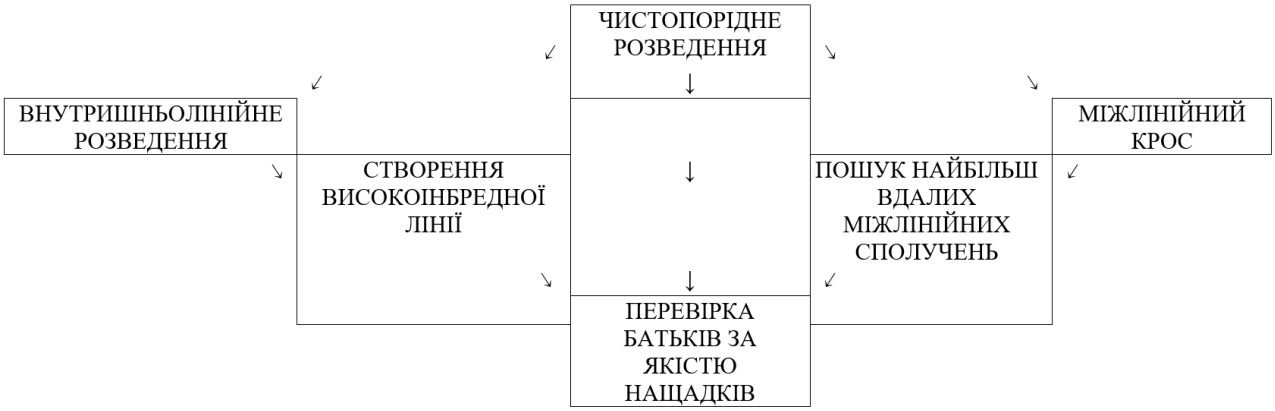
Інбридинг використовували для виявлення спадкових патологій і визначення ступеня консолідації генотипів. Ступінь спорідненості між плідниками обчислювали за родоводами з використанням індексу інбридингу (F) за формулою Райта.

Для оцінки якості нащадків аналізували показники повторюваності бажаних фенотипових ознак у потомстві, вирівняність цуценят за розмірами, типом і забарвленням. Проводили аналізуючі схрещування для виявлення прихованих рецесивних генів та визначення специфічної комбінаційної здатності (СКЗ) між лініями.

Результати та їх обговорення

У ході досліджень, по-перше, було визначено елементи загальної стратегії ведення селекційної роботи з групою собак породи італійський кане корсо – такі, як внутрішньолінійне розведення та міжлінійний крос на основі пошуку найбільш вдалих міжлінійних поєднань, а також створення високоінбредної лінії – з обов'язковою перевіркою батьківських особин за якістю нащадків на кожному етапі роботи (табл. 1). Генотип кожної тварини характеризується унікальним, індивідуальним біологічним станом. А поєднання двох таких індивідуальностей після в'язки створює неповторний результат, який може бути застосований у різних напрямках. Тому завдання заводчика є визначити цей біологічний статус кожного плідника і виявити найбільш доцільне селекційне призначення кожного собаки. Це селекційне призначення може змінюватись залежно від кон'юнктури ринку, попиту покупця.

Таблиця 1
Схема ведення багатовекторної селекції



Виходячи з того, що в середньому кожен плідник дає до 7 виводків, видається логічною наступна схема випробування генотипів молодих плідників, з 1-ї в'язки до останньої.

І в'язка. Проведення тісного інбридингу щодо виявлення спадкових захворювань. Ця ж схема спарювання досягає 2-ї найважливішої мети – виявляє ступінь консолідованості генотипів родичів та типовість їх екстер'єру (FCI-Standard N° 343, 2007). І третьої мети – підвищення ймовірності потенційного ефекту збільшення м'язової маси нащадків у порівнянні з батьками. При максимально позитивному результаті це селекційне призначення закріплюється як постійне для цієї пари плідників (а на їх основі можна закласти високоінбредну лінію, в якій неспоріднені тварини будуть повністю відсутні). В іншому випадку ІІ-я в'язка здійснюється за наступною схемою.

ІІ в'язка. Проведення максимально тісного інбридингу з іншим родичем задля досягнення тих самих трьох найважливіших цілей. При максимально позитивному результаті це селекційне призначення закріплюється як постійне для цієї пари плідників з наступними діями, аналогічними першій схемі. В іншому випадку ІІІ-я в'язка здійснюється за наступною схемою.

ІІІ в'язка. Здійснення її відбуватиметься за спадним ступенем спорідненості плідників, що спарюються, тому що на перших етапах родичі в створюваному розпліднику будуть досить в обмеженій кількості. Максимально позитивний результат також буде закріплений для цієї пари. Перші три в'язки будуть являти собою найвищий ступень лінійного розведення.

IV в'язка. Неспоріднені плідники перевірятимуться під час цієї схеми схрещування щодо сполучності ліній. Тобто в даному випадку буде проведено міжлінійний крос також із подальшим вивченням переваг гібридів перед представниками чистих ліній. Це означає, що проводитиметься перевірка на специфічну комбінаційну здатність (СКЗ) ліній та їх представників. Якщо ВСІ нащадки цієї пари матимуть стійкі переваги порівняно з батьками за ознаками, що цікавлять заводчика, то буде зафіксоване селекційно-генетичне досягнення. Пара, що володіє СКЗ, буде закріплена в наступних в'язках як та, що дає максимально бажаний молодняк. А родичів цих виробників

доцільно також перевірити на СКЗ. У позитивному випадку можна говорити про стійкі генетичні здібності цих двох ліній давати продуктивний міжлінійний крос.

V–VII в'язки. У разі, якщо до цього моменту використання собак їх селекційне призначення вже було виявлено та закріплено, доцільно продовжувати попередні ефективні схеми схрещувань. Якщо результати не були максимально позитивними, необхідно продовжувати пошук вдалого поєднання у напрямку або інбридингу, або міжлінійного кросу.

Оскільки кількість і споріднених, і неспоріднених між собою тварин згодом буде збільшуватись, можна, здійснюючи пошук вдалих пар, одночасно уникати поєднання спадкових захворювань у обох батьків, поступово виводячи їх із популяції.

Те саме стосується небажаних особливостей екстер'єру, забарвлення тощо.

На основі вдалих варіантів застосування тісного інбридингу можна створювати та вдосконалювати високоінбредну лінію без застосування неспоріднених спарювань – з метою досягнення гетерозису на підвищення м'язової маси собак.

У подальшому, під час наших досліджень було визначено стратегію ведення ліній, в основі якої, тим не менш, – необхідність домагатись консолідації генотипів собак у принципі, незалежно від належності до конкретної лінії. Результатом має бути фенотип, що не розщеплюється, подібно до "візитної картки" сімейства Джулії розплідника Делла Порта Діпінта, представники якого характеризуються як "курносі", круглоголові, з потужною округлою грудною клітиною. Основним критерієм консолідації визначено те положення, що за ознаками, що цікавлять заводчика, потомство повинно бути краще, ніж батьки або повторювати бажаний тип родоначальника. Як селекціоновану ознаку на перших етапах ми визначили лише формат, – з одночасним уникненням пороків. Головним критерієм визначено відсутність розщеплення за фенотипом (табл. 2). У нашій популяції собак прикладом може бути виводок Гани.

Таблиця 2

План ведення селекційної роботи з лініями

Лінія Преміума		Лінія Крика		Родина Джильди	
Преміум	♂1	Сербі	♂1	Рупі	
Асбест	♂2	Ромен	♂2	Бонітті	♂1
Афродіта	♀1			Син1	♂2
Рупі	♀2			Син2	♂3
				Дочки Ромена	
<u>І етап</u> – консолідація лінії або родини:					
♀1 х ♂1	(інбридинг)	♀1 х ♂1 = F1		♀2 х ♂1	дочка х батько
♀1 х ♂2	(інбридинг)	♀1 х ♂2 = F1		♀2 х ♂2	
♀1 х син ♂1	(менший інбридинг)	♀2 х ♂1 = F1		} сестра х брат	
♀2 х ♂1	(менший інбридинг)	♀2 х ♂2 = F1		♀2 х ♂3	
♀2 х ♂2	(менший інбридинг)	(аутбридинг)		(інбридинг)	
♀2 х син ♂1	(ще менший інбридинг)				
1. Вивчення фенотипів і генотипів щенят F1					
2. Відбір щенят F1 на продаж і у плем.ядро					
3. Відбір щенят F1 для формування нової <u>інбредної лінії</u>					
		Найбільш вдалий варіант <u>інбредної лінії</u>: F1 х ♂1 та F1 х♂2 , якщо в F1 немає аномалій			

Наступним елементом селекційної роботи є міжлінійний крос. Суть розробленої нами стратегії його одержання полягає в тому, що створені лінії повинні між собою поєднуватись, тобто має проявлятись специфічна комбінаційна здатність. Домогтись цього генетико-селекційного ефекту непросто, ця робота вимагає кропіткої праці, терпіння та наполегливості. Яскравим показником досягнутого буде те, що потомство від поєднання конкретних ліній відзначатиметься незмінно стійкими, кращими показниками порівняно з батьківськими особинами. На перших етапах селекції необхідно діяти так, щоб власні характеристики батьківських ліній були бездоганними!

Отже, спостерігати за консолідацією ліній необхідно за кожним виводком (щодо вирівняності цуценят за величиною; за рівнем однаковості прояву основних ознак – для того, щоб не відбувалось їх розщеплення). У нашій групі кане корсо таким і можна назвати виводок Гани.

Розроблена стратегія витіснення полігенно успадкованих вад відрізняється такими особливостями.

І етап. На собаках, які виявляють полігенно успадковані вади, використовувати тих партнерів, у яких цих пороків немає, як і в їх виводках.

ІІ етап. Цуценят із цих виводків необхідно далі також в'язати іншими собаками, у яких цих вад немає, або проявляються незначно. Але це буде, швидше за все, на наступних етапах, коли поголів'я розплідника, що формується, буде великим. Спочатку необхідно йти на тісний інбридинг з батьками без вад, у яких за відсутність аномалій відповідає максимум домінантних генів. Отже, стратегія у тому, щоб поступово витісняти з популяції собак рецесивні гени, відповідальні за патології.

Обидва ці етапи слід застосовувати постійно, – залежно від ситуації, – залежно від конкретних фенотипів та передбачуваних генотипів, які з'являтимуться у популяції. Фенотипи легко простежити, якщо підходити до цього уважно. Важче, і так само важливо намагатись встановлювати можливий мікрогенофонд кожного виводку за всіма ознаками, що вивчаються.

А максимально кардинальним методом саме виявлення наявності прихованих рецесивних генів, у тому числі і полігенів – наприклад, відповідальних за таку аномалію у собак, як залом хвоста (як і в цілому більшості елементів скелета), – є схрещування, що аналізує, – тобто перша в'язка з носієм цієї аномалії. У такому випадку він виступає як лакмусовий папірець саме для точного встановлення генотипу саме молодих, зовнішньо здорових плідників – для того, щоб надалі абсолютно усвідомлено та обґрунтовано підбирати пару для конкретних в'язок. В результаті, якщо молодий плідник вільний від рецесивної патології, нащадків із заломом хвоста ми не отримаємо. А еталонний плідник буде буквально "на вагу золота"!

Стратегія селекції ліній на бажане забарвлення розроблена з прикладу створення окремих генетичних груп чорних корсо і сірих. На першому етапі необхідно максимально чітко проаналізувати успадкування відповідно чорного чи сірого забарвлення собак цієї групи від їх предків. Виходячи з того, що ген чорного окрасу є домінантним (D), а сірого окрасу – рецесивним (d), як й ген тигровості (kbr) (3), сімейно-груповим методом були визначені приблизні генотипи собак дослідної групи (табл. 3).

Таблиця 3
Очікувані генотипи собак досліджуваної групи з окрасу

Кличка	Окрас	Генотип
Преміум	сірий	dd K / kbr
Пантера	чорний	Dd K / kbr
Бонітті	чорний	D? K / kbr
Асбест	сірий	dd K / ? *
Ромен	чорний	D? ?
Брік	чорний	D? kbr / kbr
Батс	чорний	D? kbr / kbr
Йена	сірий	dd kbr / kbr
Афродіта	чорний	Dd K / ?
Гана	чорно-тигровий	Dd kbr / kbr
Рупі	чорно-тигровий	D? kbr / kbr
Сербі	чорний	D? K / kbr

*Генотипи Асбеста, Ромена, Бріка, Батса, Афродіти, Рупі та Сербі вимагають додаткових досліджень.

На основі цих даних були сформовані дві групи – чорних та сірих корсо з метою подальшої селекції на збільшення в них концентрації генів, що формують відповідно чорне та сіре забарвлення (табл. 4-5).

У зв'язку з невеликою кількістю в нашій популяції гомозигот рецесивних за сірим забарвленням, на перших етапах необхідно в'язати їх з чорними корсо – але достовірними гетерозиготами як носіями прихованого гена сірого забарвлення. У цьому випадку, згідно із законом моногібридного схрещування, 50 % цуценят буде сірими гомозиготами рецесивними, і 50 % – чорними гетерозиготами. Тобто потомство повністю повторить генотипи та фенотипи батьків. На наступних етапах сірих кане корсо слід розводити "в собі", формуючи лінію, що не розщеплюється. Що стосується чорних корсо, то достовірних гетерозигот слід в'язати з чорними гомозиготами, які не дають сірих щенят – якщо метою є формування саме чистої лінії чорних корсо.

Таблиця 4
Склад лінії кане корсо чорного окрасу

Кличка	Стать		Генотип за чорним окрасом
	жін.	чол.	
Пантера	♀		Dd K / kbr
Бонітті		♂	D? K / kbr
Афродіта	♀		Dd K / kbr
Гана	♀		Dd kbr / kbr
Рупі	♀		D? kbr / kbr
Сербі		♂	D? K / kbr
Ромен		♂	D? ?
Брік		♂	D? kbr / kbr
Батс		♂	D? kbr / kbr

Таблиця 5
Склад лінії кане корсо сірого окрасу

Кличка	Стать		Генотип за окрасом
	жін.	чол.	
Перміум		♂	dd K / kbr
Асбест		♂	dd K / ?
Йена	♀		dd kbr / kbr

Чимала частка в нашій селекційній стратегії належить інбридингу – причому найближчого ступеня спорідненості: сестри – брати, діти – батьки. Традиційно селекціонери найчастіше уникають цього ефективного прийому з двох основних причин. З одного боку, побоюючись інбредної депресії, нібито як неминучого наслідку близькоспорідненого спарювання. А з іншого – тому, що більшість видів сільськогосподарських тварин малоплідні: це насамперед велика рогата худоба, коні, вівці. Якщо їх осягає така доля, то гине, по суті, все чи майже все потомство. Але насправді суть інбридингу як біологічного, генетичного явища – в наступному. Гени, відповідальні за всі основні ознаки, що селекціонуються, у родинних особин знаходяться майже в однаковому стані. При їх спаровуванні, у нащадків ці гени переходять у статус гомозигот, тобто подвоєного стану. Якщо це гени, які відповідають за позитивні ознаки організму, то посилюючись, вони їх удосконалюють якісно та кількісно. Але якщо це напівлетальні чи летальні гени, всі вони, подвоюючись, відповідно погіршують негативний вплив на організм. Таким чином, інбридинг сам по собі не створює нічого нового, він лише переводить у подвійний – гомозиготний стан – той генетичний матеріал, який спочатку вже був присутнім у клітинах батьківських особин. Далі отримані інбредні тварини або виводяться з популяції, якщо в їх організм потрапили летальні гени в подвійному екземплярі, або є володарями унікальної спадковості і видатними родоначальниками генетичних ліній, що не розщеплюють-

ся. Заради цього варто поступитися небагатьма цуценятами – для того, щоб основна їх частина, що увійшла до складу племінного ядра, передавала своїм нащадкам статус міцного здоров'я, успішного екстер'єру та відмінних робочих якостей. Це чудовий результат селекційної роботи, який недоступний тваринникам, що працюють із традиційними видами сільськогосподарських тварин, тобто малоплідних, за винятком свиней, деяких порід овець, а також кролів, морських свинок, кішок – тобто дрібніших тварин. У науковій літературі багато прикладів використання інбридингу для вдосконалення різних порід собак (Baes et al., 2019).

Висновки

1. Як основні елементи загальної стратегії ведення селекційної роботи з групою собак породи італійський кане корсо були визначені: внутрішньолінійне розведення, міжлінійний крос, високоінбредна лінія, перевірка батьківських особин за якістю нащадків.

2. У ході досліджень було визначено стратегію ведення ліній через консолідацію генотипів собак.

3. Отримання міжлінійного кросу необхідно добиватись шляхом досягнення специфічної комбінаційної здатності між лініями, що відселекціоновані.

4. Розроблена стратегія витіснення полігенно успадкованих вад ґрунтується на включенні до схеми тварин без зовнішнього прояву аномалій із застосуванням інбридингу та аналізуючого схрещування.

5. Стратегія селекції ліній на бажане забарвлення розроблена на прикладі створення окремих генетичних груп чорних і сірих корсо шляхом моніторингу успадкування цих забарвлень та збільшення концентрації генів, що їх формують.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо викладу результатів досліджень.

References

Baes, C. F., Makanjuola, B. O., Miglior, F., Marras, G., Howard, J. T., Fleming, A., & Maltecca, C. (2019). Symposium review: The genomic architecture of inbreeding: How homozygosity affects health and performance. Journal of Dairy Science, 102(3), 2807–2817. DOI: 10.3168/jds.2018-15520.

Cane Corso Cane Corso lovers Press (2021). Cane Corso Daily Walking Log Book: Daily Pet Planner for Cane Corso Grooming and Walking Journal Size 6*9 Inches. Independently Published. URL: https://books.google.com.ua/books/about/Cane_Corso_Daily_Walking_Log_Book.html?id=q8fPzgEACAAJ&redir_esc=y.

FCI-Standard N° 343 (2007). Italian Corso Dog (Cane Corso Italiano). Federation Cynologique Internationale (AISBL). Mizhnarodna Kinilogichna Federatsiya. URL: https://web.archive.org/web/20140904161849/http://www.fci.be/Nomenclature/Standards/343g02-en.pdf.

Korec, E., Chalupa, O., Hančl, M., Korcová, J., & Bydžovská, M. (2017). Longevity of Cane Corso Italiano dog breed and its relationship with hair colour. Open Veterinary Journal, 7(2), 170. DOI: 10.4314/ovj.v7i2.15.

Kovalenko, V. M., & Ruban, E. V. (2019). Selection of service dogs by types of higher nervous activity. Scientific and technical bulletin of the Animal Husbandry Institute of the National Academy of Sciences, 122, 102–109 (in Ukrainian).

Leroy, G. (2011). Genetic diversity, inbreeding and breeding practices in dogs: Results from pedigree analyses. The Veterinary Journal, 189(2), 177–182. DOI: 10.1016/j.tvjl.2011.06.016.

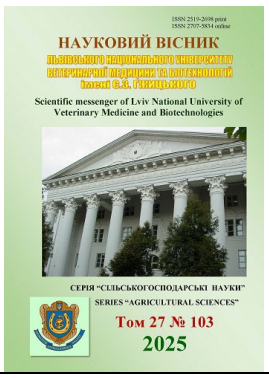
McGarrity, M. E., Sinn, D. L., Thomas, S. G., Marti, C. N., & Gosling, S. D. (2016). Comparing the predictive validity of behavioral codings and behavioral ratings in a working-dog breeding program. Appl Animal Behav Sci, 179, 82–94. DOI: 10.1016/j.applanim.2016.03.013.

Nikityuk, A., Kupriyenko, D., Afanasiev, A., Osipov, S., & Serkhovets, S. (2022). Scientific-methodical support and automation of service dogs selection during their staffing of state border service of Ukraine bodies. Collection of scientific works of the National Academy of the State Border Guard Service of Ukraine, 3(88), 91–124. DOI: 10.32453/3.v88i3.1212 (in Ukrainian).

Patterson, D. F. (2006). Congenital heart disease in the dog. Annals of the New York Academy of Sciences, 127(1), 541–569. DOI: 10.1111/j.1749-6632.1965.tb49423.x.

Serkhovets, S., Mazur, N., Klepatskyi, S., & Kovalchuk, O. (2023). Methods of selecting dogs for the needs of canine units of the sector of security and defense of Ukraine. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 25(99), 120–125. DOI: 10.32718/nvlvet-a9920.

Sundman, A.-S., Pértille, F., Lehmann Coutinho, L., Jazin, E., Guerrero-Bosagna, C., & Jensen, P. (2020). DNA methylation in canine brains is related to domestication and dog-breed formation. PLOS ONE, 15(10), e0240787. DOI: 10.1371/journal.pone.0240787.



Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького. Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences

ISSN 2519–2698 print
ISSN 2707-5834 online

doi: 10.32718/nvlvet-a10331
https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture

UDC 636.2.034:575.1(477)

The role of maternal ancestors in shaping the productivity of Ukrainian black-and-white dairy cows

Ye. I. Fedorovych[1]✉, V. Ya. Yatsynka[2]

[1]*Institute of Animal Biology NAAS, Lviv, Ukraine*
[2]*Institute of Animal Breeding and Genetics nd. a. M.V.Zubets NAAS, Kyiv, Ukraine*

Article info

Received 14.08.2025
Received in revised form 15.09.2025
Accepted 16.09.2025

Institute of Animal Biology NAAS, Vasyl Stus Str., 38, Lviv, 79034, Ukraine.
Tel.: +38-032-270-23-89
E-mail: logir@ukr.net

Institute of Animal Breeding and Genetics nd. a. M. V. Zubets NAAS, Pogrebnyaka Str., 1, Chubynske, Kiev region, 08321, Ukraine.

Fedorovych, Ye. I., & Yatsynka, V. Ya. (2025). The role of maternal ancestors in shaping the productivity of Ukrainian black-and-white dairy cows. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 27(103), 261–267. doi: 10.32718/nvlvet-a10331

The study was conducted through a retrospective analysis of zootechnical data using the SUMC (Dairy Cattle Management System) software Intesel Orsek for the period 2008–2022, in the herd of the Volovykiv Agricultural Production Cooperative, located in the Hoshcha district of the Rivne region. The variability of milk productivity traits in cows during the first and third lactations was assessed depending on the productivity of their mothers, grandmothers, and paternal grandmothers during the first lactation. The sample included cows that had completed at least three lactations at the beginning of the study. The results showed that the average milk yield of first-calf heifers in the sample during the study period was 5,836 kg, the average milk fat content was 3.71 %, and the amount of milk fat was 216.5 kg. In full-aged cows (third lactation), these indicators increased by 1,107 kg, 0.07 %, and 46.0 kg, respectively. It was found that, depending on the milk yield of their mothers during the previous lactation, there was significant intergroup differentiation in the milk productivity of first-calf heifers and full-aged cows. Thus, the lowest productivity during the first and third lactations was observed in the daughters of mothers whose milk yield did not exceed 4,000 kg, while the highest productivity was observed in the daughters of mothers with a milk yield of 9,000 kg and above. The milk yield of the maternal grandmothers had a slightly smaller effect on the productivity of the cows. The lowest milk yield and milk fat content during the first and third lactations were recorded in animals whose grandmothers had milk yields of 4,000–4,999 kg during their most productive lactation. Regarding the influence of the milk yield of the paternal grandmothers during their highest lactation, it should be noted that, for both lactations, the least productive cows were those whose paternal grandmothers had a milk yield below 10,000 kg, whereas the most productive cows were those whose paternal grandmothers had milk yields of 14,000–14,999 kg, slightly exceeding their peers whose grandmothers produced 15,000 kg and more, with milk yields of 7,505 kg during the first and 8,892 kg during the third lactation. Different strengths and directions of correlations were observed between the milk yield of maternal ancestors and the milk productivity traits of cows, most of which were statistically significant. The greatest influence on the phenotypic expression of offspring was exerted by the paternal grandmothers, followed by the mothers, and to a lesser extent by the maternal grandmothers.

Keywords: *cows, milk productivity, maternal ancestors, correlation, influence strength.*

Роль материнських предків у формуванні продуктивності корів української чорно-рябої молочної породи

Є. І. Федорович[1]✉, В. Я. Яцинка[2]

[1]*Інститут біології тварин НААН, м. Львів, Україна*
[2]*Інститут розведення і генетики тварин імені М.В. Зубця НААН, с. Чубинське, Київська обл., Україна*

Одним із провідних напрямів сучасної селекційної роботи є оцінка тварин за походженням – за результатами продуктивності їхніх предків, що дає змогу більш точно прогнозувати потенційну продуктивність нащадків. Виходячи з вищенаведеного, метою наших досліджень було з'ясувати вплив надою материнських предків (матерів, матерів матерів, матерів батьків) за вищу лактацію на ознаки молочної продуктивності їх нащадків. Дослідження проведені шляхом ретроспективного аналізу даних зоотехнічного обліку з використанням програми СУМС (системи управління молочним скотарством) "Інтесел Орсек" за 2008–2022 роки у стаді ТОВ СГП імені Воловікова Гощанського району Рівненської області. З'ясовано мінливість ознак молочної продуктивності корів за першу та третю лактації, залежно від продуктивності матерів, матерів матерів та матерів батьків за вищу лактацію. У вибірку включені корови, які на початок проведення досліджень завершили щонайменше три лактації. Результати досліджень свідчать, що надій первісток по вибірці за досліджуваний період у середньому становив 5836 кг, вміст жиру в молоці – 3,71 %, кількість молочного жиру – 216,5 кг. У повновікових корів (третя лактація) ці ознаки збільшилися відповідно на 1107 кг, 0,07 % та 46,0 кг. З'ясовано, що за ознаками молочної продуктивності первісток та повновікових корів, залежно від надою матерів за вищу лактацію, спостерігалася міжгрупова диференціація. Так, найнижчою продуктивністю за першу та третю лактації характеризувалися дочки, які походили від матерів з надоєм за вищу лактацію до 4000 кг, а найвищою – від матерів з надоєм 9000 кг і більше. Дещо менше на продуктивність корів впливали надої матерів матерів. Найнижчими надоями та кількістю молочного жиру за першу та третю лактації відзначалися тварини з надоєм матерів матерів за вищу лактацію 4000–4999 кг. Щодо залежності ознак молочної продуктивності корів від надою матерів їх батька за вищу лактацію, то варто зазначити, що за обидві лактації найменш продуктивними виявилися корови, надій матерів батьків яких не перевищував 10000 кг, а найбільш продуктивними були тварини, надій матерів батьків яких сягав 14000–14999 кг, незначно їм поступалися ровесниці з надоєм матерів батьків 15000 кг і більше, надій яких за першу лактацію становив 7505, а за третю 8892 кг. Між надоєм материнських предків та ознаками молочної продуктивності корів спостерігалися різної сили та напряму зв'язки і у більшості випадків вони були статистично значущими. Найбільший вплив на фенотипові прояви нащадків мають матері батьків, дещо менший – матері і відносно слабший — матері матерів.

Ключові слова: *корови, молочна продуктивність, материнські предки, кореляція, сила впливу.*

Вступ

Продуктивність молочної худоби є комплексною ознакою, на формування якої впливає низка генетичних і паратипових чинників. Вона зумовлена як спадковими особливостями тварини, так і умовами годівлі, утримання, мікрокліматом приміщень, технологічними прийомами експлуатації та рівнем селекційно-племінної роботи у стаді (Honcharenko, 2005; Bashchenko & Ruban, 2011; Otwinowska-Mindur et al., 2025). Відомо, що реалізація генетичного потенціалу тварин можлива лише за оптимального поєднання спадкових задатків і зовнішнього середовища, що створює передумови для цілеспрямованого вдосконалення порід шляхом добору та підбору (Miglior et al., 2012).

Питання підвищення молочної продуктивності великої рогатої худоби зберігає актуальність у сучасному скотарстві, оскільки саме від неї залежить ефективність виробництва молока, рентабельність галузі та конкурентоспроможність продукції. При цьому одним із провідних напрямів сучасної селекційної роботи є оцінка тварин за походженням – за результатами продуктивності їхніх предків, що дає змогу більш точно прогнозувати потенційну продуктивність нащадків (Boiko, 2015; Fedorovych et al., 2018).

Вивчення закономірностей спадкової зумовленості ознак молочної продуктивності у тварин, пов'язаних близькими родинними зв'язками, дозволяє більш точно оцінювати племінну цінність предків і прогнозувати продуктивність їх нащадків (Jamrozik et al., 1997; Boiko, 2015). При цьому значну наукову і практичну цінність становить дослідження зв'язку між надоєм дочок і продуктивністю їх матерів, матерів матерів та матерів батьків, що дає змогу глибше зрозуміти характер спадковості цих ознак і підвищити ефективність добору у племінних стадах (Shuliar et al., 2020; Weller & Ezra, 2025).

Численними дослідженнями вітчизняних і зарубіжних авторів доведено, що між надоєм дочок і продуктивністю їх матерів існує достовірна позитивна кореляція, яка свідчить про значну спадкову зумовленість цієї ознаки (Zwald et al., 2004; Weller & Ezra, 2025). Зокрема, коефіцієнти кореляції між надоєм матерів і дочок можуть знаходитися, залежно від породи, системи утримання та методів оцінки, в межах r = 0,35–0,65. Установлено також, що продуктивність тварин значною мірою залежить не лише від матерів, а й від матерів матерів і матерів батьків, адже ці особини передають своїм нащадкам комплекс генетичних факторів, які впливають на рівень синтезу та секреції молока (Jamrozik et al., 1997; Kuziv et al., 2018). Важливо зазначити, що оцінювання тварин за родоводом дозволяє отримати більш стабільні селекційні показники, оскільки продуктивність предків меншою мірою залежить від випадкових впливів середовища, ніж фенотипові показники нащадків (Gaddis et al., 2014).

Поряд із цим, наукові джерела свідчать про існування антагоністичного зв'язку між надоєм і вмістом жиру в молоці, який також має спадкову природу (Haile-Mariam & Pryce, 2015). Тому при оцінці спадковості молочної продуктивності необхідно враховувати не лише кількісні показники, але й якісні – жирно - та білковомолочність, кількість молочного жиру й білка, що забезпечує більш комплексну характеристику тварини як продуктивного типу.

Однак, незважаючи на значну кількість робіт, присвячених проблемі спадковості ознак продуктивності, питання впливу надою предків різних генерацій (матерів, матерів матерів, матерів батьків) на рівень молочної продуктивності потомства залишається недостатньо вивченим, особливо у стадах новостворених молочних порід, що мають складну структуру поєднання генотипів різного походження. Водночас накопичення достовірних даних з цього питання є важливою передумовою для удосконалення методів оцінки племінної цінності тварин і підвищення точності добору у межах порід (Otwinowska-Mindur et al., 2025).

Мета досліджень

Виходячи з вищенаведеного, метою наших досліджень було з'ясувати вплив надою материнських предків (матерів, матерів матерів, матерів батьків) за вищу лактацію на ознаки молочної продуктивності їх нащадків.

Матеріал і методи досліджень

Дослідження проведені шляхом ретроспективного аналізу даних зоотехнічного обліку з використанням програми СУМС (системи управління молочним скотарством) "Інтесел Орсек" за 2008–2022 роки у стаді ТОВ СГП імені Воловікова Гощанського району Рівненської області. З'ясовано мінливість ознак молочної продуктивності корів за першу та третю лактації, залежно від продуктивності матерів, матерів матерів та матерів батьків за вищу лактацію. У вибірку включені корови, які на початок проведення досліджень завершили щонайменше три лактації.

Залежність молочної продуктивності корів від вищенаведених ознак досліджена на основі розподілу вибірки на класи. Для визначення величини класу від максимального значення у вибірці віднімали мінімальне і розділяли на кількість градацій. Рекомендується число градацій від шести до п'ятнадцяти.

Для визначення наявності, напряму та ступеня зв'язків між ознаками молочної продуктивності корів та іншими селекційними параметрами застосовували кореляційний аналіз.

Вплив надою жіночих предків за вищу лактацію на продуктивність нащадків визначали шляхом однофакторного дисперсійного аналізу.

Статистичну обробку результатів досліджень проводили із використанням засобів Microsoft Excel і STATISTICA 8.0. Перевірку достовірності різниці між груповими середніми здійснювали за критерієм Ст'юдента (Petrovska, 2022). Різницю вважали статистично значущою за рівнів: P < 0,05 (*або 1), P < 0,01 (**або 2), P < 0,001 (***або 3).

Результати

Результати досліджень свідчать, що надій первісток по вибірці за досліджуваний період у середньому становив 5836 кг, вміст жиру в молоці – 3,71 %, кількість молочного жиру – 216,5 кг. У повновікових корів (третя лактація) ці ознаки збільшилися відповідно на 1107 кг, 0,07 % та 46,0 кг (табл. 1).

Таблиця 1
Молочна продуктивність корів української чорно-рябої молочної породи, M ± m (n = 1967)

Ознака	I лактація		III лактація	
	M ± m	Cv, %	M ± m	Cv, %
Надій, кг	5836 ± 38,2	32,4	6943 ± 37,8	23,4
Жир, %	3,71 ± 0,003	2,6	3,78 ± 0,003	3,3
Молочний жир, кг	216,5 ± 1,44	30,8	262,5 ± 1,39	21,7

З'ясовано, що за ознаками молочної продуктивності первісток та повновікових корів, залежно від надою матерів за вищу лактацію, спостерігалася міжгрупова диференціація (табл. 2). Так, найнижчою продуктивністю за першу та третю лактації характеризувалися дочки, які походили від матерів з надоєм за вищу лактацію до 4000 кг, а найвищою – від матерів з надоєм 9000 кг і більше. Перші поступалися за надоєм та вмістом жиру в молоці за першу лактацію ровесницям всіх решти груп на 219–1944 та 0,3–62,0 кг, а за третю – на 228–1956 та 5,5–60,5 кг відповідно. При цьому, різниця між тваринами з найменшими та більшими значеннями вказаних ознак майже у всіх випадках була вірогідною.

Таблиця 2
Залежність надою дочок від продуктивності матерів за вищу лактацію

Надій матерів за вищу лактацію, кг	К-ть пар	Молочна продуктивність дочок за					
		I лактацію			III лактацію		
		надій, кг	жир, %	молочний жир, кг	надій, кг	жир, %	молочний жир, кг
до 4000	15	5368 ± 164,3	3,79 ± 0,009***	203,5 ± 6,48	5755 ± 147,4	3,88 ± 0,011***	223,3 ± 5,53
4000–4999	170	5587 ± 99,1	3,72 ± 0,005***	207,8 ± 3,31	5983 ± 101,8	3,84 ± 0,007***	229,8 ± 3,79
5000–5999	291	5824 ± 99,8*	3,71 ± 0,005***	216,2 ± 3,53	6199 ± 85,3**	3,75 ± 0,008***	232,6 ± 3,46
6000–6999	413	6428 ± 114,0***	3,68 ± 0,007***	236,7 ± 3,78***	6908 ± 103,7***	3,69 ± 0,006	254,9 ± 4,13***
7000–7999	380	6821 ± 106,3***	3,65 ± 0,007	249,0 ± 4,01***	7115 ± 108,1***	3,72 ± 0,011*	264,8 ± 4,01***
8000–8999	253	6737 ± 122,5***	3,64 ± 0,008	245,2 ± 4,87***	7243 ± 126,3***	3,70 ± 0,013	268,0 ± 5,12***
9000 і більше	96	7312 ± 173,6***	3,63 ± 0,011	265,5 ± 5,66***	7711 ± 123,5***	3,68 ± 0,015	283,8 ± 5,06***

Примітка: у цій і наступних таблицях вірогідність різниці наведена при порівнянні ознак з найнижчим значенням

За жирномолочністю кращими виявилися первістки та повновікові корови, надій матерів за вищу лактацію яких становив 4000 кг і менше, а найнижчий вміст жиру за обидві лактації спостерігався у тварин з надоєм матерів 9000 кг і більше. Варто зазначити, що зі збільшенням надою матерів надій дочок також зро-

став, а вміст жиру майже у всіх випадках знижувався, що свідчить про антагоністичний характер цих ознак. Різниця між первістками з найменшим вмістом жиру в молоці і ровесницями решти груп коливалася від 0,01 до 0,16 %, а між повновіковими коровами – від 0,01 до 0,40 %.

Дещо менше на продуктивність корів впливали надої матерів матерів (табл. 3). Найнижчими надоями та кількістю молочного жиру за першу та третю лактації відзначалися тварини з надоєм матерів матерів за вищу лактацію 4000–4999 кг. Вони поступалися первісткам всіх решти наведених у таблиці груп за названими ознаками відповідно на 18 та 1,8; 259 та 10,2; 516 (P < 0,05) та 17,5; 670 (P < 0,05) та 21,6 (P < 0,05) і 889 (P < 0,01) та 32,5 кг (P < 0,01), а повновіковим коровам – на 18 та 0,03; 385 (P<0,05) та 15,5 (P < 0,01); 550 (P < 0,01) та 20,4 (P < 0,01); 1090 (P < 0,001) та 41,4 (P < 0,001) і 892 (P < 0,01) та 36,3 (P < 0,001) кг.

У корів наведених вище груп спостерігалася диференціація і за вмістом жиру в молоці. Так, найменш жирномолочні первістки з надоєм матерів матерів до 7000–7999 кг поступалися тваринам інших груп на 0,02–0,05 % за невірогідного у більшості випадків рівня, натомість найменший вміст жиру в молоці повновікових корів відмічено за надою їх матерів матерів 4000–4999 кг і вони невірогідно поступалися за цією ознакою тваринам решти груп на 0,01–0,05 %.

Таблиця 3

Залежність надою дочок від продуктивності матерів матерів за вищу лактацію, M ± m

Надій матерів за вищу лактацію, кг	К-ть пар	Молочна продуктивність дочок за					
		I лактацію			III лактацію		
		надій, кг	жир, %	молочний жир, кг	надій, кг	жир, %	молочний жир, кг
до 4000	152	6003 ± 118,9	3,62 ± 0,008	217,3 ± 4,20	6434 ± 125,6	3,66 ± 0,012	235,3 ± 4,61
4000–4999	201	6036 ± 150,2	3,63 ± 0,006	219,1 ± 5,33	6452 ± 109,8	3,65 ± 0,011	235,6 ± 4,06
5000–5999	222	6262 ± 104,2	3,64 ± 0,007	227,5 ± 3,74	6819 ± 96,4*	3,68 ± 0,011	250,8 ± 3,55**
6000–6999	97	6519 ± 184,0*	3,61 ± 0,012	234,8 ± 6,53*	6984 ± 137,7**	3,66 ± 0,016	255,7 ± 5,03**
7000–7999	59	6673 ± 250,6*	3,59 ± 0,014	238,9 ± 8,75*	7524 ± 173,1***	3,68 ± 0,019	276,7 ± 6,55***
8000 і більше	28	6892 ± 249,1**	3,62 ± 0,014	249,8 ± 8,98**	7326 ± 293,3**	3,70 ± 0,029	271,6 ± 11,35***

Щодо залежності ознак молочної продуктивності корів від надою матерів їх батька за вищу лактацію, то варто зазначити, що за обидві лактації найменш продуктивними виявилися корови, надій матерів батьків яких не перевищував 10000 кг, а найбільш продуктивними були тварини, надій матерів батьків яких сягав 14000–14999 кг, незначно їм поступалися ровесниці з надоєм матерів батьків 15000 кг і більше, надій яких за першу лактацію становив 7505, а за третю 8892 кг (табл. 4). Різниця за надоєм між підконтрольними групами тварин коливалася від вірогідного до невірогідного рівня і за першу лактацію знаходилася в межах 253–2611, за третю – в межах 195–3252, а за кількістю молочного жиру – в межах 9,3–93,4 та 5,4–114,0 кг відповідно. За жирномолочністю первісток різниця, залежно від продуктивності матерів батьків за вищу лактацію, коливалася від 0,01 до 0,08, а повновікових корів – від 0,03 до 0,11 %. Слід зазначити, що у більшості випадків різниця за досліджуваними ознаками молочної продуктивності між тваринами підконтрольних груп була достовірною (P < 0,05– P < 0,001).

Таблиця 4

Залежність ознак молочної продуктивності корів від надою матері батька за вищу лактацію, M ± m

Надій матерів батьків за вищу лактацію, кг	К-ть пар	Молочна продуктивність корів за					
		I лактацію			III лактацію		
		надій, кг	жир,%	молочний жир, кг	надій, кг	жир,%	молочний жир, кг
До10000	149	4976 ± 108,3	3,75 ± 0,008***	186,7 ± 4,01	5723 ± 103,3	3,76 ± 0,011***	215,2 ± 4,11
10000–10999	124	5229 ± 111,6	3,75 ± 0,008***	196,0 ± 4,08	5918 ± 121,6	3,75 ± 0,009***	221,9 ± 4,63
11000–11999	196	5238 ± 79,9	3,76 ± 0,006***	197,0 ±3,07*	5927 ± 105,2	3,72 ± 0,009***	220,6 ± 3,74
12000–12999	183	6143 ± 110,8***	3,72 ± 0,006***	228,6 ± 4,11***	6701 ± 109,7***	3,70 ± 0,007***	248,0 ± 4,13***
13000–13999	399	6602 ± 91,1***	3,68 ± 0,005	243,0 ± 3,25***	7324 ± 85,4***	3,70 ± 0,008	271,0 ± 3,46***
14000–14999	121	7587 ± 163,5***	3,69 ± 0,007*	280,1 ± 6,13***	8945 ± 143,8***	3,68 ± 0,012*	329,2 ± 6,15***
15000 і більше	273	7505 ± 102,9***	3,67 ± 0,006	275,5 ± 3,96***	8892 ± 89,6***	3,65 ± 0,008	324,6 ± 3,78***

Важливе теоретичне й практичне значення для селекційної роботи з молочною худобою має дослідження зв'язків між ознаками молочної продуктивності корів і рівнем надою їх материнських предків. Визначення таких зв'язків дозволяє не лише виявити ступінь та напрям, але й широко використовувати їх для інтенсифікації селекційного процесу. Такі результати сприяють оптимізації системи оцінки й добору тварин у напрямі підвищення генетичного потенціалу молочності корів.

Встановлено, що між надоєм матерів за вищу лактацію та їх дочок за першу і третю лактації виявлені високовірогідні коефіцієнти кореляції (табл. 5). Достовірна співвідносна мінливість (P < 0,001) між на-

званими групами тварин спостерігалася і за вмістом жиру в молоці та кількістю молочного жиру. При цьому варто зазначити, що з віком тварин ці зв'язки посилювалися.

Таблиця 5

Зв'язок надою материнських предків з ознаками молочної продуктивності їхніх потомків, $r \pm m_r$

Поєднання знак	Кількість пар	I лактація	III лактація
Надій матерів за вищу лактацію			
Надій	1923	0,206 ± 0,020***	0,223 ± 0,023***
Вміст жиру в молоці		0,144 ± 0,023***	0,166 ± 0,027***
Кількість молочного жиру		0,208 ± 0,018***	0,235 ± 0,029***
Надій матерів матерів за вищу лактацію			
Надій	1907	0,137 ± 0,024***	0,143 ± 0,028***
Вміст жиру в молоці		-0,065 ± 0,018**	-0,058 ± 0,030*
Кількість молочного жиру		0,150 ± 0,024***	0,155 ± 0,025***
Надій матерів батьків за вищу лактацію			
Надій	1945	0,218 ± 0,020*	0,161 ± 0,030
Вміст жиру в молоці		0,059 ± 0,022	0,135 ± 0,027
Кількість молочного жиру		0,230 ± 0,021*	0,190 ± 0,029*

Дещо меншої сили, але також достовірні зв'язки спостерігалися і між надоєм матерів матерів за вищу лактацію та надоєм, вмістом жиру в молоці та кількістю молочного жиру їх онучок, втім коефіцієнти кореляції між надоєм бабусь і жирномолочністю онучок були від'ємними.

Найсуттєвішими з поміж досліджуваних груп тварин виявилися зв'язки між надоєм матерів батьків та їх онучок-первісток за дещо нижчого рівня статистичної значущості. Подібна картина спостерігалася і за кількістю молочного жиру між названими групами тварин. Щодо повновікових корів, то кореляція між надоєм бабусь по батьківській лінії і надоєм онучок була дещо меншою і недостовірною, однак між надоєм бабусь і кількістю молочного жиру онучок вона сягала першого рівня статистичної значущості.

Співвідносна мінливість надою матерів батьків та вмісту жиру в молоці онучок була невірогідною, втім з віком тварин вона зростала – від 0,059 у первісток до 0,135 у повновікових корів.

Виявити вплив різних чинників на формування ознак молочної продуктивності корів дозволяє дисперсійний аналіз (табл. 6). З'ясовано, що надій материнських предків найсуттєвіший і достовірний вплив справляв на надій та вміст жиру в молоці корів. Залежно від категорії предків та лактації він коливався від 11,24 ($P < 0,05$) до 48,14 ($P < 0,001$), при цьому з віком тварин він послаблювався. Слід відмітити, що найсуттєвіший вплив на досліджувані ознаки молочної продуктивності корів справляв надій матерів батьків, а найменше на надій та вміст жиру в молоці тварин впливав надій їх матерів матерів.

Таблиця 6

Сила впливу надою материнських предків на ознаки молочної продуктивності їхніх потомків, $\eta_x^2 \pm m_\eta$

Поєднання знак	Кількість пар	I лактація	III лактація
Надій матерів за вищу лактацію			
Надій	1923	35,89**	16,75**
Вміст жиру в молоці		3,71	2,48
Кількість молочного жиру		36,44**	20,13**
Надій матерів матерів за вищу лактацію			
Надій	1907	31,11**	11,24*
Вміст жиру в молоці		3,73	2,88
Кількість молочного жиру		11,03*	12,47*
Надій матерів батьків за вищу лактацію			
Надій	1945	48,14***	46,73***
Вміст жиру в молоці		13,45*	13,11*
Кількість молочного жиру		51,86***	34,49***

Обговорення

Отримані результати свідчать, що молочна продуктивність корів української чорно-рябої молочної породи перебуває під істотним генетичним контролем і значною мірою зумовлена продуктивністю тварин попередніх поколінь. Це підтверджується вірогідними міжгруповими різницями надоїв первісток і повновікових корів залежно від рівня надою їх матерів, матерів матерів і матерів батьків.

За даними Honcharenko (2005) позитивний фенотиповий і генетичний кореляційний зв'язок між надоєм дочок і матерів становив 0,48–0,56, у дослідженнях Otwinowska-Mindur et al. (2025) та Miglior et al. (2012) спадковість надою оцінювалася на рівні 0,35–0,50.

За результатами наших спостережень, з підвищенням надою матерів спостерігається зниження вмісту

жиру в молоці дочок, що свідчить про антагоністичний зв'язок між цими ознаками. Подібні закономірності відзначали Haile-Mariam & Pryce (2015) та Olechnowicz & Jaskowski (2010), які вказують, що збільшення надоїв супроводжується певним зменшенням жирності молока через фізіологічні особливості лактогенезу. У нашому дослідженні різниця за вмістом жиру між крайніми групами становила 0,15–0,40 %, що є підтвердженням зазначеної тенденції.

Вплив матерів матерів на продуктивність корів виявився менш вираженим, однак залишався статистично достовірним. Найвищі надої спостерігалися у тварин, бабусі по материнській лінії яких мали надої понад 7000 кг, тоді як потомство тварин із низьким надоєм (до 4000 кг) поступалося їм у середньому на 400–700 кг. Ці результати узгоджуються з дослідженнями Федоровича (2021), який зазначав, що вплив другого покоління родоводу зменшується, але все ще становить r = 0,25–0,33, що свідчить про збереження частини адитивної генетичної варіації у нащадків.

Особливої уваги заслуговують результати щодо матерів батьків, які відіграють ключову роль у формуванні племінної цінності бугаїв. Виявлено, що дочки від бугаїв, матері яких характеризувалися надоями 14000–14999 кг, мали найвищі показники надою – 7587 кг за першу та 8945 кг за третю лактації. Ці дані узгоджуються з висновками Jamrozik et al. (1997) і Weller & Ezra (2025), які довели, що продуктивність матерів батьків є одним із найнадійніших предикторів генетичного потенціалу нащадків, що враховується при розрахунку індексу племінної цінності (EBV).

Порівняння отриманих результатів із даними інших авторів свідчить, що величина кореляцій між поколіннями за показниками надою в нашому дослідженні є дещо вищою, ніж у роботах Zwald et al. (2004) (r = 0,32–0,46), що, ймовірно, пов'язано із більш однорідним типом умов утримання та годівлі у підконтрольному господарстві. За твердженням Zwald et al. (2004), підвищення рівня стабільності годівлі сприяє більш повній реалізації генетичного потенціалу корів, що також підтверджується нашими результатами.

Отримані нами результати узгоджуються із закономірностями, виявленими у інших породах молочної худоби (Miglior et al., 2012; Otwinowska-Mindur et al., 2025; Weller & Ezra, 2025), і можуть бути використані для удосконалення селекційних програм у вітчизняних стадах. Впровадження систем оцінки, що враховують надої предків щонайменше трьох поколінь, забезпечить підвищення точності добору та сприятиме формуванню високопродуктивних ліній молочної худоби.

Висновки

1. Проведене дослідження підтверджує, що рівень молочної продуктивності корів має полігенну спадкову основу і зумовлений комплексною дією генетичних факторів трьох ланок родоводу. Найбільший вплив на фенотипові прояви нащадків мають матері батьків, дещо менший – матері і відносно слабший – матері матерів.

2. Найвищими надоями характеризувалися корови, продуктивність матерів яких сягала 9000 кг і більше, матерів матерів – 8000 кг і більше (I лактація) та 7000-7999 кг (III лактація) та матерів батьків – 14000–14999 кг.

3. Між надоєм материнських предків та ознаками молочної продуктивності корів спостерігалися різної сили та напряму зв'язки і у більшості випадків вони були статистично значущими.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо викладу результатів досліджень.

References

Bashchenko, M. I., & Ruban, S. Iu. (2011) Suchasni metody selektsii molochnoi khudoby. Rozvedennia i henetyka tvaryn [Modern methods of dairy cattle breeding.]. Animal Breeding and Genetics, 45, 3–7. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/rgt_2011_45_3 (in Ukrainian).

Boiko, Yu. M. (2015) Vplyv henotypovykh ta paratypovykh faktoriv na oznaky molochnoi produktyvnosti koriv ukrainskoi buroi molochnoi porody [The influence of genotypic and paratypic factors on the milk productivity traits of Ukrainian Brown dairy cows] Bulletin of Sumy National Agrarian University. The series: Livestock, 2, 34–37 http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vsna_tvar_2015_2_7 (in Ukrainian).

Fedorovych, Ye., Mazur, N., & Fedorovych, V. (2018). Henetychne formuvannia produktyvnoho dovholittia koriv ukrainskoi chervono-riaboi molochnoi porody [Genetic formation of productive longevity in cows of the Ukrainian red-and-white dairy breed]. Animal Husbandry of Ukraine, (2-3), 28–34 (in Ukrainian).

Gaddis, K. P., Cole, J. B., Clay, J. S., & Maltecca, C. (2014). Genomic selection for producer-recorded health event data in US dairy cattle. Journal of Dairy Science, 97(5), 3190–3199. DOI: 10.3168/jds.2013-7543.

Haile-Mariam, M., & Pryce, J. E. (2015). Variances and correlations of milk production, fertility, longevity, and type traits over time in Australian Holstein cattle. Journal of Dairy Science, 98(10), 7364–7379. DOI: 10.3168/jds.2015-9537.

Honcharenko, I. V. (2005). Spadkovist rodyn u henetychnii strukturi holshtynskoi porody. [Heredity Of Families In The Genetic Structure Of The Holstein Breed] Kyiv: Ahrarna nauka (in Ukrainian).

Jamrozik, J., Schaeffer, L. R., & Dekkers, J. C. M. (1997). Genetic evaluation of dairy cattle using test day yields and random regression model. Journal of Dairy Science, 80(6), 1217–1226. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(97)76050-8.

Kuziv, N. M., Fedorovych, Ye. I., & Kuziv, M. I. (2018). Vplyv materiv na molochnu produktyvnist dochok chorno-riaboi porody zarubizhnoi selektsii [The influence of mothers on the milk productivity of daughters of the black-and-white breed of foreign selection] The Animal Biology, 20(3) (in Ukrainian).

Miglior, F., Chesnais, J., & Van Doormaal, B. (2012). Genetic improvement: a major component of increased dairy farm profitability. Invited Presentation at 38th ICAR Biennial Session held in Cork, Ireland.

Olechnowicz, J., & Jaskowski, J. M. (2010). Impact of clinical lameness, calving season, parity, and month of lactation on milk, fat, protein, and lactose yields during early lactation of dairy cows. Bull Vet Inst Pulawy, 54(4), 605–610.

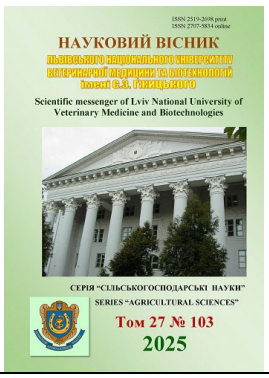
Otwinowska-Mindur, A., Ptak, E., Jagusiak, W., & Zarnecki, A. (2025). Genetic parameters for milk production traits of Simmental cows with random regression test-day model. animal, 19(2), 101395. DOI: 10.1016/j.animal.2024.101395.

Petrovska, I. R., Salyha, Yu. T., & Vudmaska, I. V. (2022). Statystychni metody v biolohichnykh doslidzhenniakh: naukovo-metodychnyi posibnyk [Statistical methods in biological research: scientific-methodical guide]. Kyiv: Ahrarna nauka. (in Ukrainian).

Shuliar, A. L., Omelkovych, S. P., Tkachuk, V. P., & Andriichuk, V. F. (2020). Henetychna zumovlenist hospodarsky korysnykh oznak koriv ukrainskoi chorno-riaboi molochnoi porody [Genetic Determination Of Economically Valuable Traits In Cows Of The Ukrainian Black-And-White Dairy Breed]. Animal Breeding and Genetics, 60, 92–98. DOI: 10.31073/abg.60.12 (in Ukrainian).

Weller, J. I., & Ezra, E. (2025). Genetic analysis of BCS in the Israeli Holstein dairy cattle population. Journal of Dairy Science, 108(6), 6151–6160. DOI: 10.3168/jds.2024-25473.

Zwald, N. R., Weigel, K. A., Chang, Y. M., Welper, R. D., & Clay, J. S. (2004). Genetic selection for health traits using producer-recorded data. I. Incidence rates, heritability estimates, and sire breeding values. Journal of dairy science, 87(12), 4287–4294. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(04)73573-0.



Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького. Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences

ISSN 2519–2698 print
ISSN 2707-5834 online
doi: 10.32718/nvlvet-a10332
https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture

UDC 636.32/.38:612.1:636.087.7

Haematological and biochemical blood indices and mineral composition of milk in Ukrainian Carpathian sheep

V. V. Fedorovych[1]✉, S. V. Chugaev[2]

[1]*Institute of animal biology NAAS, Lviv, Ukraine*
[2]*Institute of Animal Breeding and Genetics nd. a. M.V. Zubets NAAS, Kyiv, Ukraine*

Article info

Received 18.08.2025
Received in revised form 22.09.2025
Accepted 23.09.2025

Institute of Animal Biology NAAS, Vasyl Stus Str., 38, Lviv, 79034, Ukraine.
Tel.: +38-032-270-23-89
E-mail: logir@ukr.net

Institute of Animal Breeding and Genetics nd. a. M. V. Zubets NAAS, Pogrebnyaka Str., 1, Chubynske, Kiev region, 08321, Ukraine.

Fedorovych, V. V., & Chugaev, S. V. (2025). Haematological and biochemical blood indices and mineral composition of milk in Ukrainian Carpathian sheep. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 27(103), 268–273. doi: 10.32718/nvlvet-a10332

Hematological and biochemical blood parameters are important criteria for assessing the physiological state of animals. They reflect the intensity of metabolic processes, the level of adaptation to environmental conditions, the quality of feeding, and the state of homeostasis. It is known that blood composition is closely related to the processes occurring in the mammary gland, since milk components are synthesized from substances transported by the blood. Therefore, studying the mineral composition of milk is a logical continuation of the analysis of the physiological state of animals and allows evaluating the efficiency of nutrient utilization circulating in the blood. Given the above, the aim of our research was to investigate the hematological and biochemical parameters of blood and the mineral composition of milk in Ukrainian Mountain Carpathian sheep kept in different natural and climatic zones (foothill and mountain). The study was conducted on lactating ewes of the Ukrainian Mountain Carpathian breed in two farms located in different natural and climatic zones – the Baikovo Farm (FG "Baikovo") in the village of Lipcha, Khust district (foothill/lowland zone) and the Bansky Farm (SFG "Bansky") in the village of Luh, Rakhiv district (mountain zone). The results of our research show that in the blood of sheep from the mountain zone, the number of erythrocytes was significantly higher compared to their peers from the lowland zone by 10.5 T/L (P < 0.05); hemoglobin content – by 9.8 g/L (P < 0.01); hematocrit – by 2.5 % (P < 0.05); AST activity – by 8.3 U/L (P < 0.05); and ALT activity – by 3.7 U/L (P < 0.05). Conversely, the number of leukocytes, total protein, phosphorus, and calcium content were lower, although not significantly. The obtained results indicate a high level of physiological adaptation of Ukrainian Mountain Carpathian sheep to different breeding conditions (lowland and mountain zones) in the Carpathian region. Our studies also revealed intergroup differentiation in the content of micro- and macroelements in the milk of sheep from different breeding zones. Thus, the concentrations of iron, zinc, cobalt, and copper in the milk of ewes from the foothill zone were higher compared to their peers from the mountain zone by 2.8 (P < 0.05), 1.2, 0.09, and 0.33 µg/kg (P < 0.01), respectively, while manganese content was higher in the milk of mountain-zone sheep by 0.34 µg/kg (P < 0.01). The lower concentrations of some trace elements (iron, zinc, cobalt, and copper) in the milk of ewes grazing on lowland pastures were probably associated with higher milk yields compared to sheep kept in mountainous areas.

Keywords: *Ukrainian Mountain Carpathian sheep, blood, milk, hematological and biochemical parameters, mineral composition of milk.*

Гематологічні й біохімічні показники крові та мінеральний склад молока овець українсько гірськокарпатської породи

В. В. Федорович[1]✉, С. В. Чугаєв[2]

[1]*Інститут біології тварин НААН, м. Львів, Україна*
[2]*Інститут розведення і генетики тварин імені М.В. Зубця НААН, с. Чубинське, Київська обл., Україна*

Важливими критеріями фізіологічного стану організму тварин є гематологічні та біохімічні показники крові. Вони відображають інтенсивність обмінних процесів, рівень адаптації до умов навколишнього середовища, якість годівлі та стан гомеостазу. Відомо, що склад крові тісно пов'язаний із процесами, які відбуваються в молочній залозі, оскільки компоненти молока синтезуються з речовин, що транспортуються кров'ю. Тому дослідження мінерального складу молока є логічним продовженням аналізу фізіологічного стану тварин і дозволяє оцінити ефективність використання поживних речовин, що циркулюють у крові. З огляду на зазначене, метою наших досліджень було дослідити гематологічні й біохімічні показники крові та мінеральний склад молока овець української гірськокарпатської породи з різних природно-кліматичних зон (передгірської та гірської) їх розведення. Дослідження проведені на лактуючих вівцематках української гірськокарпатської породи у двох господарствах, що знаходяться у різних природно-кліматичних зонах – ФГ "Байково" с. Липча Хустського району (передгірська (низинна) зона) та СФГ "Банський" с. Луг Рахівського району (гірська зона). Результати наших досліджень свідчать, що у крові овець з гірської зони кількість еритроцитів у крові, порівняно з ровесницями з низинної зони, була вірогідно вищою на 10,5 Т/л (P < 0,05), вміст гемоглобіну – на 9,8 г/л (P < 0,01), гематокритне число – на 2,5 % (P < 0,05), активність АсАТ – на 8,3 од./л (P < 0,05) та активність АлАТ – на 3,7 од./л (P < 0,05), натомість кількість лейкоцитів, вміст загального білка та фосфору й кальцію, навпаки, були, хоч і невірогідно, але нижчими. Отримані результати свідчать про високий рівень фізіологічної адаптації українських гірськокарпатських овець до різних умов розведення (низинна і гірська зони) Карпатського регіону. Результатами наших досліджень встановлено міжгрупову диференціацію за вмістом мікро - та макроелементів в молоці овець з різних зон розведення. Так, вміст у молоці вівцематок з передгірської зони заліза, цинку, кобальту та міді був вищим, порівняно з ровесницями з гірської зони відповідно на 2,8 (P < 0,05), 1,2, 0,09 та 0,33 мкг/кг (P < 0,01), водночас вміст марганцю вищим був у молоці овець з гірської зони на 0,34 мкг/кг (P < 0,01). Менший вміст у молоці деяких мікроелементів, зокрема заліза цинку, кобальту та міді) за умов утримання вівцематок на низинних пасовищах зумовлений, мабуть, вищими надоями, ніж у овець з гірської зони.

Ключові слова: *українська гірськокарпатська порода овець, кров, молоко, гематологічні та біохімічні показники крові, мінеральний склад молока.*

Вступ

Українська гірськокарпатська порода овець сформована в умовах Карпат і є цінним генетичним ресурсом для гірських регіонів. Важливими критеріями фізіологічного стану організму тварин є гематологічні та біохімічні показники крові. Вони відображають інтенсивність обмінних процесів, рівень адаптації до умов навколишнього середовища, якість годівлі та стан гомеостазу. Для овець, що утримуються в різних природно-кліматичних зонах, кров є об'єктивним індикатором адаптаційних механізмів (Sydir, 2012; Fotina & Zazharska, 2016; Kawęcka & Radkowska, 2023).

У вівчарстві гематологічний профіль дозволяє оцінити вплив пасовищних умов, кліматичних факторів, висотного розташування та кормової бази на метаболізм тварин. За даними Mokdat Sanaa (2024), Fotina & Zazharska (2016), у гірських районах через підвищене фізичне навантаження та нижчий рівень кисню в атмосфері у овець часто спостерігається підвищення концентрації еритроцитів і гемоглобіну.

Відомо, що склад крові тісно пов'язаний із процесами, які відбуваються в молочній залозі, оскільки компоненти молока синтезуються з речовин, що транспортуються кров'ю. Зокрема, рівень загального білка та ферментативна активність у сироватці відображають білковий обмін, а концентрації кальцію та фосфору – мінеральний обмін. Тому дослідження мінерального складу молока є логічним продовженням аналізу фізіологічного стану тварин і дозволяє оцінити ефективність використання поживних речовин, що циркулюють у крові (Burda et al., 2009; Fotina & Zazharska, 2016).

Молоко дрібної рогатої худоби, зокрема овець, є важливим харчовим продуктом і цінною сировиною для виробництва кисломолочних і сироварних продуктів. Воно містить повний комплекс поживних речовин – білки, жири, вуглеводи, ферменти, вітаміни та мінеральні елементи, які мають важливе значення для нормальної життєдіяльності організму людини. Саме мінеральні компоненти, що беруть участь у побудові кісткової тканини, регуляції кислотно-лужного балансу, синтезі гормонів і ферментів, визначають високу біологічну цінність молока (Sydir, 2012; Sedilo et al., 2015; Pokhyl & Mykolaichuk, 2023).

Мінеральний склад молока є одним із найбільш варіабельних показників, який формується під впливом ряду генетичних, фізіологічних, кормових і екологічних чинників (Cividini et al., 2019; Kawęcka & Radkowska 2023). Значну роль відіграють природно-кліматичні умови регіону, в якому утримуються тварини, оскільки саме мінеральний склад ґрунтів і рослинності зумовлює рівень надходження мікро- і макроелементів до організму тварин.

Мета дослідження

З огляду на зазначене, метою наших досліджень було дослідити гематологічні й біохімічні показники крові та мінеральний склад молока овець української гірськокарпатської породи з різних природно-кліматичних зон (передгірської та гірської) їх розведення.

Матеріал і методи досліджень

Дослідження проведені на лактуючих вівцематках української гірськокарпатської породи у двох господарствах, що знаходяться у різних природно-кліматичних зонах – ФГ "Байково" с. Липча Хустського району (передгірська (низинна) зона) та СФГ "Банський" с. Луг Рахівського району (гірська зона). Для проведення експериментальних досліджень було відібрано за принципом аналогів за фізіологічним станом, живою масою і віком по 20 лактуючих вівцематок з кожної зони: I група – тварини з ФГ "Байково"); II група – тварини з СФГ "Банський". Тварини обох груп у осінньо-весняний період отримували однакові раціони, які забезпечували основні елементи живлення овець за існуючими нормами.

На другому-третьому місяці третьої лактації у овець з гірської та передгірської зон було відібрано кров та середні проби молока, у яких дослідили вміст мікро- та макроелементів. Кров відбирали з яремної вени у ранкові години перед годівлею та визначали у ній такі показники: кількість еритроцитів і лейкоцитів, вміст гемоглобіну, гематокрит визначали на гематологічному аналізаторі "Muthic 18", вміст загального білка, кальцію та фосфору, активність аспартат- та аланінамінотрансферази – на біохімічному аналізаторі "Humalyzer 200".

У середніх зразках молока за добу (дворазове ручне доїння) визначали вміст Mg, Fe, Zn, Ni, Co, Mn, Cr, Cu за допомогою атомно-адсорбційного спектрофотометра С-115 ПК (SELMI).

Статистичну обробку результатів досліджень здійснювали методами математичної статистики і біометрії з використанням програмного забезпечення Microsoft Excel. Ступінь міжгрупової диференціації оцінювали шляхом порівняння групових середніх арифметичних величин за кожною досліджуваною ознакою. Достовірність (вірогідність) різниці між груповими середніми оцінювали за критерієм достовірності Ст'юдента (t). Різницю між середніми значеннями вважали статистично вірогідною при $P < 0,05$ (*), $P < 0,01$ (**), $P < 0,001$ (***).

Результати та їх обговорення

Результати наших досліджень свідчать, що у крові овець з гірської зони кількість еритроцитів у крові, порівняно з ровесницями з низинної зони, була вірогідно вищою на 10,5 Т/л ($P < 0,05$), а вміст гемоглобіну – на 9,8 г/л ($P < 0,01$). Підвищення кількості еритроцитів і вмісту гемоглобіну у тварин з гірської зони свідчить про активацію процесів кровотворення у відповідь на знижений парціальний тиск кисню у високогір'ї. Аналогічні дані отримали у своїх дослідженнях Burda et al. (2009) та Fotina & Zazharska (2016). Автори зазначають, що у гірських популяцій овець і кіз формується компенсаторна еритроцитозгемоглобінова реакція.

Таблиця 1
Гематологічні показники крові овець з різних зон розведення (M ± m, n = 10)

Показник	Передгірська зона	Гірська зона
Еритроцити, Т/л	8,10 ± 0,21	8,95 ± 0,25*
Гемоглобін, г/л	98,2 ± 2,4	107,8 ± 2,8**
Гематокрит, %	33,4 ± 0,7	35,9 ± 0,8*
Лейкоцити, Г/л	7,8 ± 0,31	8,2 ± 0,28
Загальний білок, г/л	72,5 ± 1,5	70,1 ± 1,6
Кальцій, ммоль/л	2,38 ± 0,07	2,51 ± 0,06
Фосфор, ммоль/л	1,69 ± 0,04	1,73 ± 0,03
АсАТ, од./л	73,2 ± 2,9	81,5 ± 3,1*
АлАТ, од./л	24,1 ± 1,1	27,8 ± 1,0*

Про пристосувальну реакцією організму до специфічних екологічних умов проживання тварин вказує гематокритне число, яке характеризує співвідношення формених елементів і плазми крові. У вівцематок української гірськокарпатської породи воно варіювало, залежно від зони утримання. У тварин, що утримувалися в передгірській зоні, цей показник становив у середньому 33,4 %, тоді як у вівцематок з гірської зони воно було більшим на 2,5 % ($P < 0,05$), що свідчить про добрий фізіологічний стан овець.

Зростання гематокритного числа у гірських овець узгоджується з результатами Jiménez-Penago et al. (2021), які відзначали, що підвищений гематокрит характерний для тварин, адаптованих до гірських умов. Це сприяє покращенню оксигенації тканин і підвищенню витривалості.

Кількість лейкоцитів у вівцематок обох груп знаходилася в межах фізіологічної норми – 7,8–8,2 Г/л, що свідчить про задовільний імунний статус організму тварин. Незначне підвищення вмісту лейкоцитів у вівцематок з гірської зони може бути пов'язане з вищою антигенною стимуляцією в умовах природного пасовища.

Відомо, що на розвиток організму тварин та обмінні процеси значно впливають білки. Вміст загального білка у сироватці крові овець передгірської зони становив у середньому 72,5 г/л, що більше, ніж у ровесниць з гірської зони на 2,4 г/л. Незначне зниження цього показника у гірських овець може бути пов'язане з підвищеною витратою білка на адаптаційні процеси та енергетичний обмін. За даними Hladii (2022), концентрація загального білка в крові жуйних тварин є чутливим маркером білкового обміну і значно залежить від фізіологічного стану тварини, раціону та кліматичних умов. Аналогічні закономірності виявлені у вівцематок української гірськокарпатської породи в дослідженнях Sydir (2012) та Burda et al. (2010).

Важливу роль у загальному метаболізмі організму тварин та підтриманні фізіологічної рівноваги відіграє мінеральний обмін. Серед мінеральних елементів особливе значення мають кальцій і фосфор, які беруть участь у формуванні кісткової тканини, регуляції нервово-м'язової провідності, процесах згортання крові та енергетичного обміну. Дослідження рівня кальцію і фосфору у крові овець є важливим для оцінки їхнього фізіологічного стану та адаптаційних можливостей організму в різних умовах утримання. Показники вмісту кальцію й фосфору у крові тварин обох зон знаходилися у межах фізіологічної норми (2,3–2,6 ммоль/л для Са та 1,6–1,9 ммоль/л для Р). Втім, у овець з гірської зони спостерігалася тенденція до дещо вищої концентрації кальцію – на 0,13 ммоль/л, порівняно з ровесницями з низинної зони.

Ключовими індикаторами білкового обміну та функціонального стану печінки у тварин є ферменти переамінування. Слід відмітити, що за активністю аспартатамінотрансферази (АсАТ) та аланінамінотрансферази (АлАТ) між тваринами підконтрольних груп відмічені найбільш виражені міжзональні відмінності. У крові овець з гірської зони активність АсАТ достовірно перевищувала показники тварин з передгірської зони на 8,3 од./л ($P < 0,05$). Подібна тенденція характерна і для АлАТ. Цей показник був вірогідно вищим у овець з СФГ "Банський", ніж у тварин з ФГ "Байково" на 3,7 од./л ($P < 0,05$). Nazifi et al. (2003), Kovacik

et al. (2017), Piccione et al. (2010) повідомляють, що підвищення активності трансаміназ у гірських тварин може свідчити про інтенсифікацію білкового та енергетичного обміну, пов'язану з адаптацією до гіпоксичних умов та підвищеними енергетичними витратами.

Важливими індикаторами фізіологічного стану тварин, рівня їхнього обміну речовин та адаптаційних можливостей організму до умов середовища є біохімічні показники крові, зокрема вміст загального білка, кальцію, фосфору. Ці параметри є ключовими критеріями функціонального стану печінки, м'язової тканини та метаболічної адаптації організму до умов зовнішнього середовища. Вони відображають інтенсивність процесів асиміляції й дисиміляції, стан білкового, вуглеводного, ліпідного та мінерального й ферментативного обміну, а також функціональну активність внутрішніх органів (Stapai et al., 2016).

Показники білкового обміну демонструють тенденцію до зниження рівня загального білка у крові гірських овець. Подібні результати наводить Bezukh et al. (2019), який пояснює це більшими енергетичними витратами і використанням білків як джерела енергії в умовах високогір'я.

Активність ферментів АсАТ і АлАТ була вищою у тварин гірської зони ($P < 0,05$), що свідчить про більш інтенсивний енергетичний обмін і навантаження на печінку. Це збігається з даними Kovacik et al. (2017) де вказано, що підвищення амінотрансфераз у жуйних з гірських районів може бути адаптаційною реакцією на зміну режиму аерації та кормову різноманітність.

Це може бути наслідком збагаченості гірських пасовищ травами з вищим умістом Ca і P (Fotina & Zazharska, 2016).

Встановлені особливості хімічного складу крові у підконтрольних тварин свідчать про стан обмінних процесів у період лактації, що безпосередньо впливає на формування молока. Кров забезпечує молочну залозу всіма необхідними сполуками, у тому числі мінеральними елементами, які визначають якість та поживну цінність продукції. Тому важливим є дослідити вміст мінеральних речовин у молоці вівцематок.

Результатами наших досліджень встановлено міжгрупову диференціацію за вмістом мікро - та макроелементів в молоці овець з різних зон розведення (табл. 2). Так, у молоці тварини з передгірської зони вміст заліза становив 18,7, цинку – 61,0, кобальту – 2,08 та міді 2,18 мкг/кг, що більше порівняно з ровесницями з гірської зони відповідно на 2,8 ($P < 0,05$); 1,2; 0,09 та 0,33 мкг/кг ($P < 0,01$). Натомість вміст марганцю вищим був у молоці овець з гірської зони. За цим показником вони вірогідно переважали ровесниць з передгірської зони на 0,34 мкг/кг ($P < 0,01$). Менший вміст у молоці деяких мікроелементів, зокрема заліза цинку, кобальту та міді) за умов утримання вівцематок на низинних пасовищах зумовлений, мабуть, вищими надоями, ніж у овець з гірської зони.

Подібну закономірність описують Loboiko & Vlizlo (2024), які відзначали, що вміст цих елементів у молоці корів і овець знижується у високогірних районах через меншу доступність мікроелементів у ґрунтах та травостої. На відміну від низинних пасовищ, гірські мають більш кислі ґрунти, де активність рухомих форм міді й цинку нижча, що призводить до дефіциту цих елементів у кормах (Brugger et al., 2022).

Таблиця 2

Вміст мікроелементів у молоці овець з різних зон розведення, мкг/кг (n = 10)

Назва мікроелемента	Зона розведення овець	
	передгірська	гірська
Залізо	18,7 ± 0,52	15,9 ± 0,75
Цинк	61,0 ± 0,78	58,8 ± 0,98
Кобальт	2,08 ± 0,069	1,99 ± 0,055
Марганець	2,37 ± 0,066	2,71 ± 0,057
Мідь	2,18 ± 0,071	1,85 ± 0,050

Цікаво, що за рівнем заліза отримані нами дані близькі до результатів Stapai et al. (2016), які для карпатських популяцій овець повідомляли про середні значення Fe – 16,2–19,5 мкг/кг залежно від регіону випасання. Це свідчить про стабільність показника в межах породи, але й про вплив кормової бази, особливо насиченості залізом ґрунтів низинних долин.

Щодо цинку, то наші результати узгоджуються з даними Chia et al. (2017) та Nguyen (2022), які вказують, що середній уміст Zn у овечому молоці варіює в межах 55–65 мкг/кг і може підвищуватися при інтенсивному типі годівлі. Таким чином, вищі показники у передгірській групі можна пояснити використанням більш збалансованої годівлі, зокрема концентрованих кормів, які містять добавки мікроелементів.

Про вищий рівень марганцю (2,71 мкг/кг) у молоці тварин гірської зони повідомляють Toman et al. (2023), які зазначали, що рослинність високогірних пасовищ Карпат і Татр характеризується підвищеним умістом Mn та Fe. Аналогічні тенденції описані у роботі Wójtowski et al. (2023) для польських подгальських овець: у молоці тварин, що випасалися у гірській місцевості, рівень марганцю був на 8–12 % вищим, ніж у передгірських господарствах.

Подібні результати щодо вмісту міді у молоці вівцематок отримав у своїх дослідженнях Almášiová et al. (2023), який зазначав, що дефіцит Cu у молоці часто спостерігається у тварин, що випасаються у гірських регіонах з кислими ґрунтами. Крім того, Fotina & Zazharska (2016) підкреслювали, що вищі надої у передгірських господарствах можуть призводити до активнішого обміну речовин і, відповідно, до вищого рівня транспорту міді у молоко.

Порівняльний аналіз свідчить, що певна різниця між вівцями з різних зон розведення спостерігалася і за вмістом у молоці макроелементів (табл. 3). Найбільша кількість магнію відмічена у молоці овець, які випасалися на високогірних полонинах – 0,103 г/кг, що достовірно вище на 0,017 г/кг, ніж у молоці вівцематок з низинної зони. За вмістом кальцію різниця між вищеназваними групами тварин була несуттєвою і знаходилася в межах 0,04 г/кг, а вміст у молоці фосфору у овець обох груп був майже однаковим – в передгірській зоні – 1,10, а в гірській – 1,11 г/кг.

Достовірно вищий вміст магнію у молоці тварин з гірської зони порівняно з ровесницями з низинної спостерігали Wójtowski et al. (2023) та Stapai et al.

(2016). Автори встановили прямий зв'язок між вмістом Mg у траві гірських полонин, багатій на мінерали, і його рівнем у молоці.

Щодо кальцію та фосфору, наші дані цілком співпадають з результатами досліджень Li et al. (2022) та Hrković-Porobija et al. (2021), які відзначали, що концентрації цих макроелементів у молоці овець є найбільш стабільними і мало залежать від регіону, періоду лактації чи складу кормів.

Таблиця 3

Вміст макроелементів у молоці овець з різних зон розведення, мкг/кг (n = 10)

Назва макроелемента	Зона розведення овець	
	передгірська	гірська
Магній	0,086 ± 0,0027	0,103 ± 0,0031
Кальцій	1,51 ± 0,071	1,55 ± 0,064
Фосфор	1,10 ± 0,063	1,11 ± 0,057

Таким чином, отримані нами результати узгоджуються з рядом публікацій вітчизняних та зарубіжних дослідників, які також відзначали регіональні коливання вмісту мікро- і макроелементів у молоці жуйних тварин (Burda et al., 2010; Fotina & Zazharska, 2016; Chia et al., 2017; Hrković-Porobija et al., 2021; Wójtowski et al., 2023).

Висновки

1. Таким чином, гематологічні та біохімічні показники крові овець української гірськокарпатської породи залежать від природно-кліматичних умов розведення. Гематологічні параметри свідчать про вищу фізіологічну напруженість обміну речовин у тварин гірської зони, що є проявом їхньої адаптації до умов високогір'я. Підвищені еритроцитарні показники, активність ферментів і стабільність мінерального профілю є критеріями добре сформованих адаптаційних механізмів овець української гірськокарпатської породи. Водночас дещо нижчий рівень загального білка може бути відображенням підвищених витрат азотистих сполук на адаптаційні процеси в умовах гірського клімату.

2. Отримані результати свідчать про високий рівень фізіологічної адаптації українських гірськокарпатських овець до різних умов розведення (низинна і гірська зони) Карпатського регіону.

3. За вмістом мінеральних елементів у молоці вівцематок української гірськокарпатської породи спостерігалася міжгрупова диференціація. У молоці тварин з низинної зони відмічено нищий вміст мікроелементів (виняток – вміст марганцю), а втім вміст макроелементів, навпаки, був вищим. Різниця за досліджуваними мікро- та макроелементами коливалася від вірогідних до невірогідних значень.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо викладу результатів досліджень.

References

Almášiová, S., Toman, R., Pšenková, M., Tančin, V., & Jančo, I. (2023). Concentrations of chemical elements in sheep milk from three farms in slovakia from areas with different environmental burden. Journal of microbiology, biotechnology and food sciences, 13(2), e9971. DOI: 10.55251/jmbfs.9971.

Bezukh, V. M., Vovkotrub, N. V., Nadtochii, V. P., & Melnyk, A. Yu. (2013). Zminy pokaznykiv bilkovoho obminu u vivtsematok za nezbalansovanoi hodivli [Changes in protein metabolism indicators in ewes with unbalanced feeding] Veterinary medicine, 97, 302–304. URL: https://jvm.kharkov.ua/sbornik/97/6_117.pdf (in Ukrainian).

Brugger, D., Wagner, B., Windisch, W. M., Schenkel, H., Schulz, K., Südekum, K. H., Berk, A., Pieper, R., Kowalczyk, J., Spolders, M. (2022). Bioavailability of trace elements in farm animals: Definition and practical considerations for improved assessment of efficacy and safety. animal, 16(8), 100598. DOI: 10.1016/j.animal.2022.100598.

Burda, L. R., Havryliak, V. V., Paraniak, N. M., & Stapai, P. V. (2009). Biokhimichnyi profil krovi hirskokarpatskykh vivtsematok riznykh henotypiv za riznykh umov yikh utrymannia [Biochemical blood profile of Carpathian mountain ewes of different genotypes under different conditions of their keeping] Scientific-technical bulletin, 10(1-2), 23–31. URL: http://archive.inenbiol.com.ua:8080/ntb/ntb3/pdf/1/3.pdf (in Ukrainian).

Burda, L. R., Stapai, P. V., & Kochetov, S. V. (2010). Zahalnyi vmist ta fraktsiinyi sklad bilkiv moloka vivtsematok ukrainskoi hirskokarpatskoi porody z riznym kolorom vovnovoho pokryvu ta za riznykh umov yikh utrymannia [Total content and fractional composition of milk proteins in ewes of the Ukrainian Carpathian breed with different coat colours and under different conditions of keeping] Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 12(2-2 (44)), 31–36 (in Ukrainian).

Chia, J., Burrow, K., Carne, A., McConnell, M., Samuelsson, L., Day, L., Young W., Bekhit, A. E. D. A. (2017). Minerals in sheep milk. In Nutrients in Dairy and their Implications on Health and Disease (pp. 345-362). Academic Press. DOI: 10.1016/B978-0-12-809762-5.00027-9.

Cividini, A., Simčič, M., Stibilj, V., Vidrih, M., & Potočnik, K. (2019). Changes in fatty acid profile of Bovec sheep milk due to different pasture altitude. Animal, 13(5), 1111–1118. DOI: 10.1017/S1751731118002598.

Fotina, T. I., & Zazharska, N. M. (2016). Fizyko-khimichnyi sklad kozynoho i ovechoho moloka zalezhno vid vysoty vypasannia tvaryn [The physical and chemical composition of goat and sheep milk depending on the altitude at which the animals graze]. The Animal Biology, 18(4), 106–112. DOI: 10.15407/animbiol18.04.106 (in Ukrainian).

Hladii, I. A. (2022). Rezultaty monitorynhu biokhimichnykh pokaznykiv krovi molodniaku ovets

riznykh henotypiv [Results of monitoring biochemical blood parameters in young sheep of different genotypes] Scientific and theoretical journal "Scientific Bulletin "Askania-Nova", 15, 6–17. URL: https://www.ascaniansc.in.ua/images/naukovyy%20visnyk_2022_15_full_ua-3.pdf (In Ukrainian)

Hrković-Porobija, A., Hodžić, A., Ohran, H., Hadžimusić, N., Batinić, V., Tahirović, D., Softić A., & Kustura, A. (2021). Mineral elements in sheep cheese. Veterinarska stanica, 52(2), 185–192. DOI: 10.46419/vs.52.2.5.

Jiménez-Penago, G., Hernández-Mendo, O., González-Garduño, R., Torres-Hernández, G., Torres-Chablé, O. M., & Maldonado-Simán, E. (2021). Mean corpuscular haemoglobin concentration as haematological marker to detect changes in red blood cells in sheep infected with Haemonchus contortus. Veterinary Research Communications, 45(4), 189–197. DOI: 10.1007/s11259-021-09800-8.

Kawęcka, A., & Radkowska, I. (2023). Comparison of the quality of mountain sheep milk obtained from animals kept on a natural and organic mountain pasture. Annals of Animal Science, 23(1), 275–283. DOI: 10.2478/aoas-2022-0062.

Kovacik, A., Arvay, J., Tusimova, E., Harangozo, L., Tvrda, E., Zbynovska, K., Cupka, P., Andrascikova, S., Tomas J. & Massanyi, P. (2017). Seasonal variations in the blood concentration of selected heavy metals in sheep and their effects on the biochemical and hematological parameters. Chemosphere, 168, 365–371. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2016.10.090.

Li, S., Delger, M., Dave, A., Singh, H., & Ye, A. (2022). Seasonal variations in the composition and physicochemical characteristics of sheep and goat milks. Foods, 11(12), 1737. DOI: 10.3390/foods11121737.

Loboiko, I., & Vlizlo, V. (2024). Vmist mikroelementiv u plazmi krovi, molotsi ta volosianomu pokryvi molochnykh koriv [The content of trace elements in blood plasma, milk and hair coat of dairy cows.] Foothill and Mountain Agriculture and Stockbreeding, 76(1), 90–98. DOI: 10.32636/01308521.2024-(76)-1-9.

Mokdat Sanaa, Ya. A. (2024) Morfolohichnyi sklad krovi u molodniaku ovets ta yoho vplyv na intensyvnist prokhodzhennia okysno-vidnovnykh reaktsii v orhanizmi [Morphological composition of blood in young sheep and its influence on the intensity of redox reactions in the body] Vid diahnostyky do likuvannia : novi horyzonty : materialy Vseukr. nauk.-prakt. konf. likariv vet. med. ta zdobuvachiv vyshchoi osvity prysviach. pamiati d-ra vet. nauk, prof. O. A. Tkachenka (1952-2021 roky zhyttia), 169–170 (in Ukrainian).

Nazifi, S., Saeb, M., Rowghani, E., & Kaveh, K. (2003). The influences of thermal stress on serum biochemical parameters of Iranian fat-tailed sheep and their correlation with triiodothyronine (T3), thyroxine (T4) and cortisol concentrations. Comparative Clinical Pathology, 12(3), 135–139. DOI: 10.1007/s00580-003-0487-x.

Nguyen, V. Q. (2022). Nutritional value and factors affecting milk production and milk composition from dairy sheep: A review. CTU Journal of Innovation and Sustainable Development, 14(3), 53–64. DOI: 10.22144/ctu.jen.2022.047.

Piccione, G., Casella, S., Lutri, L., Vazzana, I., Ferrantelli, V., & Caola, G. (2010). Reference values for some haematological, haematochemical, and electrophoretic parameters in the Girgentana goat. Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences, 34(2), 197–204. DOI: 10.3906/vet-0902-1.

Pokhyl, V. I., & Mykolaichuk, L. P. (2023) Osoblyvosti i kharchova tsinnist moloka ovets ta kiz [Features and nutritional value of sheep and goat milk] Bulletin of Sumy National Agrarian University, 1(52), 38–43. DOI: 10.32782/bsnau.lvst.2023.1.6 (in Ukrainian).

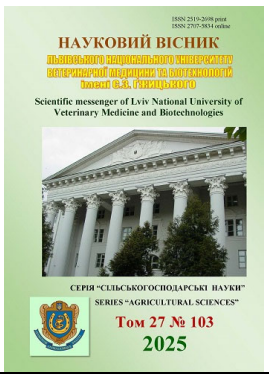
Sedilo, H. M., Vovk, S. O., Kaplinskyi, V. V., Havryliak, V. V., & Khomyk, M. M. (2015). Khimichnyi sklad i yakist moloka vivtsematok zalezhno vid botanichnoho skladu pasovyshchnykh trav [Chemical composition and quality of ewe milk depending on the botanical composition of pasture grasses] Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 17(1(3), 192–196 (in Ukrainian).

Stapai, P. V., Havryliak, V. V., Stakhiv, N. P., & Paraniak, N. M. (2016). Biokhimichni pokaznyky moloka vivtsematok ukrainskoi hirskokarpatskoi porody i porody prekos [Biochemical indicators of milk from ewes of the Ukrainian Carpathian breed and the Prekos breed] Animal Science and Food Technology, 236, 276–285 (in Ukrainian).

Sydir, N. P. (2012). Vmist i sklad bilkiv moloka vivtsematok ukrainskoi hirskokarpatskoi porody i porody prekos za umov zghodovuvannia yim pidvyshchenykh rivniv makro-i mikroelementiv ta filtroperlitu [The content and composition of milk proteins in ewes of the Ukrainian Carpathian breed and Prekos breed when fed increased levels of macro- and microelements and filter perlite]. The Animal Biology, 14(1-2), 193–197 (in Ukrainian).

Toman, R., Psenkova, M., Tancin, V., Almasiova, S., & Janco, I. (2023). Quality of sheep milk and milk products from conventional and organic farming in Slovakia. GARI International Journal of Multidisciplinary Research, 09(02), 5–20. DOI: 10.63572/gari7780.

Wójtowski, J. A., Majcher, M., Danków, R., Pikul, J., Mikołajczak, P., Molińska-Glura, M., Foksowicz-Flaczyk, J., Gryszczyńska A., Łowicki Z., Zajączek, K., Czyżak-Runowska, G., Markiewicz-Kęszycka M., & Stanisławski, D. (2023). Effect of herbal feed additives on goat milk volatile flavor compounds. Foods, 12(15), 2963. DOI: 10.3390/foods12152963.



Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького. Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences

ISSN 2519–2698 print
ISSN 2707-5834 online
doi: 10.32718/nvlvet-a10333
https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture

UDC 639.3:636.087.7

Protein nutrition as a key research direction in aquaculture

Yu. Kurylenko[1], Yu. Pozniakovskyi[1], B. Gutyj[2], M. Sychov[1]✉, I. Ilchuk[1], Yu. Osadcha[1], T. Holubieva[1], L. Borshchenko[1], S. Boiarchuk[1]

[1]*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine*
[2]*Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, Lviv, Ukraine*

Article info

Received 21.08.2025
Received in revised form 22.09.2025
Accepted 23.09.2025

National University of Life and Environmental Science of Ukraine, Heroiv Oborony Str., 15, Kyiv, 03041, Ukraine.
Tel.: +38-050-502-80-19
E-mail: sychov@ukr.net

Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, Pekarska Str., 50, Lviv, 79010, Ukraine.

Kurylenko, Yu., Pozniakovskyi, Yu., Gutyj, B., Sychov, M., Ilchuk, I., Osadcha, Yu., Holubieva, T., Borshchenko, L., & Boiarchuk, S. (2025). Protein nutrition as a key research direction in aquaculture. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 27(103), 274–281. doi: 10.32718/nvlvet-a10333

Protein nutrition remains one of the most significant and economically sensitive areas of research in aquaculture. Dietary protein is the principal macronutrient that determines growth, tissue regeneration, and metabolic balance in fish. As the most expensive component of compound feeds, protein directly influences feed conversion efficiency, production cost, and overall sustainability of aquaculture systems. Numerous studies have focused on determining the optimal protein requirement for various species and developmental stages using the broken line analysis method, which allows for accurate differentiation between protein needs for maintenance and for growth. The retained protein constitutes part of the net energy utilized for metabolic and reproductive functions, while its contribution depends on digestibility and retention efficiency influenced by both biotic (species, age, metabolic rate) and abiotic factors (temperature, water quality, photoperiod). Fish, unlike terrestrial animals, have adapted evolutionarily to utilize amino acids as their primary energy substrate. The balance between digestible and retained protein determines the extent to which nitrogen is incorporated into body tissues rather than oxidized for energy. Experimental data obtained for rainbow trout, channel catfish, tilapia, rohu, and other species demonstrate that the maintenance requirement for digestible protein ranges from 0.9 to 2.6 g DP/kg body weight/day, while optimal intake for maximal growth varies between 8 and 46 g DP/kg body weight/day depending on species and environmental conditions. The energy efficiency of protein utilization declines with age and reproductive maturity, as a greater proportion of dietary nitrogen is redirected to gonadal development rather than somatic growth. The accurate assessment of protein requirements is essential for feed formulation strategies aiming to minimize nitrogen waste and production costs while sustaining rapid growth rates. Protein deficiency leads to growth retardation and negative nitrogen balance, whereas excess protein increases metabolic load and ammonia excretion. Therefore, understanding the physiological partitioning of protein among maintenance, growth, and reproduction is crucial for optimizing nutrient efficiency in aquaculture. The use of broken line or nonlinear regression approaches provides a powerful quantitative tool for identifying threshold levels beyond which additional dietary protein yields no significant improvement in performance.

Keywords: *aquaculture, protein nutrition, digestible protein, maintenance requirement, amino acids, metabolic efficiency.*

Протеїнове живлення як ключовий напрям досліджень у рибництві

Ю. Куриленко[1], Ю. Позняковський[1], Б. Гутий[2], М. Сичов[1]✉, І. Ільчук[1], Ю. Осадча[1], Т. Голубєва[1], Л. Борщенко[1], С. Боярчук[1]

[1]*Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, Україна*
[2]*Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Ґжицького, м. Львів, Україна*

Протеїнове живлення є одним із найважливіших і водночас найдорожчих напрямів досліджень у сучасному рибництві. Харчовий білок визначає інтенсивність росту, синтез тканин, репродуктивну функцію та енергетичний баланс риб, будучи головним джерелом азоту в їхньому метаболізмі. У зв'язку з високою вартістю протеїну оптимізація його використання має вирішальне значення для зниження собівартості кормів і підвищення ефективності аквакультури. Багато експериментів, проведених із використанням методу broken line analysis, дали змогу визначити межу, після якої збільшення частки білка в раціоні не сприяє подальшому росту. Утриманий у тілі протеїн становить частину чистої енергії, що витрачається на підтримання основного обміну, ріст і розмноження. Його частка залежить від перетравності білка, ефективності його засвоєння та комплексу біотичних (вид, вік, швидкість росту, ферментна активність) і абіотичних факторів (температура, якість води, фотоперіод). Риби еволюційно пристосувалися використовувати амінокислоти як основне джерело енергії, тому рівень білка у раціоні прямо впливає на ефективність росту. Експериментальні дані свідчать, що потреба у перетравному протеїні для підтримання життєдіяльності становить 0,9–2,6 г/кг маси тіла/добу, тоді як для максимального росту – 8–46 г перетравного протеїну/кг маси тіла/добу, залежно від виду та умов вирощування. У процесі статевого дозрівання частка білка, що спрямовується на анаболізм, зменшується, а енергетичні ресурси перерозподіляються на розвиток гонад. Надлишок протеїну підвищує навантаження на метаболічні системи і втрати азоту, тоді як дефіцит призводить до сповільнення росту та погіршення фізіологічного стану. Раціональне визначення білкової потреби є ключовим чинником формування збалансованих кормових стратегій, що забезпечують максимальну продуктивність, зменшення екологічного навантаження та підвищення економічної рентабельності рибництва. Застосування методів broken line або нелінійної регресії дозволяє кількісно встановлювати оптимальний рівень білка, за якого досягається найкраща продуктивність без перевитрат поживних ресурсів.

Ключові слова: *рибництво, протеїнове живлення, перетравний протеїн, потреба на підтримання, амінокислоти, метаболічна ефективність.*

Вступ

Протеїнове харчування є одним із найважливіших і найбільш досліджуваних напрямів у рибництві (Ahmed, 2007; Novriadi et al., 2025). Із початку використання комбінованих кормів у культурі вирощування риб основною метою дослідників було встановлення оптимального рівня протеїну в раціоні (Akand et al., 1989). Харчовий протеїн розглядають як незамінний, але водночас найдорожчий компонент комбікормів, що має прямий вплив на споживання корму, темпи росту риб і кінцеву економічну ефективність виробництва (Jiang et al., 2025). Визнано, що потреба риб у протеїні значно перевищує відповідні показники для інших груп хребетних (Pujadebi et al., 2025). Така особливість зумовлена переважно хижим типом живлення більшості видів, які еволюційно пристосувалися до споживання високопротеїнових кормів, що задовольняють їх енергетичні та структурні потреби (Turlybek et al., 2025). У процесі еволюції метаболізм риб сформувався таким чином, що амінокислоти стали основним джерелом енергії, на відміну від більшості наземних тварин, у яких цю функцію переважно виконує глюкоза (Akand et al., 1989; Polakof et al., 2012; Kamalam et al., 2016).

Протеїн є єдиним макронутрієнтом, який безпосередньо відображає анаболічні процеси, зокрема ріст і регенерацію тканин у тілі риби. Його потреба визначається кількома рівнями: підтримання основного обміну, досягнення максимальних темпів росту, підвищення коефіцієнта утримання протеїну в організмі, а також забезпечення статевого дозрівання та репродуктивної функції. На початкових етапах онтогенезу протеїн використовується переважно для росту та підтримання життєвих процесів, тоді як після настання статевої зрілості він у більшій мірі спрямовується на відтворення, що супроводжується зниженням його частки, яка бере участь у рості. Ці співвідношення змінюються протягом усього онтогенезу риб (He et al., 2024).

Потреба риб у протеїні фактично становить суму потреб у незамінних амінокислотах та потреби в азоті, необхідному для синтезу неесенціальних сполук. Теоретично, риби не потребують самого протеїну як макромолекули, а потребують певного збалансованого набору незамінних амінокислот, які є основою для утворення структурних і функціональних білків (Gamboa-Delgado et al., 2013). Харчовий протеїн виступає єдиним джерелом азоту, який використовується для синтезу амінокислот і протеїнових сполук в організмі риби. Протеїновий пул у тілі риб перебуває у стані динамічної рівноваги, де процеси синтезу та катаболізму протеїну відбуваються безперервно, а потреба в ньому змінюється залежно від виду, віку та фізіологічного стану особин. Дефіцит протеїну призводить до уповільнення росту через мобілізацію білків життєво важливих тканин для підтримки базових метаболічних процесів. Натомість надлишкове надходження протеїну спричиняє окиснення амінокислот для отримання енергії, оскільки риби не здатні депонувати амінокислоти у значних кількостях (Oliva-Teles et al., 2019).

Більшість експериментальних даних щодо потреби у протеїні отримано з дозово-відповідних досліджень (*dose–response experiments*), у яких риб утримували на напіввизначених раціонах із різними рівнями високоякісного протеїну, оцінюючи динаміку росту, ефективність використання корму та азотного балансу (de Arazoza Dacosta-Calheiros, 2003; Mannur, 2020).

У більшості досліджень основним критерієм оцінки ефективності протеїнового живлення риб є показник приросту живої маси, який зазвичай виражається у відсотках від сухої речовини раціону. Проте застосовувані методичні підходи до визначення потреби у протеїні не завжди забезпечують точність оцінки, що може призводити до її переоцінювання. Рівень потреби у протеїні значно варіює між видами риб, а також у межах одного виду – залежно від онтогенетичної стадії, фізіологічного стану, статі, темпів росту та інтенсивності метаболічних процесів, а також під впливом зовнішніх факторів середовища. Для забезпечення оптимального росту та підтримання гомеостазу необхідно, щоб усі незамінні амінокислоти та загальний протеїн надходили з кормом у кількості, що відповідає фізіологічним потребам конкретного виду. Навіть незначні відхилення у балансі амінокислот чи

зниження рівня протеїну можуть спричиняти антагоністичні ефекти або інші суттєві порушення обміну речовин. Зі збільшенням ступеня морфофізіологічної зрілості риби частка протеїну в раціоні, необхідна для підтримання росту, поступово знижується. Так, для канального сома (*Ictalurus punctatus*) масою 114–500 г оптимальним виявився рівень протеїну 25 %, тоді як для молодших особин масою 14–100 г максимальні темпи росту спостерігалися за вмісту протеїну 35 %. Аналогічні закономірності встановлено і для представників лососевих, коропа звичайного (*Cyprinus carpio*) та тиляпії (*Oreochromis spp.*). Крім того, у визначенні потреби риб у протеїні нерідко недостатньо враховують взаємозв'язок між рівнем обмінної енергії у раціоні, амінокислотним профілем білкової складової та її коефіцієнтом перетравності, що може суттєво впливати на точність оцінки оптимальних показників живлення (de Arazoza Dacosta-Calheiros, 2003).

Валовою енергією корму для риб вважають 100 % енергії, що міститься у кормі. Після процесів травлення й метаболізму частина цієї енергії залишається у вигляді чистої енергії, яка використовується організмом для підтримання життєвих функцій та продуктивності (росту й розмноження). Утриманий протеїн (*Retained Protein*) може робити внесок у цю чисту енергію, і надалі він також використовується для підтримання обміну речовин та продуктивності, що може бути розраховано за допомогою різних експериментальних методик. Використання протеїну для росту й розмноження не можна чітко розмежувати, оскільки це залежить від статевої зрілості риби. Коли крива росту досягає плато, швидкість росту знижується, тому що енергія переважно спрямовується на процеси розмноження, а лише незначна її частина – на подальший ріст.

Було проведено значну кількість експериментальних досліджень, спрямованих на визначення потреби риб у протеїні для забезпечення різних фізіологічних процесів. Проте отримані результати свідчать, що ці потреби не можуть бути сформульовані однозначно, оскільки вони залежать від виду риб, особливостей їхнього метаболізму, стадії розвитку, тривалості життєвого циклу та ефективності утилізації спожитого білка. Співвідношення між кількістю протеїну, що використовується для підтримання основних функцій організму, та часткою, спрямованою на приріст маси, варіює як між видами, так і в межах одного виду залежно від фізіологічного стану.

У дослідженні Ahmed (2007), проведеному на мальках риби роху (*Labeo rohita*) із середньою масою 0,55 ± 0,16 г, тварин утримували протягом 56 днів і згодовували комбікорми з вмістом сирого протеїну 40 % за різних рівнів годівлі. Встановлено, що оптимальний рівень споживання корму для досягнення максимальної швидкості росту становив 6,5–7,0 % від маси тіла на добу. При цьому потреба у протеїні для підтримання життєвих функцій становила 0,8–1,6 г на 100 г корму на добу, а для реалізації потенціалу росту – 2,6–2,8 г на 100 г корму на добу. Подібні результати отримано McGoogan et al. (1998) у дослідах на червоній барабулі (*Sciaenops ocellatus*) із початковою масою 3,4–5,5 г. Одна група риб утримувалася на голодній дієті, тоді як інша отримувала корм із вмістом 40 % сирого протеїну за різних рівнів годівлі. За результатами цього дослідження встановлено, що оптимальне добове споживання протеїну для забезпечення максимального приросту становить 20–24 г/кг маси тіла, з яких 0,5–2,5 г/кг маси тіла необхідно для підтримання основного обміну.

Найточніші експериментальні дані отримано для нільської тиляпії (*Oreochromis niloticus*) (Kaushik et. al., 1995). Особини середньою масою 8 г протягом 49 днів отримували різні рівні сирого протеїну в раціоні. Встановлено, що оптимальний рівень сирого протеїну для максимального росту становить 35 %, при цьому щоденне споживання протеїну для максимального приросту азоту становило 12 г/кг/добу, а потреба в протеїні для підтримання – близько 2 г/кг/добу.

У дослідженні, присвяченому визначенню потреби у протеїні та аргініні для підтримання та азотного приросту у чотирьох видів костистих риб (*teleosts*) (Fournier et al., 2002), було встановлено, що потреба у протеїні для підтримання становить: для райдужної форелі (*Oncorhynchus mykiss*) – 38 мг азоту/метаболічну масу тіла/добу; для європейського морського окуня (*Dicentrarchus labrax*) – 45 мг азоту/метаболічну масу тіла/добу; для морського карася (*Sparus aurata*) – 85 мг азоту/метаболічну масу тіла/добу; а для калкана (*Scophthalmus maximus*) – 127 мг азоту/метаболічну масу тіла/добу. Потреба у протеїні для росту становила: у калкана – 2,16 г азоту/г приросту азоту; у райдужної форелі – 2,28 г азоту /г приросту азоту; у морського окуня – 2,53 г азоту /г приросту азоту; у морського карася – 2,64 г азоту /г приросту азоту. Подібне дослідження було проведене також на райдужній форелі (Chen et al., 2023). Особини масою близько 147 г отримували корм із 50,9 % сирого протеїну протягом 28 днів. Результати показали, що потреба у білку для підтримання становить 2,6 г білка/кг маси тіла/добу. Дослідження, проведене на канальному сомі (*Ictalurus punctatus*) (Gatlin et al., 1986) із середньою масою 8,3–10 г, показало, що при годівлі градуйованими рівнями сирого протеїну (25 % та 35 %) і різних рівнях годівлі оптимальне споживання протеїну для максимального росту становить 8,75 г протеїну/кг маси тіла/добу, з яких 1,32 г протеїну/кг маси тіла/добу використовується для підтримання. Оптимальний рівень годівлі для максимального росту визначено на рівні 3 % від маси тіла. Встановлено, що потреба у протеїні для підтримання становить 0,72 г/голову/добу (Chen et al., 2023).

Дослідження потреби у протеїні коропових риб. Результати ряду експериментальних робіт свідчать про наявність певної подібності у потребах щодо протеїну та незамінних амінокислот серед представників основних видів коропових риб, що, ймовірно, зумовлено спільними особливостями їх трофічного типу, метаболічної організації та темпів росту. Зокрема, встановлено, що приріст живої маси та відсоткове збільшення ваги мальків катли (*Catla catla*) і роху (*Labeo rohita*) практично не відрізнялися при згодовуванні комбікормів із рівнем сирого протеїну 30–40 %, що свідчить про подібну ефективність протеїнового обміну в межах цього діапазону (Manivannan &

Saravanan, 2012). Порівняльний аналіз амінокислотних профілів цих видів показав, що загальна схема потреби у незамінних амінокислотах у мальків катли близька до аналогічної у звичайного коропа (*Cyprinus carpio*), що підтверджує наявність еволюційно консервативних закономірностей у структурі протеїнового метаболізму коропових (Syandri et al., 2023). Водночас спостерігаються певні видоспецифічні відмінності у кількісних потребах для окремих амінокислот – насамперед лізину, метіоніну та аргініну, які є критичними для процесів росту, формування м'язової тканини та підтримання азотного балансу.

На думку низки авторів, важливу роль у регуляції протеїнового обміну відіграє співвідношення між протеїновими та непротеїновими джерелами енергії в раціоні. Забезпечення належної концентрації легкодоступних вуглеводів і ліпідів дозволяє зменшити використання амінокислот як енергетичного субстрату, тим самим реалізуючи так званий протеїнозберігаючий ефект (Rueda-Jassoa et al., 2004). Такий механізм сприяє підвищенню ефективності використання протеїну, особливо за умов субоптимального його рівня у кормі, що має істотне економічне та фізіологічне значення у практиці рибництва. Підтвердженням цього є результати експериментів на мальках *Cirrhinus mrigala*, для яких оптимальний рівень протеїну в раціоні зазвичай становить близько 40 %. Проте Ravendra et al. (2006) показали, що при використанні комбікорму з 30 % протеїну та 40 % декстрину як джерела вуглеводів темпи росту та коефіцієнт конверсії корму залишалися на рівні, подібному до показників груп із вищим вмістом білка. Це свідчить про здатність молоді *C. mrigala* ефективно компенсувати часткове зниження протеїнової складової за рахунок енергетичних компонентів раціону, що підтверджує існування вираженого протеїновозберігаючого ефекту в даного виду.

Таким чином, комплекс експериментальних даних вказує на те, що у представників коропових оптимальне співвідношення між протеїном та енергетичними компонентами корму є критичним для досягнення високих темпів росту при мінімальних енергетичних витратах протеїнового катаболізму. Ці результати мають важливе значення для розроблення видоспецифічних кормових стратегій, спрямованих на підвищення біологічної та економічної ефективності годівлі в аквакультурі.

Дослідження потреби у протеїні в сомових риб. Було проведено велику кількість експериментальних досліджень, спрямованих на визначення оптимального рівня протеїну в раціоні, необхідного для забезпечення максимальних темпів росту та ефективного засвоєння поживних речовин у сомових риб. Серед них найбільш вивченим об'єктом є канальний сом (*Ictalurus punctatus*), який завдяки високій продуктивності, стійкості до коливань параметрів середовища та адаптивності до штучних кормів широко використовується в аквакультурі багатьох країн світу. Саме цей вид став модельним організмом для дослідження протеїнового обміну, засвоєння амінокислот і визначення потреби у протеїні в різні періоди онтогенезу. Результати експериментів із використанням очищених раціонів показали, що повністю рослинні протеїнові джерела можуть забезпечувати темпи росту та рівень виживання мальків канального сома, зіставні з показниками при використанні кормів, що містять протеїн тваринного походження. Це свідчить про високу засвоюваність і біологічну цінність окремих рослинних протеїнових інгредієнтів (Sink et al., 2010). Більш того, заміна традиційних джерел протеїну, таких як рибне борошно, на рослинні протеїни (наприклад, із сої, гороху, соняшнику чи ріпаку) дає змогу не лише знизити собівартість комбікормів, а й забезпечити їх екологічну сталість і стабільність постачання. Використання таких інгредієнтів дозволяє формувати високопротеїнові раціони з вмістом протеїну, еквівалентним 36 % тваринного протеїну, при цьому зберігаючи або навіть підвищуючи ефективність росту та економічну доцільність виробництва риби.

Потреба у протеїні для підтримання життєдіяльності організму риб. Потреба у протеїні для підтримання життєдіяльності визначається як мінімальна кількість амінокислот, необхідна організму для збереження азотного гомеостазу – стану, за якого швидкість синтезу протеїнів дорівнює швидкості їх розпаду, і не відбувається накопичення або втрати азоту. Цей показник відображає фундаментальні метаболічні потреби організму та характеризує базову інтенсивність протеїнового обміну. У стані відсутності росту, коли маса тіла залишається сталою, риби все одно мають певну обов'язкову потребу у протеїні, оскільки його складові необхідні для постійного оновлення клітинних структур і відновлення протеїнів, деградованих у процесі обміну речовин. Дослідження в цьому напрямі є надзвичайно важливими для точного визначення енергетичного балансу, ефективності утримання азоту та співвідношення між анаболічними й катаболічними процесами. Однак дані про потребу у протеїні для підтримання життєдіяльності організму риб наразі отримані лише для обмеженої кількості прісноводних і морських видів риб, що значно ускладнює створення універсальних моделей протеїнового метаболізму (Khan et al., 2025). Подальше розширення експериментальної бази в цьому напрямі має ключове значення для оптимізації кормових стратегій і підвищення ефективності аквакультурного виробництва.

Наразі наявна лише обмежена кількість експериментальних даних, що стосуються визначення потреби у протеїні для підтримання базових життєвих функцій у риб. Визначення цього параметра є складним завданням, оскільки він залежить від виду, віку, фізіологічного стану та складу раціону, а також від методики оцінки азотного обміну. Встановлення рівня протеїну, необхідного для підтримання, має фундаментальне значення, оскільки дозволяє розмежувати енергетичні витрати, пов'язані з анаболічними процесами росту, і ті, що забезпечують базовий обмін речовин. Для звичайного коропа (*Cyprinus carpio*), якому у дослідах згодовували казеїн як єдине джерело білка, встановлено, що мінімальна потреба у протеїні для підтримання азотного балансу становить 0,95 г протеїну на 1 кг маси тіла на добу. Для канального сома (*Ictalurus punctatus*) аналогічний показник був визначений на рівні 1,3 г протеїну/кг маси тіла/добу. Цей

результат отримано на основі аналізу темпів росту риб, яких годували раціонами з різним рівнем сирого протеїну (25 і 35 % суміші казеїну та желатину) у кількості від 0 до 5 % від маси тіла на добу, що дозволило відокремити частку протеїну, необхідну для підтримання основного обміну від тієї, що забезпечує приріст тканин. Вищі значення спостерігалися у морських видів, таких як червона барабуля (*Sciaenops ocellatus*), для якої потреба у протеїні становила 1,5–2,5 г/кг маси тіла/добу, та райдужна форель (*Oncorhynchus mykiss*), у якої визначено 2,6 г перетравного білка/кг маси тіла/добу (Nazeer et al., 2021; Jiang et al., 2025; Mankiewicz et al., 2025). Ці розбіжності пояснюються міжвидовими відмінностями у швидкості метаболізму, температурній залежності ферментативних реакцій, частоті годівлі, а також ефективністю використання азоту. Загалом, види з вищими темпами росту та активнішим метаболізмом демонструють більшу потребу у протеїні для підтримання процесів життєдіяльності. Окрім того, на величину цього показника впливають умови утримання (температура води, концентрація розчиненого кисню, щільність посадки) та біохімічна якість білкового компонента корму. Таким чином, узагальнення наявних даних свідчить, що базова потреба у протеїні для підтримання життєдіяльності риб варіює в межах від 0,9 до 2,6 г/кг маси тіла/добу залежно від виду та екологічно-фізіологічних умов. Ця інформація має важливе практичне значення для оптимізації протеїнового складу кормів, зниження витрат азоту у довкілля та підвищення ефективності кормової конверсії у системах інтенсивного рибництва.

Потреба у протеїні для росту риби. Потребу у протеїні для росту зазвичай виражають як відсоток від сухої речовини раціону. Оптимальна концентрація протеїну в кормі, що забезпечує максимальний приріст маси, є найбільш поширеним критерієм визначення протеїнової потреби риб. Відносна потреба у протеїні у риб може бути вищою, оскільки вони потребують більшої кількості протеїну для росту (збільшене чисельне значення у чисельнику) і меншої кількості інших компонентів корму (менший знаменник) (Gopika et al., 2020). Наприклад, молодь креветок, що отримувала раціон із 32 % протеїну, мала потребу близько 46,4 г перетравного протеїну/кг маси тіла/добу. При згодовуванні 48 % протеїну потреба у ньому для максимального росту становила 43,4 г перетравного протеїну/кг маси тіла/добу. Нелінійний регресійний аналіз кривої росту креветок, які отримували корм із 32 % протеїну, показав, що оптимальний рівень протеїну для максимального росту дорівнює 23,5 г перетравного протеїну/кг маси тіла/добу (Chorong et al., 2019).

Потреба у протеїні для реалізації репродуктивної функції. Репродуктивна ефективність і якість ікри у риб є комплексним результатом взаємодії низки фізіологічних, екологічних і генетичних чинників, серед яких провідну роль відіграють харчовий статус, рівень стресу, тривалість зберігання зрілої ікри, генетичний потенціал, вік плідників, а також якість водного середовища (Kabir et al., 2012). Стан годівлі безпосередньо впливає на функціональний розвиток гонад, інтенсивність гаметогенезу та загальну плодючість, особливо у видів із синхронним нерестом, таких як *Pangasianodon hypophthalmus*, або у риб, які характеризуються коротким вітелогенним періодом. У самок адекватне забезпечення поживними речовинами, зокрема протеїном, визначає морфологічну структуру яєчників, частоту нерестових циклів, кількість зрілих гамет та якість отриманої ікри (Kabir et al., 2012). Рівень протеїну в раціоні має безпосередній вплив на запліднюваність ікри, життєздатність ембріонів і постембріональний розвиток, зокрема частоту появи морфологічних аномалій у личинок (Zakeri et al., 2009).

Енергетичні витрати, пов’язані з репродукцією, охоплюють широкий спектр процесів – від формування гамет (ікринок, оболонок, сперміїв, сім’яної рідини) до поведінкових аспектів, таких як переднерестові міграції, шлюбна активність, конкуренція за територію, прояви турботи про потомство, а в окремих видів навіть пострепродуктивні реакції, що потребують значних енергетичних затрат. На ранніх етапах статевого дозрівання головним джерелом енергії слугують жири, проте в подальшому, коли запаси ліпідів вичерпуються або зростає потреба в протеїнових компонентах для формування гонад, основним енергетичним субстратом стає протеїн м’язової тканини (Aussanasuwannakul et al., 2011). Такий перехід має як метаболічне, так і морфофункціональне значення. Зниження вмісту м’язового протеїну у самок зазвичай супроводжується його накопиченням у тканинах яєчників, тоді як у самців – у структурних елементах вторинних статевих ознак, що забезпечують репродуктивну поведінку. Останній місяць перед нерестом характеризується активним перерозподілом протеїнових резервів, коли значна частина протеїну транспортується з м’язів до статевих органів і використовується для побудови гонад та синтезу вторинних статевих структур. Протеїн відіграє вирішальну роль у цих морфогенетичних перетвореннях, оскільки більшість вторинних статевих ознак формується з хрящової та сполучної тканини, для синтезу яких жири не можуть бути використані як субстрат. Водночас енергетичні потреби, пов’язані з розвитком вторинних статевих ознак, часто недооцінюються, хоча вони можуть становити істотну частку загального енергетичного бюджету репродукції. У видів із високими енергетичними затратами на міграцію, зокрема у лососевих, протеїн виконує також роль резервного енергетичного джерела, що використовується на фінальних етапах нерестових міграцій. Рівень репродуктивного розвитку тісно корелює з кількістю запасеної енергії, накопиченої у переднерестовий період.

Первинну оцінку енергетичних затрат на розвиток гонад і супутніх соматичних структур здійснюють за гонадо-соматичним індексом, який відображає частку маси гонад у відсотках до загальної маси тіла риби. Підвищення цього індексу є об’єктивним свідченням активізації процесів вітелогенезу та репродуктивного дозрівання (Gopika et al., 2020). Таким чином, протеїн у репродуктивному метаболізмі риб виконує не лише пластичну, а й енергетичну функцію, забезпечуючи структурні, поведінкові та фізіологічні аспекти відт-

ворення, що визначають успішність нересту та якість потомства.

Потреба у протеїні залежно від температури води. У науковій літературі немає переконливих даних, що потреба у протеїні, виражена у відсотках до сухої речовини раціону, прямо залежить від температури води. Натомість температура модулює ланцюг проміжних процесів – інтенсивність споживання корму, швидкість шлункового спорожнення, питомі витрати на підтримання, термочутливість ензимів травлення та метаболізму, які сумарно визначають темпи росту та ефективність конверсії (Kausar & Salim, 2006). Типова для риб термальна крива продуктивності характеризується зростанням швидкості живлення та метаболізму до певного оптимуму, після чого настає спад через дисбаланс між притоком і утилізацією енергії. Максимальне споживання корму, як правило, фіксують за температур, де питомі витрати на підтримання вже високі, що прискорює евакуацію вмісту шлунка і скорочує час абсорбції. Тому температура найбільшого приросту маси зазвичай трохи нижча за температуру пікового споживання, а найкращий коефіцієнт конверсії корму досягається за температур, що ще на щабель нижчі від температури максимального росту, коли поєднуються помірні витрати на підтримання і висока ефективність засвоєння (Kausar & Salim, 2006). У таких умовах може зберігатися відносно стабільний відсоток протеїну в раціоні, але абсолютна добова потреба (у перерахунку на г/кг маси тіла/добу) та оптимальне співвідношення перетравного протеїну до обмінної енергії зміщуються разом зі змінами інтенсивності обміну речовин. Крім того, температура впливає на протеїнозберігаючі ефекти ліпідів і вуглеводів: за ближчих до оптимуму температур ліпіди ефективніше покривають енергетичні витрати, зменшуючи катаболізм амінокислот, тоді як поза оптимумом протеїн частіше окиснюється на енергію, що робить фактичну потребу у протеїні для росту вищою навіть за незмінного відсотка в кормі (Kausar & Salim, 2006).

Доступність природної кормової бази (фіто- і зоопланктон) у водоймі істотно коригує формальну потребу в протеїні з комбікорму. Природні організми слугують додатковим, часто високозасвоюваним джерелом незамінних амінокислот та мікроелементів, завдяки чому відсоток протеїну у штучному раціоні без втрати продуктивності може бути нижчим: частину амінокислотної потреби покриває природна трофічна мережа (Kvale et al., 2007). В екологічно продуктивних ставках це проявляється у більш ефективному співвідношення перетравного протеїну до обмінної енергії за рахунок екзогенного протеїну з біоценозу, тоді як у бідних на планктон системах внесок природного протеїну мінімальний.

Режим культивування також визначає необхідний рівень протеїну. В інтенсивних і особливо ультраінтенсивних системах риби практично повністю залежать від гранульованих або екструдованих кормів, а подача корму є дозованою й регламентованою. За таких умов відсутній підстрахувальний потік амінокислот із природної кормової бази, тож для підтримання цільових темпів росту і прийнятного коефіцієнту конверсії корму потрібні вищі рівні протеїну та ретельно налаштоване співвідношення перетравного протеїну до обмінної енергії, з урахуванням температури, кисню, режиму аерації та гідродинаміки (Luo et al., 2014). Натомість у напівінтенсивних та екстенсивних системах природний корм частково компенсує дефіцит амінокислот, що дозволяє знижувати частку протеїну у штучному раціоні без погіршення приростів маси тіла (Kvale et al., 2007).

Потреба у протеїні залежно від щільності посадки риби. Щільність посадки впливає на протеїнові потреби риб через комплекс взаємопов'язаних трофічних, нейроендокринних, метаболічних і гідрохімічних механізмів, які змінюють структуру енергетичного обміну на користь витрат енергії і зменшують її частку, доступну для росту. Із підвищенням щільності посадки погіршується рівномірність розподілу кормових гранул у воді, посилюється міжособинна конкуренція та агресивні взаємодії між рибами. Це створює нерівномірність у споживанні корму окремими особинами, спричиняє появу груп швидкорослих і відстаючих риб, що знижує загальну ефективність використання корму. Недогодовування частини популяції підвищує відносні витрати енергії на підтримання життєвих функцій і сприяє використанню амінокислот як джерела енергії замість пластичних процесів росту. У результаті підвищується потреба в протеїні на одиницю приросту маси тіла, а також збільшується необхідність у більшому співвідношенні перетравного протеїну до обмінної енергії для підтримання прийнятного коефіцієнта конверсії корму. Поведінковий стрес за високої щільності активує гіпоталамо-гіпофізарно-інтерренальну вісь, що зумовлює підвищення рівня кортизолу та катехоламінів у крові. Це зміщує метаболічний баланс у бік розщеплення протеїнів: активізується протеоліз у м'язовій тканині, амінокислоти окиснюються для отримання енергії, а частка протеїну, яка може бути використана для росту, зменшується. Одночасно збільшується потреба в окремих амінокислотах, зокрема аргініні, проліні, гліцині, метіоніні та треоніні, які беруть участь у відновленні колагенових структур, формуванні сполучної тканини та підтриманні цілісності слизових оболонок. Таким чином, під впливом стресу зростає реальна потреба у протеїні для відновлення тканин і підтримання фізіологічної рівноваги. Підвищена щільність також спричиняє коливання показників якості води – зниження концентрації розчиненого кисню, накопичення аміаку та нітритів. Навіть відносно низькі концентрації неіонізованого аміаку пригнічують апетит, порушують газообмін і іонну рівновагу, тоді як підвищення рівня нітритів знижує здатність крові переносити кисень. Це обмежує оксидативне утворення енергії, знижує ефективність перетравлення і засвоєння протеїну, підвищує витрати енергії на осморегуляцію та детоксикацію. Таким чином, щоб зберегти інтенсивність росту, рибам потрібне більше протеїну у кормі, який компенсує зростання метаболічних витрат. У сукупності ці чинники зумовлюють підвищення фактичної потреби у протеїні на одиницю приросту маси тіла та необхідність збільшення рівня перетравного протеїну у кормі для досягнення опти-

мальної ефективності використання поживних речовин. Натомість за нижчої щільності посадки риби мають вільніший доступ до корму, менший рівень стресу та кращу якість води. За таких умов природна кормова база (фітопланктон і зоопланктон) частково забезпечує амінокислотні потреби, що дозволяє зменшити частку протеїну у комбікормі без погіршення показників росту та конверсії корму (Kvale et al., 2007; Costas et al., 2008).

Висновки

Дослідження протеїнового живлення риб, зокрема розподілу протеїну між процесами підтримання, росту та розмноження, має ключове значення для оптимізації годівлі й підвищення ефективності використання кормів у рибництві. Протеїн є основним структурним і функціональним компонентом організму, джерелом азоту для синтезу тканинних та ензимних сполук, тому його баланс визначає інтенсивність метаболізму та темпи росту. Визначення оптимального рівня протеїну за допомогою методу *broken line analysis* дозволяє відокремити потребу в протеїні для підтримання від потреби для росту, встановлюючи точку, після якої подальше підвищення протеїну не покращує продуктивність. Енергія, утримувана в організмі протеїном, є складовою чистої енергії, що витрачається на метаболічні процеси, і залежить від ефективності засвоєння та утримання протеїну. На ці процеси впливають як біотичні чинники (вид, вік, швидкість росту, ензимна активність), так і абіотичні умови (температура, якість води, фотоперіод). Надлишок протеїну підвищує енергетичні витрати на катаболізм, тоді як його дефіцит обмежує ріст і синтез тканин. Отже, глибоке розуміння протеїнового обміну є основою для створення збалансованих раціонів, що забезпечують високу продуктивність і раціональне використання кормових ресурсів у аквакультурі.

Подяка

Дослідження проведено в рамках державної наукової теми Міністерства освіти і науки України 04493706 № 0124U000924.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів.

References

Ahmed, I. (2007). Effect of ration size on growth, body composition, and energy and protein maintenance requirement of fingerling Indian major carp (Labeo rohita Hamilton). Fish Physiology and Biochemistry, 33(3), 203–212. DOI: 10.1007/s10695-007-9120-0.

Akand, A. M., Miah, M. I., & Haque, M. M. (1989). Effect of dietary protein level on growth, feed conversion and body composition of Heteropneustes fossilis. Aquaculture, 77(2–3), 175–180. DOI: 10.1016/0044-8486(89)90107-7

Aussanasuwannakul, A., Kenney, B. P., Weber, G. M., Yao, J., Slider, S. D., Manor, M. L., & Salem, M. (2011). Effect of sexual maturation on growth, fillet composition, and texture of female rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) on a high nutritional plane. Aquaculture, 317(1–4), 79–88. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2011.04.015.

Chen, Y.-F., Cao, K.-L., Huang, H.-F., Li, X.-Q., & Leng, X.-J. (2023). Dietary effects of lipid and protein levels on growth, feed utilization, lipid metabolism, and antioxidant capacity of triploid rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). Aquaculture Nutrition, 2023, 8325440. DOI: 10.1155/2023/8325440.

Chorong, L., Jee, E. H., Ji, E. K., Sung, H. K., Jae, W. K., & Jong, S. E. (2019). Effect of dietary supplementation of Bacillus spp. on growth performance, and resistance of Pacific white shrimp (Litopenaeus vannamei) to acute hepatopancreatic necrosis disease. Israeli Journal of Aquaculture – Bamidgeh, 71. DOI: 10.46989/001c.20999.

Costas, B., Aragão, C., Mancera, J. M., Dinis, M. T., & Conceição, L. E. (2008). High stocking density induces crowding stress and affects amino acid metabolism in Senegalese sole (Solea senegalensis). Aquaculture Research, 39(1), 1–9. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2007.01843.x.

de Arazoza Dacosta-Calheiros, M. (2003). Alternative sources of protein in feed for cultured fish: Case study on Atlantic cod fry (Gadus morhua). UNU – Fisheries Training Programme, Reykjavik, Iceland. URL: https://www.unuftp.is/static/fellows/document/maria03prf.pdf.

Fournier, V., Gouillou-Coustans, M. F., Metailler, R., Vachot, C., Guedes, M. J., & Tulli, F. (2002). Protein and arginine requirements for maintenance and nitrogen gain in four teleosts. British Journal of Nutrition, 87(5), 459–469. DOI: 10.1079/BJN2002561.

Gamboa-Delgado, J., Rojas-Casas, M., Nieto-López, M., & Cruz-Suarez, L. (2013). Simultaneous estimation of the nutritional contribution of fish meal, soy protein isolate and corn gluten to the growth of Pacific white shrimp (Litopenaeus vannamei) using dual stable isotope analysis. Aquaculture, 380–383, 33–40. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2012.11.028.

Gatlin, D. M. III, Poe, W. E., & Wilson, R. P. (1986). Protein and energy requirements of fingerling channel catfish for maintenance and maximum growth. Journal of Nutrition, 116(11), 2121–2131. DOI: 10.1093/jn/116.11.2121.

Gopika, R., Yashwanth, B. S., Shivkumar, S., Sidramappa, M. V., Nevil, P., Prathik, M. R., & Pradeep, K. (2020). Dietary protein requirement for maintenance, growth, and reproduction in fish: A review. Journal of Entomology and Zoology Studies, 8(1), 208–215. URL: https://www.entomoljournal.com/archives/2020/vol8issue4/PartD/8-3-296-984.pdf.

He, Z., Tian, X., Li, J., Guo, J., Cheng, X., & Wang, D. (2024). Effects of dietary protein and lipid levels on growth performance and serum biochemical indices of juvenile Furong crucian carp. Fishes, 9(11), 466. DOI: 10.3390/fishes9110466.

Jiang, X., Qu, F., Ge, Y., Li, C., Shi, X., Hu, X., Cheng, L., Zhao, X., & Jia, Z. (2025). Effects of dietary protein levels on the growth, physiological, and biochemical indices of juvenile Yellow River carp

(Cyprinus carpio haematopterus). Animals, 15(12), 1800. DOI: 10.3390/ani15121800.

Kabir, M. A., Ghaedi, A., & Hashim, R. (2012). Ovarian development and sexual maturation of female striped catfish (Pangasianodon hypophthalmus) reared in captivity. Asian Fisheries Science, 25(3), 232–244. DOI: 10.33997/j.afs.2012.25.3.007.

Kamalam, J. B., Biju, S., Médale, F., & Panserat, S. (2016). Utilisation of dietary carbohydrates in farmed fishes: New insights on influencing factors, biological limitations and future strategies. Aquaculture, 467, 3–10. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2016.02.007.

Kausar, R., & Salim, M. (2006). Effect of water temperature on growth performance and feed conversion ratio of Labeo rohita. Pakistan Veterinary Journal, 26(3), 105–108. URL: https://pvj.com.pk/pdf-files/26_3/105-108.pdf.

Kaushik, S. J., Doudet, T., Médale, F., Aguirre, P., & Blanc, D. (1995). Protein and energy needs for maintenance and growth of Nile tilapia (Oreochromis niloticus). Journal of Applied Ichthyology, 11(3–4), 290–296. DOI: 10.1111/j.1439-0426.1995.tb00025.x.

Khan, S. K., Dutta, J., Ahmad, I., Rather, M. A., Badroo, I. A., & Taj, S. (2025). Fish protein: A nutritional solution for global food security. In J. K. Sundaray et al. (Eds.), Food security, nutrition and sustainability through aquaculture technologies. Springer. 1–17. DOI: 10.1007/978-3-031-75830-0_27.

Kvale, A., Nordgreen, A., Tonheim, S. K., & Hamre, K. (2007). The problem of meeting dietary protein requirements in intensive aquaculture of marine fish larvae, with emphasis on Atlantic halibut (Hippoglossus hippoglossus L.). Aquaculture Nutrition, 13(3), 170–185. DOI: 10.1111/j.1365-2095.2007.00466.x.

Luo, G., Gao, Q., Wang, C., Liu, W., Sun, D., Li, L., & Tan, H. (2014). Growth, digestive activity, welfare, and partial cost-effectiveness of genetically improved farmed tilapia (Oreochromis niloticus) cultured in a recirculating aquaculture system and an indoor biofloc system. Aquaculture, 422–423, 1–7. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2013.11.017.

Manivannan, S., & Saravanan, T. S. (2012). Impact of formulated protein diets on growth of Indian major carp, Labeo rohita (Hamilton). Fisheries and Aquaculture Journal, FAJ-57. DOI: 10.4172/2150-3508.FAJ-57.

Mankiewicz, J. L., Gao, G., & Leeds, T. (2025). Transcriptomic profiles of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) selectively bred for high and low fillet yield. Marine Biotechnology, 27, 102. DOI: 10.1007/s10126-025-10479-0.

Mannur, V. (2020). Dietary protein requirement for maintenance, growth, and reproduction in fish: A review. Journal of Entomology and Zoology Studies, 8(1), 208–215.

McGoogan, B. B., & Gatlin, D. M. III. (1998). Metabolic requirements of red drum (Sciaenops ocellatus) for protein and energy based on weight gain and body composition. Journal of Nutrition, 128(1), 123–129. DOI: 10.1093/jn/128.1.123.

Nazeer, S., Fornari, D., Galkanda-Arachchige, H., Tilton, S., & Davis, D. (2021). Use of high-protein distiller's dried grain with yeast in practical diets for the channel catfish (Ictalurus punctatus). Aquaculture, 546, 737387. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2021.737387.

Novriadi, R., Leilani, A., Farkan, M., Ilham, Panjaitan, A. S., Pitoyo, A., Nazar, F., Margono, R., Roselia, S., Rusydi, S. M., Rahmawati, A., & Nadya, T. L. L. (2025). Optimum dietary crude protein level for Nile tilapia (Oreochromis niloticus) cultured in saline environment. AACL Bioflux, 18(5), 2323–2333. URL: https://www.bioflux.com.ro/docs/2025.2323-2333.pdf.

Oliva-Teles, A., Couto, A., Enes, P., & Peres, H. (2019). Dietary protein requirements of fish – A meta-analysis. Reviews in Aquaculture, 12(3), 1576–1598. DOI: 10.1111/raq.12391.

Polakof, S., Panserat, S., Soengas, J., & Moon, T. (2012). Glucose metabolism in fish: A review. Journal of Comparative Physiology B, 182(7), 1015–1045. DOI: 10.1007/s00360-012-0658-7.

Pujadebi, B., Hiranmoy, D., Sukalpa, M., Surya-Kanta, S., & Srinibas, D. (2025). Nutritional strategies for improving reproductive performance in fishes. In Aquaculture: Enhancing food security and nutrition. Springer, 409–430. DOI: 10.1007/978-3-031-92858-1_20.

Ravendra, K. S., Amjad, K. B., & Manoj, M. G. (2006). Protein sparing effect of carbohydrates in the diet of Cirrhinus mrigala (Hamilton, 1822) fry. Aquaculture, 258(1–4), 680–684. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2006.03.049.

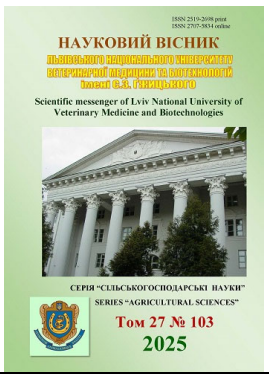
Rueda-Jassoa, R., Conceição, L. E. C., Dias, J., De Coend, W., Gomes, E., Rees, J. F., Soares, F., Dinis, M. T., & Sorgeloos, P. (2004). Effect of dietary non-protein energy levels on condition and oxidative status of Senegalese sole (Solea senegalensis) juveniles. Aquaculture, 231(1-4), 417–433. DOI: 10.1016/S0044-8486(03)00537-4.

Sink, T., Lochmann, R., & Kinsey, N. (2010). Growth and survival of channel catfish (Ictalurus punctatus) fry fed diets with 36 or 45% total protein and all plant or animal protein sources. Journal of the World Aquaculture Society, 41(1), 124–129. DOI: 10.1111/j.1749-7345.2009.00319.x.

Syandri, H., Azrita, A., & Mardiah, A. (2023). The proximate composition, amino acid profile, fatty acid content, and mineral content of scale flour from three fish species as potential feeds for fish fry [version 2; peer review: 2 approved]. F1000Research, 12, 1144. DOI: 10.12688/f1000research.141304.2.

Turlybek, N., Nurbekova, Z., Mukhamejanova, A., Baimurzina, B., Kulatayeva, M., Aubakirova, K. M., & Alikulov, Z. (2025). Sustainable aquaculture systems and their impact on fish nutritional quality. Fishes, 10(5), 206. DOI: 10.3390/fishes10050206.

Zakeri, M., Marammazi, J. G., Kochanian, P., Savari, A., Yavari, V., & Haghi, M. (2009). Effects of protein and lipid concentrations in broodstock diets on growth, spawning performance and egg quality of yellowfin sea bream (Acanthopagrus latus). Aquaculture, 295(1–2), 99–105. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2009.06.026.



Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького. Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences

ISSN 2519–2698 print
ISSN 2707-5834 online

doi: 10.32718/nvlvet-a10334
https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture

UDC 636.4:636.033:635.084.421

Biochemical homeostasis and enzymatic adaptation in broiler chickens under partial replacement of soybean meal with high-protein sunflower concentrate

V. Shkarban, M. Sychov✉

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Article info

Received 25.08.2025
Received in revised form 25.09.2025
Accepted 26.09.2025

National University of Life and Environmental Science of Ukraine, Heroiv Oborony Str., 15, Kyiv, 03041, Ukraine.
Tel.: +38-050-502-80-19
E-mail: sychov@ukr.net

Shkarban, V., Sychov, M. (2025). Biochemical homeostasis and enzymatic adaptation in broiler chickens under partial replacement of soybean meal with high-protein sunflower concentrate. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 27(103), 282–289. doi: 10.32718/nvlvet-a10334

The present study aimed to experimentally evaluate the physiological safety and metabolic consequences of replacing soybean meal (SBM) with high-protein sunflower concentrate (HPSC) in broiler diets, based on serum biochemical markers of homeostasis and enzymatic activity profiles. The rationale is supported by accumulated scientific evidence indicating that sunflower-derived ingredients can be viable alternatives to SBM provided that the amino acid balance (particularly lysine supply) and the content of non-starch polysaccharides are appropriately controlled to avoid excessive digesta viscosity and impaired lipid digestibility. In this trial, Cobb-500 broilers (n = 4×100; 42 days) received a control SBM-based diet or diets with 100 % SBM→HPSC replacement, 50 % replacement on a crude-protein basis, or 50 % by ingredient quantity. All diets were isoenergetic, isonitrogenous, and balanced for essential amino acids; feeding was ad libitum. Serum biochemical indices (n = 6/group) were assessed using an automated analyzer, and data were statistically processed using parametric and non-parametric tests. All measured parameters remained within established reference intervals, confirming the absence of systemic physiological disruption. However, significant inter-treatment differences indicated a stimulation of anabolic metabolism in response to HPSC inclusion. Compared with the control, total protein concentrations increased by 11.0 % (100 % HPSC), 10.2 % (50 % CP-based replacement), and 8.7 % (50 % quantity-based replacement); glucose by 5.5 %, 3.1 %, and 8.6 %; creatinine by 20.0 %, 18.8 %, and 21.8 %; uric acid by 7.2 %, 8.2 %, and 11.4 %, respectively ($P \leq 0.05$–0.001). Elevated creatinine within physiological limits suggests enhanced skeletal muscle development rather than nephrotoxicity. Bilirubin, cholesterol, calcium, phosphorus, and magnesium concentrations remained stable, indicating preserved lipid, pigment, and mineral metabolism. Enzymatic responses corroborated the physiological safety and metabolic benefits of HPSC: alanine aminotransferase and γ-glutamyltransferase remained unchanged; aspartate aminotransferase activity was significantly reduced, most pronounced at 50 % quantity-based replacement (−31.4 %; $P < 0.001$), reflecting lower muscle catabolism. Alkaline phosphatase activity increased (by 15.8–70.7 %; $P < 0.001$) within normal ranges, indicating active osteogenesis and potentially improved intestinal Ca/P absorption. Collectively, the results demonstrate that a 50 % replacement of SBM with HPSC is metabolically justified, physiologically safe, and capable of supporting anabolic processes in rapidly growing broilers without inducing hepatorenal stress. From a practical standpoint, HPSC use enables reduction of SBM dependence and raw-material risks while maintaining nutritional adequacy of industrial broiler diets through precise balancing of amino acid supply and fiber fractions.

Keywords: *high-protein sunflower concentrate, soybean meal replacement, broiler chickens, serum biochemistry, creatinine, uric acid, aspartate aminotransferase (AST), alkaline phosphatase (ALP), nitrogen metabolism, energy metabolism, osteogenesis, protein anabolism, alternative protein sources, feed formulation.*

Біохімічний гомеостаз і ферментна адаптація бройлерів за часткової заміни соєвого шроту високопротеїновим соняшниковим концентратом

В. Шкарбан, М. Сичов✉

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

Метою дослідження було експериментально оцінити фізіологічну безпечність і метаболічні наслідки заміни соєвої макухи (СМ) високопротеїновим соняшниковим концентратом (ВСК) у раціонах бройлерів з урахуванням біохімічних маркерів гомеостазу та ферментативного профілю. Обґрунтування базується на сучасних даних про потенціал соняшникових продуктів як альтернативи соєвим за умови корекції амінокислотного балансу (насамперед лізину) та контролю вмісту некрохмальних полісахаридів, що можуть впливати на в'язкість хімусу й перетравність ліпідів. У досліді курчата Cobb-500 (n = 4×100; 42 доби) отримували: контрольний раціон на основі СМ; 100 % заміну СМ на ВСК; 50 % заміни СМ на ВСК за сирим протеїном або 50 % – за кількістю компонента. Раціони були збалансовані за енергією, протеїном та есенціальними амінокислотами; годівля – ad libitum. Біохімічні показники сироватки (n = 6/група) визначали на автоматичному аналізаторі. Біохімічний профіль у всіх варіантах залишався в межах референтних інтервалів, що підтверджує відсутність системних порушень гомеостазу. Водночас встановлено достовірні між варіантні зрушення, які вказують на посилення анаболізму за використання ВСК. Порівняно з контролем, концентрація загального протеїну зростала на 11,0 % (100 % ВСК), 10,2 % (50 % ВСК за протеїном) і 8,7 % (50 % ВСК за кількістю); глюкози – на 5,5 %, 3,1 % і 8,6 %; креатиніну – на 20,0 %, 18,8 % і 21,8 %; сечової кислоти — на 7,2 %, 8,2 % і 11,4 % (P ≤ 0,05–0,001). Такі зміни узгоджуються з інтенсифікацією протеїнового та енергетичного метаболізму в період швидкого росту, а підвищення креатиніну (у межах норми) інтерпретується як індикатор більшого обсягу скелетної мускулатури без ознак нефротоксичності. Білірубін, холестерол, кальцій, фосфор і магній залишалися стабільними, що свідчить про збереженість ліпідного, пігментного та мінерального обміну. Ензиматичні показники підтвердили фізіологічну безпечність застосування ВСК: активність АЛТ і ГГТ не відрізнялася від контролю; активність АСТ знижувалася, найвиразніше – за 50 % заміни за кількістю (–31,4 %; P < 0,001), що відображає нижчий білковий катаболізм і менший м'язовий стрес. Лужна фосфатаза зростала (15,8–70,7%; P < 0,001) у межах норми, що відповідає активному остеогенезу та підвищеній абсорбції Ca/P на тлі покращеної морфофункції кишківника. Сумарно отримані результати свідчать, що ВСК за рівнів 50 % заміни СМ є метаболічно обґрунтованим і фізіологічно безпечним інгредієнтом, здатним підтримувати анаболічні процеси без ознак гепаторенального навантаження. Практично це відкриває можливість зменшення частки СМ у раціонах та зниження залежності від сої за умови точного балансування амінокислот і контролю фракційного складу клітковини.

Ключові слова: *високопротеїновий соняшниковий концентрат (ВСК), соєва макуха (СМ), бройлери, біохімічні показники сироватки, креатинін, сечова кислота, аспартатамінотрансфераза, лужна фосфатаза, азотний обмін, енергетичний метаболізм, остеогенез, протеїновий анаболізм, альтернативні джерела протеїну, кормові технології.*

Вступ

Численні експериментальні дослідження останніх років (Waititu et al., 2018; Zając et al., 2020; Mbukwane et al., 2022) підтверджують можливість включення різноманітних форм соняшника в раціони птиці і отримання позитивних результатів, так зокрема при включенні близько 15 % повножирного насіння соняшнику до раціонів бройлерів у віці 21–42 діб може позитивно модулювати продуктивність птиці. Зокрема, фіксують збільшення фінальної живої маси, зростання середньодобового споживання корму та поліпшення розвитку грудних і гомілкових м'язів, а також підвищення маси м'язового шлунка (Zając et al., 2020). Ці дані є особливо показовими з огляду на те, що за збалансованих за енергією та протеїном раціонів досягнення достовірного приросту продуктивності є складним завданням. Передбачається, що позитивний ефект зумовлений ліпідним профілем насіння соняшнику, багатим на лінолеву кислоту (ω-6), яка стимулює анаболічні процеси, проліферацію клітин і розвиток функціональних тканин (Zając et al., 2020). Waititu et al. (2018) та Attia et al. (2003) засвідчили, що заміна до 50 % соєвого шроту соняшниковим не знижує темпів росту в стартовий і фінішний періоди вирощування. У дослідженнях Amerah et al. (2015) за включення 5–6 %, 8–10 % і 8–12 % соняшникової макухи до раціону не відмічали суттєвих змін у живій масі, FCR чи морфологічних показниках внутрішніх органів. Схожі висновки наведено Pirgozliev et al. (2023), які показали, що заміна 67 % соєвого шроту сумішшю соняшникового та ріпакового у раціонах курей-несучок не погіршувала споживання енергії, живу масу та несучість.

Однак, низка робіт демонструє й протилежні тенденції, що обумовлено численними супутніми чинниками – період вирощування, рівень та форма введення компонентів, амінокислотний баланс (Senkoylu & Dale, 2006; Alagawany et al., 2015; Ozturk, 2016; Mbukwane et al., 2022). Так, збільшення частки соняшникового шроту в раціонах може призводити до зниження ефективності використання корму, що пов'язують із лізиновою лімітованістю соняшникового протеїну (Abbas & Yagoub, 2008). Додавання кристалічного лізину частково компенсує дефіцит, покращуючи конверсію корму, але не завжди забезпечує рівень, порівнянний із соєвим білком.

Gerzilov & Petrov (2022) рекомендують використовувати високопротеїновий соняшниковий шрот у концентраціях до 10 % на стадії стартера, 20 % – у період росту та 23 % – у фінішний період. За таких умов цей компонент може покривати понад 50 % потреби у сирому протеїні без негативного впливу на інтенсивність росту. Tüzün et al. (2020) показали, що 10 % введення соняшникового шроту сприяє збільшенню площі абсорбційної поверхні кишечнику, тоді як 15–20 % викликають погіршення приростів і конверсії корму. Подібні дані отримано Sosa-Montes et al. (2021), які визначили 10 % як оптимальний рівень

введення, що зберігає продуктивність і збільшує відносну масу печінки.

Нутритивні зміни також можуть впливати на якість м'яса: збільшення темності та зменшення жовтизни грудного м'яза (Sosa-Montes et al., 2021), що пояснюється вмістом поліфенольних сполук, зокрема хлорогенової кислоти, здатної уповільнювати окиснення міоглобіну та гемових пигментів (Alagawany et al., 2015).

Разом з тим, високі рівні введення соняшнику можуть знижувати засвоюваність ліпідів і енергетичний статус птиці (Zając et al., 2020). Основною причиною є значний вміст некрохмальних полісахаридів, які збільшують в'язкість хімусу та зменшують перетравність, особливо жирів (Khidr & Elbaz, 2024; Hong et al., 2024; Fariborz & Fariba, 2024). Молодняк особливо чутливий до антипоживних речовин, що обмежує рекомендовані дози в перші тижні вирощування (Apperson & Cherian, 2017).

Аналіз доступних літературних даних свідчить, що соняшникові кормові продукти, зокрема соняшникова макуха та високопротеїнові концентрати, є потенційно ефективними альтернативами соєвому шроту в годівлі бройлерів. Їх використання може забезпечувати стабільні показники росту, збереження ефективності використання корму, а за окремих умов – навіть покращувати розвиток м'язової тканини та морфофункціональний стан травного тракту. Водночас висока частка некрохмальних полісахаридів, амінокислотна лімітованість лізину та варіабельність жирового складу можуть призводити до зниження перетравності поживних речовин і, відповідно, продуктивності птиці за надмірного рівня введення.

Мета дослідження

Саме для усунення зазначених суперечностей і уточнення метаболічних меж безпечного та продуктивного застосування високопротеїнового соняшникового концентрату в умовах промислового вирощування бройлерів було проведено наше дослідження, спрямоване на оцінку впливу 50 % заміни соєвого макухи викокопротеїновим соняшниковим концентратом на біохімічні індикатори гомеостазу птиці.

Матеріал і методи досліджень

Експерименти з піддослідними тваринами проводилися відповідно до правил Європейської конвенції про захист хребетних тварин (Офіційний журнал Європейського Союзу L276/33, 2010) та були організовані Наказ Міністерства економіки України "Про затвердження вимог щодо добробуту сільськогосподарських тварин під час їх утримання" від 18 лютого 2021 року. Дослідження проводили в умовах Центру досліджень та розробок у птахівництві AVA Group, с. Половинчик , Черкаська область.

У якості об'єкту дослідження використовували курчат-бройлерів промислового стада кросу "Кобб-500". Експеримент тривав 42 доби, від посадки добових курчат на вирощування до забою. Упродовж вирощування курчат-бройлерів утримували на підлозі згідно рекомендацій розробника кросу (Cobb Broiler Management Guide, 2022).

У добовому віці курчат-бройлерів було розділено на чотири групи по 100 голів у кожній. Відмінності між групами були зумовлені лише складом використовуваного раціону (табл. 1).

Таблиця 1

Схема досліду з вивчення використання в годівлі курчат-бройлерів заміни соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом

Групи	Характеристика корму	Рівень заміни у раціоні соєвої високопротеїновим соняшниковим концентратом, %			
		Віковий період, діб			
		0–12	13–28	29–35	36–42
1 (контрольна)	Основний корм (ОК)	0			
2 (дослідна)	Основний корм (ОК) із повною заміною соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом	100			
3 (дослідна)	Основний корм (ОК) із заміною соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом	50 % за сирим протеїном			
4 (дослідна)	Основний корм (ОК) із заміною соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом	50 % за кількістю			

Зокрема, різниця в годівлі птиці контрольної і дослідних груп була зумовлювалася повною або частковою заміною у раціоні соєвої макухи на високопротеїновий соняшниковий концентрат. Бройлери контрольної групи отримувала повнораціонний комбікорм лише на основі соєвої макухи, без додавання високопротеїнового соняшникового концентрату. У раціоні бройлерів другої групи соєва макуха була повністю замінений на соняшниковий концентрат. У курей 3 групи заміна складала 50 % з сиром протеїном, а у курчат 4 групи – раціон був сформований таким чином, щоб заміна соєвої макухи складала 50 % за кількістю. Комбікорми використовувались у сухому розсипчастому вигляді.

Біохімічні параметри та активність ензимів сироватки крові птиці визначали у ТОВ "Центр Ветеринарної Діагностики" на біохімічному аналізаторі Beckman Coulter (США) із використанням специфічних для нього тест-систем.

Для визначення вмісту в сироватці крові курей глюкози використовували комерційні діагностичні набори (High Technology Inc., США) – HT-G242 (метод: оксидаза, кінцева точка; довжина хвилі – 500 нм), загального протеїну – HT-T251 (метод: біурет, кінцева точка; довжина хвилі – 540 нм), альбуміну – HT-A203 (метод: бромкрезоловий зелений, кінцева точка; довжина хвилі – 630 нм), креатиніну – HT-C225 (метод: Яффе, кінетика; довжина хвилі – 510 нм), сечовини – HT-U254 (метод: Trinder / уриказа, кінцева точка; довжина хвилі – 520 нм), холестеролу – HT-C218 (метод: ферментативний, кінцева точка; довжина хвилі – 500 нм), Фосфору – HT-P244 (метод: молібдат амонію, кінцева точка; довжина хвилі – 340 мкм), Кальцію – HT-C216 (метод: ОКФ, кінцева точка; довжина хвилі – 570 нм); концентрацію аланінамінотрансферази – HT-A206 (метод: IFCC, кінетика; довжина хвилі – 340 нм), аспартатамінотрансферази – HT-A109 (метод: IFCC, кінетика; довжина хвилі –340 нм), лужної фосфатази – HT-A205 (метод: кінетика; довжина хвилі – 405 нм), лактатдегідрогенази – HT-L236 (метод: модифікований метод Wacker/Tris, кінетика; довжина хвилі – 340 нм), гамма-глутамілтрансферази – HTI-G7571-120 (метод: модифікований метод Szasz, кінетика; довжина хвилі – 405 нм). Референтні значення біохімічних параметрів визначали за Nedjoua A. (Nedjoua & Boudebza, 2021).

Біометричну обробку даних здійснювали на ПК за допомогою програмного забезпечення MS Excel з використанням вбудованих статистичних функцій. Достовірність різниці між групами оцінювали за t-критерієм Ст'юдента, а також з використанням однофакторного дисперсійного аналізу (ANOVA) та критерію множинних порівнянь Тьюкі-Крамера в якості інструмента post-hoc тестування. Перевірку розподілу даних вибірки на нормальність проводили за критерієм Шапіро-Уилка. У випадку якщо розподіл даних вірогідно відрізнявся від нормального, використовували непараметричний U-критерій Манна-Уітні. Відмінності між групами вважалися достовірними за $P < 0,05$.

Результати та їх обговорення

Піддослідним курчатам-бройлерам згодовували повнораціонні комбікорми, збалансовані за всіма поживними речовинами згідно з рекомендованими нормами. Склад комбікорму, що використовувався для годівлі курчат-бройлерів, наведено у таблицях 2–5.

Таким чином, різниця в годівлі птиці контрольної і дослідних груп зумовлювалася повною або частковою заміною у раціоні соєвої макухи на високопротеїновий соняшниковий концентрат.

Виявлено, що заміна у раціоні курчат-бройлерів соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом не вплинула на фізіологічний стан їх організму. Зокрема, під час дослідження біохімічних параметрів сироватки крові курчат-бройлерів, у яких соєва макуха повністю або частково була заміна на високопротеїновий соняшниковий концентрат, встановлено, що біохімічний профіль бройлерів усіх груп перебував у межах референтних інтервалів (табл. 6). Однак, в межах фізіологічної норми між групами спостерігалась деяка мінливість таких біохімічних показників, як загальний протеїн, глюкоза, креатинін та сечова кислота.

Таблиця 2

Склад стартового раціону для курчат-бройлерів, %

Показник	Група курчат-бройлерів / % заміни соєвої макухи			
	1	2	3	4
	0	100	50 за сирим протеїном	50 за кількістю
Кукурудза	36,972	44,352	43,058	42,311
Концентрат соняшниковий СП44	–	35,648	25,000	18,850
Макуха соєва СП 41	40,599	0,000	11,942	18,839
Пшениця	15,000	15,000	15,000	15,000
Борошно вапнякове Са 35 %	1,598	1,517	1,543	1,558
Кукурудзяне борошно	1,294	0,690	0,869	0,972
Монокальцій фосфат	0,635	0,812	0,756	0,725
Метіонін 99,5 %	0,372	0,228	0,270	0,295
Лізин гідрохлорид	0,309	0,791	0,651	0,570
Сіль	0,286	0,017	0,099	0,146
Треонін 99 %	0,156	0,221	0,202	0,191
Суміш мікроелементів	0,100	0,100	0,100	0,100
Excential Toxin Plus (абсорбент)	0,100	0,100	0,100	0,100
Нікамакс (кокцидіостатик)	0,055	0,055	0,055	0,055
Betakey 95% HCL (бетаїн)	0,038	0,038	0,038	0,038
Суміш вітамінів для бройлерів	0,030	0,030	0,030	0,030
Axtra PHY 10000 TPT (фітаза)	0,015	0,015	0,015	0,015
Антиоксидант	0,013	0,013	0,013	0,013
Соєва олія	2,429	0,000	–	–
Натрій сульфат	–	0,374	0,260	0,194
Разом	100,001	100,001	100,001	100,002

Таблиця 3
Склад гроверного раціону № 1 для курчат-бройлерів, %

Показник	Група курчат-бройлерів / % заміни соєвої макухи			
	1	2	3	4
	0	100	50 за сирим протеїном	50 за кількістю
Кукурудза	36,972	44,352	43,058	42,311
Концентрат соняшниковий СП44	–	35,648	25,000	18,850
Макуха соєва СП 41	40,599	0,000	11,942	18,839
Пшениця	15,000	15,000	15,000	15,000
Борошно вапнякове Са 35 %	1,598	1,517	1,543	1,558
Кукурудзяне борошно	1,294	0,690	0,869	0,972
Монокальцій фосфат	0,635	0,812	0,756	0,725
Метіонін 99,5 %	0,372	0,228	0,270	0,295
Лізин гідрохлорид	0,309	0,791	0,651	0,570
Сіль	0,286	0,017	0,099	0,146
Треонін 99 %	0,156	0,221	0,202	0,191
Суміш мікроелементів	0,100	0,100	0,100	0,100
Excential Toxin Plus (абсорбент)	0,100	0,100	0,100	0,100
Нікамакс (кокцидіостатик)	0,055	0,055	0,055	0,055
Betakey 95% HCL (бетаїн)	0,038	0,038	0,038	0,038
Суміш вітамінів для бройлерів	0,030	0,030	0,030	0,030
Axtra PHY 10000 TPT (фітаза)	0,015	0,015	0,015	0,015
Антиоксидант	0,013	0,013	0,013	0,013
Соєва олія	2,429	0,000	–	–
Натрій сульфат	–	0,374	0,260	0,194
Разом	100,000	100,000	100,000	100,000

Таблиця 4
Склад гроверного раціону № 2 для курчат-бройлерів, %

Показник	Група курчат-бройлерів / % заміни соєвої макухи			
	1	2	3	4
	0	100	50 за сирим протеїном	50 за кількістю
Кукурудза	46,380	52,276	51,530	50,687
Концентрат соняшниковий СП44	–	27,724	21,590	14,650
Макуха соєва СП 41	31,606	–	6,880	14,663
Пшениця	15,000	15,000	15,000	15,000
Борошно вапнякове Са 35 %	1,258	1,196	1,211	1,228
Кукурудзяне борошно	2,386	1,911	2,015	2,131
Монокальцій фосфат	0,089	0,226	0,195	0,159
Метіонін 99,5 %	0,278	0,166	0,190	0,218
Лізин гідрохлорид	0,259	0,635	0,554	0,463
Сіль	0,290	0,072	0,120	0,173
Треонін 99 %	0,091	0,142	0,131	0,119
Суміш мікроелементів	0,100	0,100	0,100	0,100
Excential Toxin Plus (абсорбент)	0,100	0,100	0,100	0,100
Нікамакс (кокцидіостатик)	0,060	0,060	0,060	0,060
Betakey 95% HCL (бетаїн)	0,030	0,030	0,030	0,030
Суміш вітамінів для бройлерів	0,030	0,030	0,030	0,030
Axtra PHY 10000 TPT (фітаза)	0,015	0,015	0,015	0,015
Антиоксидант	0,013	0,013	0,013	0,013
Соєва олія	2,015	–	–	–
Натрій сульфат		0,303	0,237	0,162
Разом	100,000	100,000	100,000	100,000

Так, у курей 2-ї групи, у раціоні яких соєва макуха була повністю замінена на високопротеїновий соняшниковий концентрат, виявлено вищий вміст в сироватці крові загального протеїну на 2,9 г/л або 11,0 % ($P < 0,001$), глюкози – на 0,7 ммоль/л або 5,5 % ($P < 0,001$), креатиніну – на 3,2 мкмоль/л або 20,0 % ($P < 0,001$), сечової кислоти – на 16,7 ммоль/л або 7,2 % ($P < 0,001$), порівняно з контрольною групою.

У курей 3-ї групи, у раціоні яких заміна соєвої макухи на високопротеїновий соняшниковий концентрат складала 50 % за сирим протеїном, виявлено вищий вміст в сироватці крові загального протеїну на 2,7 г/л або 10,2 % ($P < 0,001$), глюкози – на 0,4 ммоль/л або 3,1 % ($P < 0,05$), креатиніну – на 3,0 мкмоль/л або 18,8 % ($P < 0,001$), сечової кислоти – на 19,0 ммоль/л або 8,2 % ($P < 0,001$), порівняно з контрольною групою.

Таблиця 5
Склад фінішного раціону для курчат-бройлерів, %

Показник	Група курчат-бройлерів / % заміни соєвої макухи			
	1	2	3	4
	0	100	50 за сирим протеїном	50 за кількістю
Кукурудза	49,247	54,687	54,096	53,236
Концентрат соняшниковий СП44	–	25,313	20,450	13,370
Макуха соєва СП 41	28,868	–	5,454	13,394
Пшениця	15,000	15,000	15,000	15,000
Борошно вапнякове Са 35 %	1,234	1,177	1,189	1,207
Кукурудзяне борошно	2,672	2,238	2,320	2,438
Монокальцій фосфат	0,061	0,186	0,161	0,124
Метіонін 99,5 %	0,215	0,113	0,132	0,160
Лізин гідрохлорид	0,202	0,546	0,482	0,388
Сіль	0,291	0,091	0,129	0,183
Треонін 99 %	0,040	0,087	0,078	0,065
Суміш мікроелементів	0,100	0,100	0,100	0,100
Excential Toxin Plus (абсорбент)	0,100	0,100	0,100	0,100
Нікамакс (кокцидіостатик)	0,026	0,026	0,026	0,026
Betakey 95% HCL (бетаїн)	0,030	0,030	0,030	0,030
Суміш вітамінів для бройлерів	0,015	0,015	0,015	0,015
Axtra PHY 10000 TPT (фітаза)	0,013	0,013	0,013	0,013
Соєва олія	1,885	–	–	–
Натрій сульфат		0,278	0,226	0,150
Разом	100,000	100,000	100,000	100,000

Таблиця 6
Біохімічні показники сироватки крові курчат-бройлерів залежно від рівня заміни у раціоні соєвої макухи на високопротеїновий соняшниковий концентрат, n = 6/група

Показники	Група курчат-бройлерів / % заміни соєвої макухи				PI[1]
	1	2	3	4	
	0	100	50 за сирим протеїном	50 за кількістю	
Загальний протеїн, г/л	26,4 ± 0,36	29,3 ± 0,41***	29,1 ± 0,14***	28,7 ± 0,48***	10,5–36,8
Альбумін, г/л	15,5 ± 0,23	15,5 ± 0,68	15,0 ± 0,45	15,5 ± 0,22	15,0–22,0
Глюкоза, ммоль/л	12,8 ± 0,13	13,5 ± 0,11***	13,2 ± 0,12*	13,9 ± 0,15***	7,0–14,0
Креатинін, мкмоль/л	16,0 ± 0,13	19,2 ± 0,22***	19,0 ± 0,15***	19,5 ± 0,21***	9,0–36,0
Білірубін, мкмоль/л	2,0 ± 0,02	1,5 ± 0,06	2,1 ± 0,02	1,5 ± 0,03	<4,0
Сечова кислота, ммоль/л	231,5 ± 1,44	248,2 ± 1,73***	250,5 ± 1,14***	258,0 ± 1,36***	230,0–450,0
Холестерол, ммоль/л	3,25 ± 0,11	3,15 ± 0,43	3,25 ± 0,16	3,23 ± 0,07	3,0–6,0
Кальцій, ммоль/л	2,41 ± 0,078	2,61 ± 0,089	2,41 ± 0,077	2,54 ± 0,023	2,4–3,1
Фосфор, ммоль/л	2,40 ± 0,069	2,51 ± 0,087	2,52 ± 0,072	2,50 ± 0,097	1,5–4,0
Магній, ммоль/л	0,98 ± 0,048	1,05 ± 0,025	0,97 ± 0,021	0,96 ± 0,023	0,9–1,8

Примітки:*P < 0,05; **P < 0,01; ***P < 0,001– порівняно з 1-ю (контрольною) групою;
[1]PI – референтний інтервал за Nedjoua & Boudebza (2021).

У курей 4-ї групи, у раціоні яких заміна соєвої макухи на високопротеїновий соняшниковий концентрат складала 50 % за кількістю, виявлено вищий вміст в сироватці крові загального протеїну на 2,3 г/л або 8,7 % (P < 0,001), глюкози – на 1,1 ммоль/л або 8,6 % (P < 0,001), креатиніну – на 3,5 мкмоль/л або 21,8 % (P < 0,001), сечової кислоти – на 26,5 ммоль/л або 11,4 % (P < 0,001), порівняно з контрольною групою, птиця якої отримувало стандартний збалансований раціон без заміни соєвої макухи.

З'ясовано, що часткова заміна у раціоні курчат-бройлерів соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом суттєво впливає на активність деяких ензимів у сироватці їх крові (табл. 7). Зокрема виявлено зниження активності аспартатамінотрансферази та підвищення активності лужної фосфатази, в межах фізіологічної норми, за заміни у раціоні курчат-бройлерів соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом у концентрації 50 % за кількістю. Так, у бройлерів 4-ї групи, спостерігалось зниження активності аспартатамінотрансферази на 105,4 Од/л або 31,4 % (P < 0,001) та підвищення активності лужної фосфатази на 1091,4 Од/л або 70,7 % (P < 0,001), порівняно з контрольною групою, птиця якої отримувало стандартний збалансований раціон без заміни соєвої макухи.

Таблиця 7

Активність ензимів сироватки крові курчат-бройлерів залежно від рівня заміни у раціоні соєвої макухи на високопротеїновий соняшниковий концентрат, n = 6/група

Ензим, Од/л	Група курчат-бройлерів / % заміни соєвої макухи				PI[1]
	1	2	3	4	
	0	100	50 за сирим протеїном	50 за кількістю	
АЛТ	3,00 ± 0,026	3,05 ± 0,022	3,02 ± 0,046	3,04 ± 0,028	2–8
АСТ	336,2 ± 11,40	327,1 ± 10,49	286,5 ± 8,61	230,8 ± 9,59*	200–350
ГГТ	13,05 ± 1,362	12,50 ± 1,141	13,00 ± 0,456	12,50 ± 1,143	5–25
ЛФ	1544,1 ± 42,47	1787,5 ± 54,21*	2070,8 ± 25,74*	2635,5 ± 34,22*	1000–3000

Примітки:*P < 0,001– порівняно з 1-ю (контрольною) групою;
[1]PI – референтний інтервал за Nedjoua & Boudebza (2021).

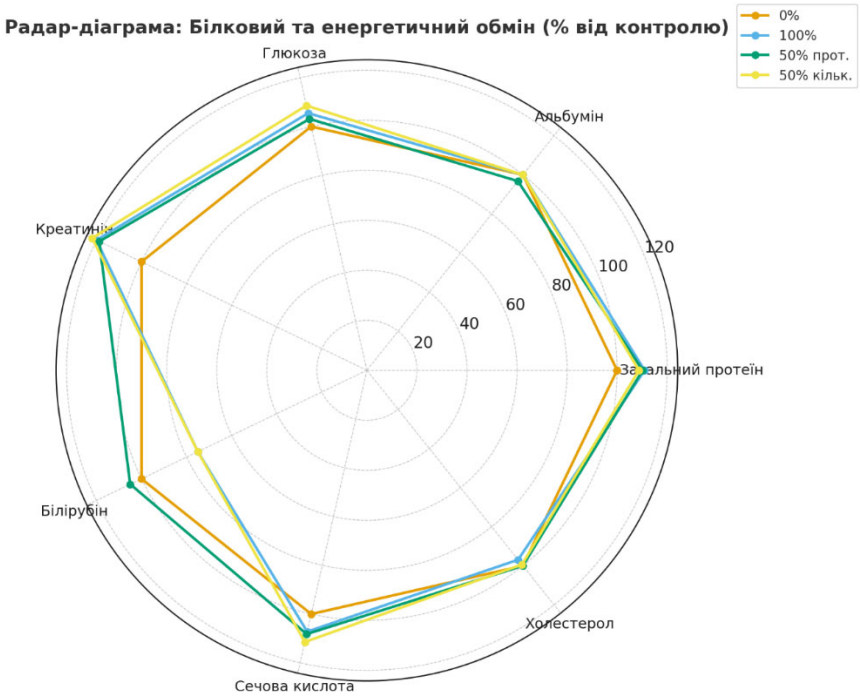


Рис. 1. Радар-діаграма: білковий та енергетичний обмін (% від контролю)

У курей 2-ї групи у раціоні яких соєва макуха була повністю замінена на високопротеїновий соняшниковий концентрат, навпаки виявлено підвищення активності підвищення активності лужної фосфатази на 243,4 Од/л або 15,8 % (P < 0,001), а у курчат-бройлерів 3-ї групи, у раціоні яких заміна соєвої макухи на високопротеїновий соняшниковий концентрат складала 50 % за сирим протеїном, – на 526,7 Од/л або 34,1 % (P < 0,001), порівняно з контрольною групою. Водночас, не виявлено видимого впливу повної або часткової заміни соєвої макухи на високопротеїновий соняшниковий концентрат у раціоні курчат-бройлерів на активність у сироватці їх крові гамма-глутамілтранферази та аланінамінотрансферази.

Висновки

Отримані результати свідчать, що часткова або повна заміна соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом у раціоні курчат-бройлерів не порушує фізіологічного гомеостазу та сприяє активації анаболічних процесів. Біохімічні показники у всіх варіантах годівлі залишалися в межах референтних інтервалів, однак реєструвалися достовірні позитивні зміни. Так, у разі 100 % заміни соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом вміст загального протеїну був вищим на 11,0 % (P < 0,001), глюкози – на 5,5 % (P < 0,001), креатиніну – на 20,0 % (P < 0,001), а сечової кислоти – на 7,2 % (P < 0,001) порівняно з контролем. За умови 50 % заміни концентрату за протеїном ці показники збільшувалися відповідно на 10,2 %, 3,1 %, 18,8 % та 8,2 % (P < 0,05–0,001), а за 50 % заміни за кількістю компонента – на 8,7 %, 8,6 %, 21,8 % та 11,4 % (P < 0,001). Такі зміни відображають інтенсифікацію протеїнового та енергетичного метаболізму, притаманну фазі активного росту. Білірубін, холестерол і макроелементи (Ca, P, Mg) залишалися стабільними, що підтверджує відсутність негативного впливу на печінку та мінеральний обмін.

Водночас активність ензимів сироватки крові свідчить про нормальне функціонування внутрішніх органів та кращу фізіологічну адаптацію птиці до годівлі альтернативним джерелом протеїном. Найбільш показові зміни відмічено за 50 % заміни високопротеїнового концентрату за кількістю: активність аспартатамінотрансферази зменшилася на 31,4 % (P < 0,001), а активність лужної фосфатази зросла на 70,7 % (P <

0,001), що свідчить про пригнічення надмірного протеїнового катаболізму й активний ріст кісткової тканини. Активність аланінамінотрансферази і гама-глутамілтрансферази не змінювались, що підтверджує відсутність гепатотоксичної чи холестатичної реакції. Таким чином, використання високопротеїнового соняшникового концентрату на рівні 50 % заміни соєвого протеїну в годівлі бройлерів є метаболічно обґрунтованим, фізіологічно безпечним і потенційно сприяє підвищенню продуктивності завдяки посиленню анаболічних процесів.

Подяки

Дослідження виконано в рамках державної наукової теми Міністерства освіти і науки України 04493706 No 0124U000924.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів.

References

Abbas, T. E. E., & Yagoub, Y. M. (2008). Sunflower cake as a substitute for groundnut cake in commercial broiler chicks diets. Pakistan Journal of Nutrition, 7(6), 782–784. DOI: 10.3923/pjn.2008.782.784.

Alagawany, M., Farag, M. R., Abd El-Hack, M. E., & Dhama, K. (2015). The practical application of sunflower meal in poultry nutrition. Advances in Animal and Veterinary Sciences, 3(12), 634–648. DOI: 10.14737/journal.aavs/2015/3.12.634.648.

Amerah, A. M., Van de Belt, K., & van Der Klis, J. D. (2015). Effect of different levels of rapeseed meal and sunflower meal and enzyme combination on the performance, digesta viscosity and carcass traits of broiler chickens fed wheat-based diets. Animal, 9, 1131–1137. DOI: 10.1017/S1751731115000142.

Apperson, K. D., & Cherian, G. (2017). Effect of whole flax seed and carbohydrase enzymes on gastrointestinal morphology, muscle fatty acids, and production performance in broiler chickens. Poultry Science, 96, 1228–1234. DOI: 10.3382/ps/pew371.

Attia, Y. A. (2003). Nutritional values of soaked linseed cake and its inclusion in finishing diets for male broiler chicks as a source of protein and n-3 fatty acids. Egyptian Poultry Science Journal, 23, 739–759.

Cobb Broiler Management Guide (2022). Cobb500 Broiler Performance & Nutrition Supplement. URL: https://www.cobbgenetics.com/assets/Cobb-Files/2022-Cobb500-Broiler-Performance-Nutrition-Supplement.pdf.

Fariborz, K., & Fariba, R. (2024). A review of plant anti-nutritional factors in animal health and production: The classification, biological properties, and the passivation strategy. Journal of Agriculture and Food Research, 18, 101290. DOI: 10.1016/j.jafr.2024.101290.

Hong, J., Hansel, E., Perez-Palencia, J., & Levesque, C. (2024). Growth performance, nutrient digestibility, and carcass traits of turkey toms fed high sunflower meal containing diets with enzyme supplementation. Journal of Applied Poultry Research, 33, 100441. DOI: 10.1016/j.japr.2024.100441.

Gerzilov, V., & Petrov, P. B. (2022). Effects of partial substitution of soybean meal with high protein sunflower meal in broiler diets. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 28(1), 151–157.

Khidr, R., & Elbaz, A. (2024). Role of feed additives in poultry feeding under marginal environmental conditions. In Feed Additives – Recent Trends in Animal Nutrition. DOI: 10.5772/intechopen.112130.

Mbukwane, M., Nkukwana, T., Plumstead, P., & Snyman, N. (2022). Sunflower meal inclusion rate and the effect of exogenous enzymes on growth performance of broiler chickens. Animals, 12, 253. DOI: 10.3390/ani12030253.

Nedjoua, A., & Boudebza, A. (2021). Biochemical reference intervals in broiler chickens according to age and strain. Agricultural Science and Technology, 13, 357–364. DOI: 10.15547/ast.2021.04.058.

Ozturk, E. (2016). Performance of broilers fed with different levels of sunflower meal supplemented with or without enzymes. Indian Journal of Animal Research, 51(3), 495–500. DOI: 10.18805/ijar.v0i0f.3799.

Pirgozliev, V. R., Whiting, I. M., Mansbridge, S. C., & Rose, S. P. (2023). Sunflower and rapeseed meal as alternative feed materials to soybean meal for sustainable egg production, using aged laying hens. British Poultry Science, 64(5), 634–640. DOI: 10.1080/00071668.2023.2239176

Senkoylu, N., & Dale, N. (2006). Nutritional evaluation of a high-oil sunflower meal in broiler starter diets. Journal of Applied Poultry Research, 15, 40–47. DOI: 10.1093/japr/15.1.40.

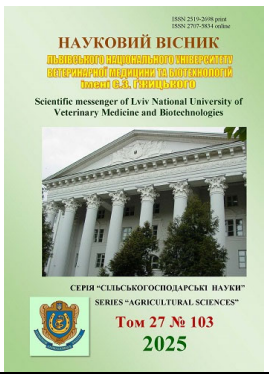
Sosa-Montes, E., Martínez-Martínez, U., Pro-Martínez, A., González-Cerón, F., Gallegos-Sánchez, J., & Rodríguez-Ortega, L. T. (2021). Nutritive value of full-fat dehulled sunflower seeds in diets for broiler chickens. South African Journal of Animal Science, 51(4), 544–549. DOI: 10.4314/sajas.v51i4.15.

Tüzün, A., Olgun, O., Yıldız, A., & Gül, E. (2020). Effect of different dietary inclusion levels of sunflower meal and multi-enzyme supplementation on performance, meat yield, ileum histomorphology, and pancreatic enzyme activities in growing quails. Animals, 10, 680. DOI: 10.3390/ani10040680.

Waititu, S. M., Sanjayan, N., Hossain, M. M., Leterme, P., & Nyachoti, C. M. (2018). Improvement of the nutritional value of high-protein sunflower meal for broiler chickens using multi-enzyme mixtures. Poultry Science, 97, 1245–1252. DOI: 10.3382/ps/pex418.

Zając, M., Kiczorowska, B., Samolińska, W., & Klebaniuk, R. (2020). Inclusion of camelina, flax, and sunflower seeds in diets for broiler chickens: Apparent digestibility of nutrients, growth performance, health status, and carcass and meat quality traits. Animals, 10(2), 321. DOI: 10.3390/ani10020321.

Zhang, W., Liu, Y., Hu, M., & Yang, R. (2019). Preparation of high-quality sunflower seed protein with a new chlorogenic acid hydrolase from Aspergillus niger. Biotechnology letters, 41(4-5), 565–574. DOI: 10.1007/s10529-019-02654-w.



Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького. Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences

ISSN 2519–2698 print
ISSN 2707-5834 online
doi: 10.32718/nvlvet-a10335
https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture

UDC 631.95(477.83)

Ecologically oriented yield monitoring as a tool for climate change adaptation

B. Kalyn[1]✉, S. Kropyvka[1], R. Paraniak[1], V. Momut[1], M. Zhuk[2]

[1]*Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, Lviv, Ukraine*
[2]*Private Enterprise Agrofirm "Khlibodar", Torky, Ukraine*

Article info

Received 27.08.2025
Received in revised form 29.09.2025
Accepted 30.09.2025

Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, Pekarska Str., 50, Lviv, 79010, Ukraine.
Tel.: +38-096-289-52-40
E-mail: dana24b@ukr.net

Private Enterprise Agrofirm "Khlibodar", Shevchenko Str., 33, Radekhiv District, Lviv Region, Torky village, 80210, Ukraine.

Kalyn, B., Kropyvka, S., Paraniak, R., Momut, V., & Zhuk, M. (2025). Ecologically oriented yield monitoring as a tool for climate change adaptation. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 27(103), 290–297. doi: 10.32718/nvlvet-a10335

Despite the exceptional importance of the grain industry in both the global and national economies, a number of systemic problems still persist at the regional level in Ukraine, hindering productivity growth and reducing the profitability of the sector. Grain production forms the foundation of food security, constitutes a significant share of agricultural exports, supports rural employment, and promotes the development of related industries – livestock farming, food processing, and manufacturing. At the same time, the efficiency of its functioning remains vulnerable to a complex set of natural, economic, and organizational factors. The leading among them are climatic conditions, soil quality and fertility, the level of material and technical support, the use of modern innovative agricultural technologies, and the adaptation of farms to the challenges of climate change. The article summarizes the results of studies concerning the relationship between the yield of grain crops and the efficiency of using natural, labor, and production resources. The focus is placed on the influence of crop management systems, as well as ecological and socio-economic factors that determine the spatial differentiation of productivity. The role of climate change, soil degradation processes, farming intensity, and institutional prerequisites for sectoral development are highlighted. Using Lviv region as a case study, the main factors causing differences in grain yield are outlined, and limiting conditions influencing productivity are identified. Special attention is paid to climate forecasts that indicate an increase in the frequency of extreme weather events, changes in the length of the growing season, and rising risks to production stability. These trends require the adaptation of agrotechnologies, optimization of crop structure, and the implementation of resource-saving and soil-protective practices. The results of the conducted analysis make it possible to substantiate a set of recommendations aimed at improving the yield and efficiency of the regional grain industry. Their implementation will contribute to strengthening the competitiveness of agricultural production, enhancing the sustainability of agroecosystems, and ensuring the food security of the state amid ongoing climatic and economic transformations.

Keywords: *climatic conditions, yield level, transformation of the agrarian sector, grain crops.*

Екологічно орієнтований моніторинг врожайності як інструмент адаптації до кліматичних змін

Б. Калин[1]✉, С. Кропивка[1], Р. Параняк[1], В. Момут[1], М. Жук[2]

[1]*Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Ґжицького, м. Львів, Україна*
[2]*Приватне підприємство агрофірма "Хлібодар", с. Торки, Радехівський р-н, Львівська обл., Україна*

Незважаючи на виняткове значення зернового господарства у світовій та національній економіці, на рівні окремих регіонів України й досі спостерігається низка системних проблем, що гальмують підвищення продуктивності та знижують рентабельність галузі. Зерновиробництво виступає основою продовольчої безпеки, формує значну частку аграрного експорту, сприяє зайнятості сільського населення й забезпечує розвиток суміжних галузей – тваринництва, харчової та переробної промисловості.

Водночас ефективність його функціонування залишається вразливою до комплексу природних, економічних та організаційних чинників. Провідне місце серед них посідають кліматичні умови, якість і родючість ґрунтів, рівень матеріально-технічного забезпечення, застосування сучасних інноваційних технологій у землеробстві та адаптація господарств до викликів змін клімату. У статті здійснено узагальнення результатів досліджень, що стосуються взаємозв'язку між врожайністю зернових культур та ефективністю використання природних, трудових і виробничих ресурсів. Акцент зроблено на впливі системи управління технологіями вирощування, екологічних і соціально-економічних факторів, які визначають просторову диференціацію продуктивності. Висвітлено роль кліматичних змін, деградаційних процесів у ґрунтовому покриві, рівня господарського навантаження й інституційних передумов розвитку галузі. На прикладі Львівської області окреслено основні чинники, що зумовлюють відмінності у врожайності зернових культур, і визначено лімітуючі умови їх формування. Особливу увагу приділено кліматичним прогнозам, які свідчать про зростання частоти екстремальних погодних явищ, зміну тривалості вегетаційного періоду та підвищення ризиків нестабільності виробництва. Це вимагає глибокої адаптації агротехнологій, оптимізації структури посівних площ, переходу до ресурсозберігаючих і ґрунтозахисних практик. Результати проведеного аналізу дозволяють обґрунтувати комплекс рекомендацій, спрямованих на підвищення врожайності та ефективності зернового господарства регіону. Їх реалізація сприятиме зміцненню конкурентоспроможності аграрного виробництва, стійкості агроекосистем і забезпеченню продовольчої безпеки держави в умовах сучасних кліматичних і економічних трансформацій.

Ключові слова: *кліматичні умови, рівень урожайності, трансформація аграрного сектора, зернові культури.*

Вступ

Зростання чисельності населення планети та зміни у харчуванні створюють значний тиск на світові продовольчі ресурси. Оцінка впливу попиту на продукти харчування та, зокрема зернові культури, до 2050 року є складним завданням. Детальний аналіз показує, що для задоволення очікуваного попиту буде потрібно збільшення виробництва зернових культур, які широко культивуються порівняно з іншими культурами у світі, на 50 %, Однак, якщо поточні темпи зростання врожайності зернових збережуться, можлива криза нестачі зерна. За прогнозами ООН, протягом наступних 30 років населення Землі зросте до 9,7 мільярдів. Крім того, у різних країнах люди стали споживати більше калорій (з 2250 ккал/день у 1860-х роках до 2880 ккал у 2015 році, а за прогнозами до 3900 ккал до 2050 року) (Pardey et al., 2014; Valin et al., 2014). Це призвело до зростання попиту не лише на зерно для харчування людей, але й на корми для тварин. Три основні зернові культури (рис, пшениця і кукурудза) задовольняють світовий попит на білок та калорії. Тому, за оцінками ФАО, для забезпечення продовольчої безпеки необхідно збільшити світове виробництво зернових більш ніж на 70 %.

Парадигма лімітуючих факторів передбачає, що ріст рослин обмежений лише одним ресурсом, доступність якого настільки низька, що він виключно гальмує більший ріст або темпи росту. Однак ця парадигма ігнорує велику гнучкість рослин до морфологічної та фізіологічної адаптації до змінних умов навколишнього середовища (Sinclair & Park, 1993). Оскільки гранична віддача для кожного ресурсу, ймовірно, змінюватиметься в міру розвитку культури та зміни навколишнього середовища, розподіл ресурсів (тобто розвиток рослин та фізіологія) передбачається динамічним та постійно коригуватиметься протягом життєвого циклу рослини. За багатьох умов низка ресурсів одночасно обмежуватиме ріст сільськогосподарських культур. Наші дослідження зосереджені на кількісній оцінці потенційної врожайності та розриву з фактичною врожайністю, з приблизним поясненням факторів, що обмежують таку.

Мета дослідження

Метою роботи було вивчити загальну характеристику впливу окремих груп чинників на урожайність зернових культур та прогноз подальшої трансформації аграрного сектору у регіональному та світовому вимірах.

Матеріал і методи досліджень

Дослідження щодо потенційної врожайності в основному зосереджені на оцінці потенціалу, аналізі факторів, що обмежують врожайність, та ефективності використання ресурсів у регіональному вимірі, що надає важливу інформацію для подальшого зростання виробництва продуктів харчування та розробки аграрної політики. Матеріалами досліджень слугували іноземні та вітчизняні праці та аналітичні матеріали за даною тематикою; дані про урожайність зернових культур були отримані у Державній службі статистики України (http://www.ukrstat.gov.ua/) та Головного управління статистики у Львівській області.

Результати та їх обговорення

Для Україні, зокрема і для Львівщини провідною галуззю рослинництва залишається зернове господарство. У структурі посівної площі сільськогосподарських підприємств зернові становлять 35–40 % та 41–47 % відповідно. Найпоширенішими зерновими культурами є пшениця озима та яра, ячмінь озимий та ярий, кукурудза, гречка та овес. Структуру посівних площ під зернові культури в Україні представлено на рис. 1. У Львівській області структура посівних площ зернових дещо різниться: пшениця – 56,32 %, кукурудза – 25,42 %, ячмінь – 10,17 %, овес – 4,34 %, гречка – 2,53 % від загальної площі відведеної під зернові культури.

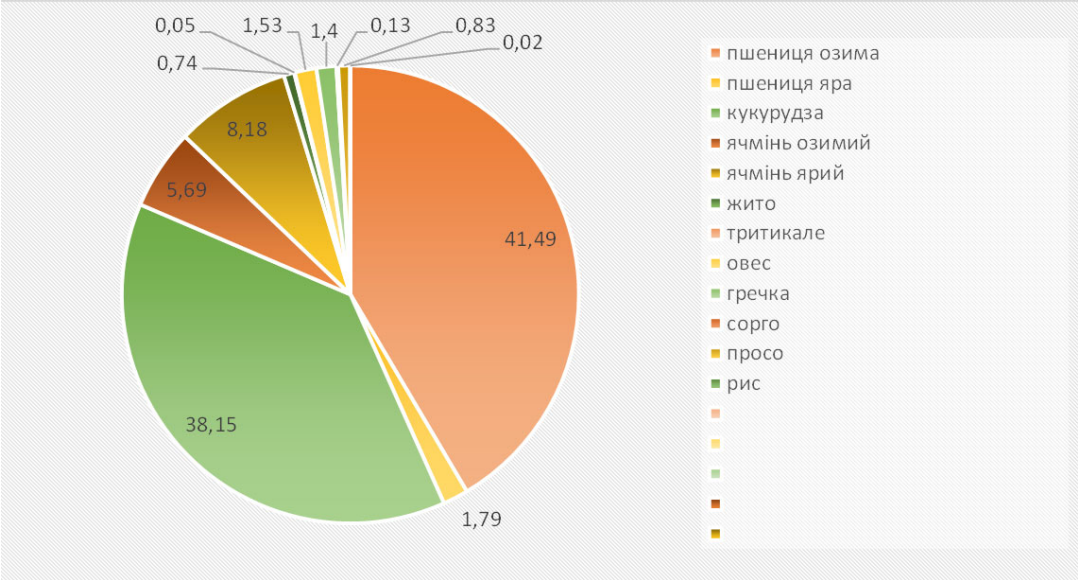


Рис. 1. Структура посівних площ зернових культур в Україні у 2023 р., % (за http://www.ukrstat.gov.ua/)

Економічна ефективність виробництва зерна залежить від рівня врожайності. У світі існує лише два основних шляхи збільшення кількості зернових культур: перший – збільшення площ оброблюваних земель, і другий – підвищення врожайності на вже оброблюваних землях. У першому випадку існує багато обмежень: від нестачі залучення нових площ земель до обробітку до неможливості використання земель як орних, що мають високу соціальну, економічну та екологічну цінність. Обмежена доступність наразі невикористаних, але придатних для використання у сільському господарстві, земель, зростаючі масштаби вивільнення CO_2 з органічної речовини ґрунту, що неминуче супроводжує перетворення лук або лісів на сільськогосподарські угіддя, сильне бажання зберегти досі недоторкані частини важливих екосистем та усвідомлення небезпек, пов'язаних з впливом сільського господарства на вразливі екосистеми, є важливими елементами розвитку цього консенсусу.

Для багатьох країн площа орних земель, яку можна збільшити, обмежена, а існуюча площа таких земель поступово зменшується через деградацію, втрати якісних сільськогосподарських ґрунтів для міської забудови та інших несільськогосподарських цілей, видобуток ресурсів (Fitzgerald et al., 2020). Фактично, площа сільськогосподарських земель у розвинених країнах зменшилася на 34 % з 1995 по 2007 рік, натомість площа оброблюваних земель у країнах, що розвиваються, збільшилася на 17,1 %, в основному за рахунок площ тропічних лісів.

Щодо України, то впродовж 2000–2021 років спостерігалась тенденція до зменшення площі сільськогосподарських земель та, зокрема, ріллі (рис. 2). Повномасштабне вторгнення російської федерації спричинило втрату та неможливості використання значної площі земель, зокрема площа постраждалих сільськогосподарських угідь у 2022 р. складала 10514,13 тис. га або 26 % (Nykoliuk et al., 2022).

Рис. 2. Динаміка площ сільськогосподарських земель України, тис. га

Отже, важко досягти суттєвого збільшення світового виробництва продовольства за рахунок збільшення площі оброблюваних земель. А відтак це стимулює пошук перспектив задоволення попиту на продовольство за рахунок збільшення врожайності сільськогосподарських культур на землях, що зараз використовуються.

Друга половина XX століття ознаменувалась зеленою революцією, що дозволила втричі збільшити урожаї сільськогосподарських угідь. Але і цей шлях має свої обмеження. Подальші важливі аспекти цієї дискусії полягають у тому, чи демонструє прогрес у врожайності ознаки стабілізації та чи є відносні темпи зростання, що спостерігаються у сільськогосподарських культурах та регіонах, де врожайність зростає, достатніми для досягнення складних темпів зростання 1,16–1,31 % на рік (діапазон оцінки потреби), необхідних для задоволення прогнозованого попиту на зернові для виробництва продуктів харчування, кормів та біопалива до 2050 року (Hall & Richards, 2013). Нинішні темпи зростання врожайності сільськогосподарських культур в основних країнах-виробниках продовольства сповільнилися або навіть зупинилися.

Впродовж 2015–2023 рр. розвиток зернового господарства у сільськогосподарських підприємствах Львівської області є відносно стабільним, що бачимо з показників виробництва основних зернових культур

– пшениці, ячменю та кукурудзи (рис. 3). Посівна площа цих культур зросла на 26% з 2005 року, проте таке зростання відбулось в основному за рахунок зменшення посівних площ вівса та інших зернових та зерновобобових культур, тому загальне збільшення посівних площ зернових культур становило 20%. Виробництво основних зернових культур за аналізований період зросло у 2,8 рази, найбільшим воно було для кукурудзи – 9,77 рази, тоді як для пшениці та ячменю лише 2,18 та 1,97 відповідно. Підвищення врожайності найвищим було у кукурудзи – в 2,08 раза та пшениці – в 2 рази, дещо нижчим для ячменю – 1,96 раза. Отже, аналіз показників розвитку зерновиробництва вказує на те, що зростання валового збору зернових значним чином відбувається за рахунок підвищення врожайності, тобто інтенсифікації виробництва.

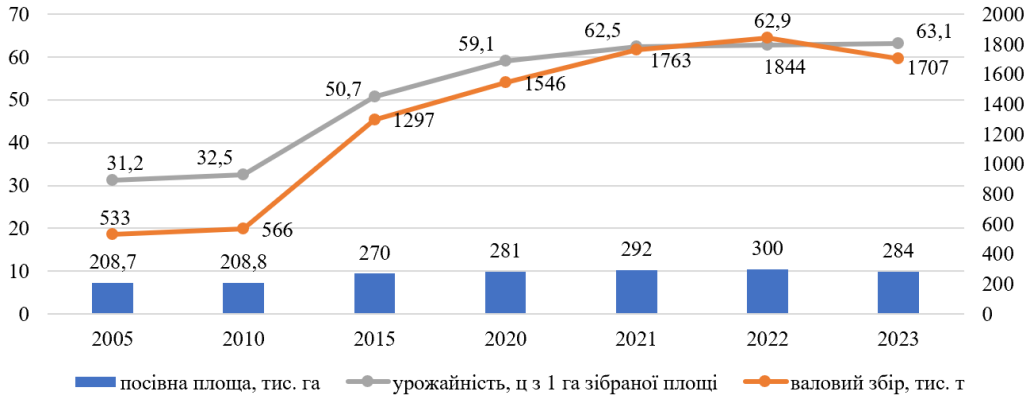


Рис. 3. Динаміка показників розвитку виробництва основних зернових культур (пшениця, ячмінь, кукурудза) у сільськогосподарських підприємствах Львівської області

Наразі світовий потенціал врожайності пшениці становить 7,7 т/га. Однак фактична врожайність становить лише 4,1 т/га. Ірландія до 2021 року мала найвищу врожайність пшениці, майже всі країни Західної Європи були високоврожайним регіоном для пшениці та могли виробляти більше 6 т/га. На сьогодні врожайність пшениці в Україні становить 4,94 т/га, а для Львівщини – 4,87 т/га.

За даними (Rong et al., 2021) існує значна відмінність між можливою та фактичною врожайність зернових у багатьох країнах. На рис. 3 фактична і потенційна врожайність для пшениці у таких країнах як Данія та Німеччина є практично відповідні, що майже унеможливлює збільшення кількості отриманої продукції. Найбільший розрив між фактичною та потенційною врожайністю пшениці існує у Ефіопії та Танзанії. Для чотирьох основних країн-виробників пшениці (Китаю, Франції, Індії та США), хоча зростання врожайності зменшилося, воно ще не досягло порогу досяжної врожайності. Зменшення темпів зростання врожайності за останній аналізований період характерне для усіх країн.

Врожайність зернових культур є наслідком двох основних компонентів: кількості на одиницю площі, що виробляються культурою, та середньої ваги цих зерен. Природно, збільшення будь-якого з двох компонентів повинно призвести до збільшення врожайності. Хоча гіпотетично обидва компоненти можна вважати однаково цінними для покращення врожайності, у літературі існує величезна кількість доказів, які показують, що врожайність зерна майже завжди позитивно та тісно пов'язана з першим компонентом – кількістю зерен на одиницю площі – та практично не пов'язана з другим, незалежно від того, чи є джерелом варіації генетичне чи екологічне (Abeledo et al., 2019).

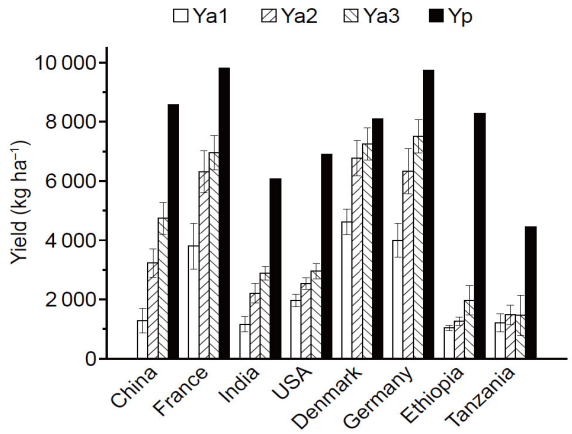


Рис. 4. Врожайність пшениці: фактична врожайність за 1961-1980, 1981-2000 та 2001-2018 роки (Ya1, Ya2 та Ya3 відповідно) і потенційна врожайність (Yp) (Rong et al., 2021)

Зазвичай розрив між потенційною та фактичною врожайністю безпосередньо використовується для кількісної оцінки факторів, що обмежують ріст врожайності. Клімат, вміст поживних речовин, запаси вологи, використання певних сортів сільськогосподарських культур, строки посіву та соціально-економічні умови є найбільш згадуваними в описі джерел літератури факторами, що обмежують врожайність. З точки зору використання ресурсів, ефективність використання азоту, води та сонячної радіації також все ще не є оптимальною (Rong et al., 2021).

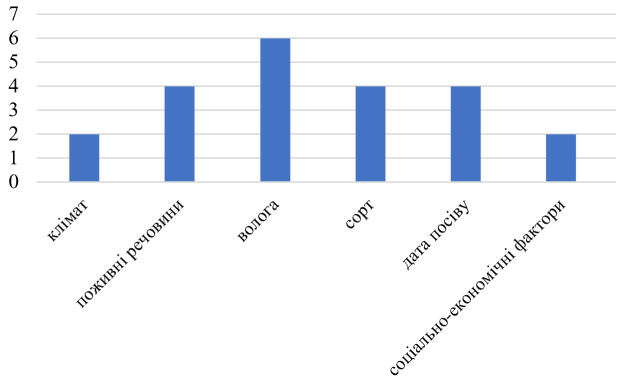


Рис. 5. Частота виділення факторів, як лімітуючих врожайність, в опублікованих наукових роботах

Зміна умов середовища та впливу лімітуючих факторів найбільшою мірою проявляється під час наливу зерна (рис. 5), впливаючи на кількість та якість врожаю. Оцінити різницю між фактичною та потенційною врожайністю можливо кількісно, наприклад визначивши різницю між врожайністю при різній кількості внесених добрив, та з допомогою методу аналізу граничних ліній. Останній дозволяє отримати сталий результат щодо впливу лімітуючого фактора.

Більшість дослідників вказують, що серед багатьох використовуваних в сільськогосподарському виробництві ресурсів, вода та азот є найбільш важливими. Швидкість мінералізації азоту (N) з органічної речовини та процеси втрати поживних речовин тісно пов'язані з доступністю ґрунтової води. Встановлено, що врожайність зернових культур може бути безпосередньо пов'язана з внесенням азоту (Ladha et al., 2016). Щорічно під зернові культури вноситься приблизно 94 мільйони тонн азотних добрив, але культурами використовується менше 40 %, тоді як решта розсіюється в навколишньому середовищі, що створює серйозні екологічні проблеми, такі як забруднення води та викиди парникових газів (Plett et al., 2018). У випадку азотних добрив, занадто багато або занадто мало азоту може негативно впливати на налив зерна. Занадто багато азоту призводить до несприятливої затримки старіння та поганого наливу зерна, що призводить до низької маси зерна та обмеження врожайності. І навпаки, помірне внесення азоту збалансує налив зерна між вищими та нижчими колосками, тим самим покращуючи масу зерна як вищих, так і нижчих колосків (Chen et al., 2022).

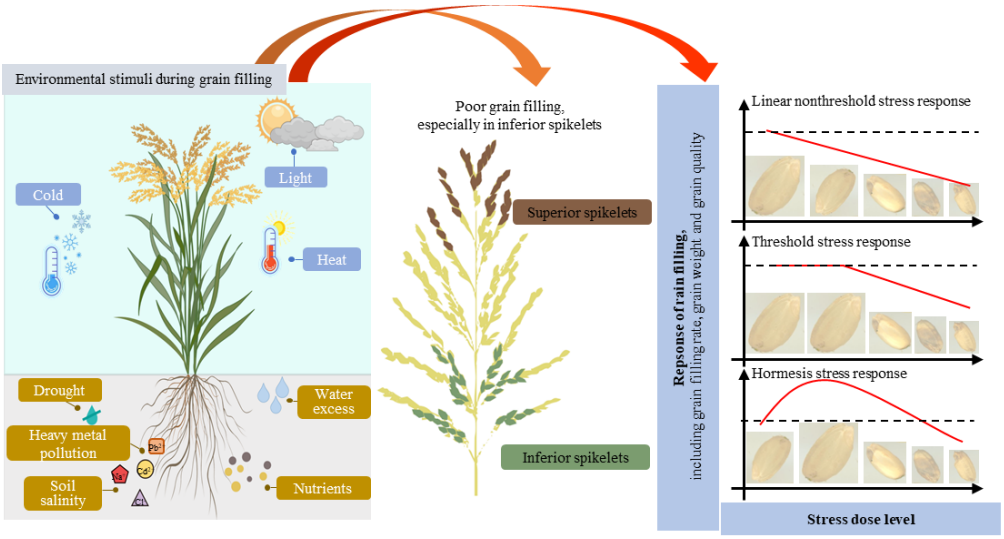


Рис. 6. Подразники навколишнього середовища та реакція зерна під час наливання зерна (Teng et al., 2023)

Окрім азоту, інші поживні речовини (такі як фосфор, калій тощо) також обмежуватимуть врожайність. Зокрема, нестача калійних добрив призвела до зменшення врожайності кукурудзи більше, ніж для виробництва рису та пшениці (Xu et al., 2016), дефіцит фосфору також може зменшити кількість зерна, його життєздатність та розмір, спричиняє погане кущіння та затримку дозрівання зернових (Mardamootoo et al., 2021). Загальна кількість фосфору, необхідна культурі для виробництва тонни товарної продукції, варіюється залежно від польових культур, наприклад, 3,8, 4,8 кг для кукурудзи та пшениці відповідно.

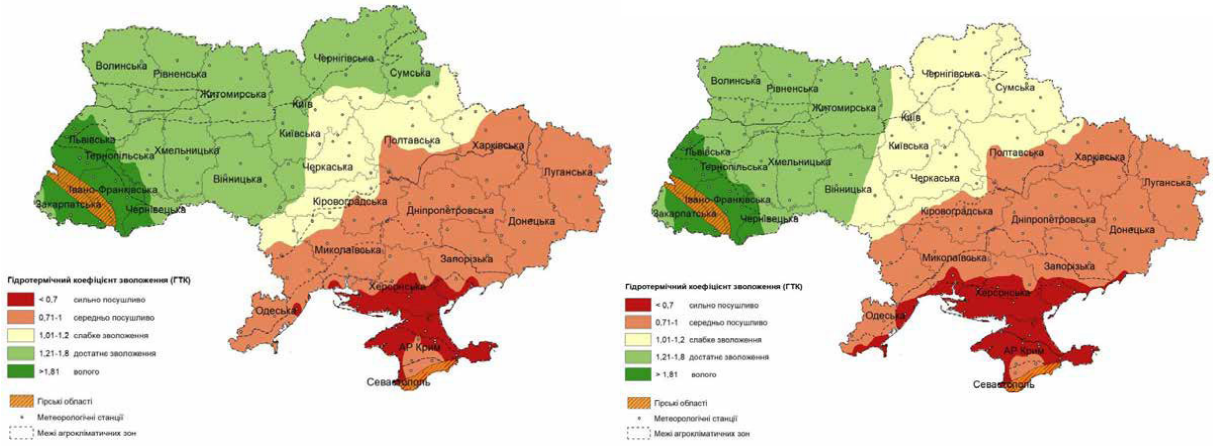
Генетична варіація кожної з наших основних продовольчих культур була успішно рекомбінована селекціонерами рослин протягом останніх 100 років для забезпечення стабільного зростання врожайності. У ранній зеленій революції (1961–1980) застосування нових сортів на 17 % збільшило врожайність сільськогосподарських культур особливо за умови зрошення в країнах, що розвиваються, а до періоду пізньої зеленої революції (1980–2000) ця частка зросла до 50 %. Senapati & Semenov (2020) вважали, що вирощування сортів стійких до тепла та посухи на стадії цвітіння, з кращою кореневою системою можуть збільшити вихід пшениці на 3,5–5,2 т/га. Для отримання більш високих врожаїв сільськогосподарських культур широко використовують гібриди та стійкі до гербіцидів сорти, які мають кращу пристосованість до навколишнього середовища.

Зміни рівня освітленості, вмісту атмосферного CO_2, температури та опадів є основними рушійними силами, що впливають на реакцію сільськогосподар-

ських культур на зміну клімату. Дослідження показали, що потепління клімату певною мірою знизить врожайність сільськогосподарських культур, і призведе до позитивної реакції на врожайність лише в окремих регіонах, наприклад, як Північно-Східний Китай (Kukal & Irmak, 2018), де температура не є першочерговим лімітуючим фактором. Територія ж України знаходиться у зоні швидкого зростання температури повітря, особливо це стосується її північної та північно-західної частин. Для нашої держави зростання теплозабезпеченості території має як негативні, так й позитивні наслідки для роботи аграрної галузі, та домінуюче впливає на її трансформацію. Зміни термічних умов вже спричинили зміну сільськогосподарської спеціалізації регіонів на користь збільшення частки теплолюбних та посухостійких культур, а також істотно вплинули на стан сільськогосподарських угідь, особливо у південних областях України (Balabukh, 2015). Адаптація сільськогосподарських практик до нових кліматичних умов є важливою у стратегії сталого землекористування в Україні та для вдосконалення методів прогнозування агрокліматичних ризиків.

Дослідженнями (Hlushko, 2023) встановлено найвищий коефіцієнт кореляції рівня урожайності і середньорічної температури для пшениці (0,674), сої (0,670) та кукурудзи (0,629). А найслабший кореляційний зв'язок серед зернових культур встановлено для вівса (0,340) та ріпаку (0,200), а для гречки не встановлено прямої кореляції між урожайністю та середньорічною температурою (-0,026). Причиною цьому є скорочення холодного періоду року, що сприяє збільшенню періоду вегетації, зростання середньодобових температур у зимовий період, а відповідно зменшення днів із приморозками. Протилежну залежність встановлено між врожайністю та кількістю днів з екстремально високими температурами. Найвища при цьому зворотня кореляція встановлена для гречки (-0,906) та жита озимого (-0,500), що в майбутньому може стати причиною зменшення врожайності.

Останні десятиліття характеризуються різкими коливаннями кількості опадів. Посуха та надмірні опади були першою та другою за величиною причинами втрати виробництва кукурудзи у Сполучених Штатах з 1989 по 2016 рік. Зміна кількості опадів на території України позначилась на площах областей із різними рівнями зволоження. Так, зона сильно посушлива розширилась крім Південного степу на північні, східні та центральні території України, натомість зона достатнього зволоження значно скоротилася у напрямку північного заходу (рис. 7). Відповідно межі агрокліматичних зон чітко демонструють зміщення на північ та північний захід. Найбільш суттєвих зміни торкнулися зон Полісся та Південного степу (Shevchenko & Balabukh, 2024). Щодо Львівської області, яка знаходиться в умовах достатнього зволоження, за рахунок природно-кліматичного впливу Карпат зміни меж агрокліматичних зон відбувається меншою мірою.



а б

Рис. 7. Динаміка рівня зволоженості території України: а – 1961-1990 рр., б – 1991-2000 рр.

Кількість сонячної радіації та опадів відіграють важливу роль у рості та розвитку сільськогосподарських культур. Регулюючи дату посадки культури певною мірою можна краще використовувати ці ресурси. Багато досліджень показали, що помірні регіони, що стикаються з негативними наслідками глобального потепління, можуть збільшити виробництво за рахунок ранньої посадки.

Низький рівень освітлення значно знижує швидкість фотосинтезу, що призводить до пригнічення вуглецевого метаболізму в культурах (Yang et al., 2020) та зазвичай призводить до втрати близько 50 % врожаю. Крім того, нещодавні дослідження показали, що світло бере участь у регуляції синтезу крохмалю в зернах (Li et al., 2022).

Соціально-економічні фактори включають агротехнічний обробіток, розмір господарства, трудові ресурси та досвід тощо. Сиротюк Г. (Syrotiuk, 2021) виділяє такі технологічні чинники, які впливають на підвищення врожайності зернових культур: впровадження науково обґрунтованих сівозмін, дотримання технологічних параметрів виробництва зерна, використання регуляторів росту, рослин та засобів захисту рослин, використання високоякісного насіння зерна та насіння районованих сортів, раціональне використання органічних та мінеральних добрив. Зменшення розриву фактичної та потенційної врожайності за

допомогою кращих заходів управління може бути неможливим у всіх регіонах, оскільки це означає більш високі економічні та ресурсні інвестиції. Наприклад, незважаючи на те, що врожайність поліпшених сортів в Африці може бути втричі більша, ніж середній дохід, отриманий фермерами, вони часто не розглядають можливість використання цих поліпшених сортів через більш високі витрати на насіння та непереносимість посухи. Крім того, такі фактори, як розмір господарства, кількість та якість робочої сили, рівень освіти фермерів можуть вплинути на процеси прийняття рішень фермерів та кінцеве отримання врожаїв. Інші фактори, що обмежують врожайність, впливають менше, але це не означає, що вони є неважливими.

Висновки

Збільшення врожайності сільськогосподарських культур є основною на шляху до вирішення проблеми необхідного збільшення виробництва продуктів харчування протягом наступних десятиліть. Зернові культури є важливими для продовольчої безпеки, тому зменшення тенденцій підвищення їх врожайності викликає занепокоєння. Лише невелика частка необхідного збільшення виробництва продуктів харчування зрештою може бути досягнута за рахунок розширення площ, які зараз оброблюються. Для такої культури як пшениця для подальшого збільшення врожайності критично важливо продовжувати збільшувати кількість зерен на одиницю площі, ознаки, яка найкраще пов'язана з врожайністю.

Кліматичні зміни є потужним фактором, що вже зараз відчутно трансформує сільське господарство і змушує переглядати звичні підходи. Вони не лише впливають на те, де і що можна вирощувати, але й вимагають фундаментальних змін у способах ведення господарства, починаючи від вибору культур і закінчуючи застосуванням новітніх технологій. Для подальших досліджень слід використати дані дистанційного зондування для підвищення точності регіонального масштабу та впливу змін в управлінні сільськогосподарськими культурами на ефективність використання ресурсів. Адаптація стає ключовим фактором для забезпечення продовольчої безпеки в умовах мінливого клімату та способом зменшення негативного впливу факторів навколишнього середовища на виробництво зернових культур.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів.

References

Abeledo, L. G., Alvarez Prado, S., Puhl, L. E., Zhou, Y., Costa, J. M., & Miralles, D. J. (2019). Phenotypic and genetic analysis to identify secondary physiological traits for improving grain yield in wheat considering anthesis time variability. Euphytica, 215(10). DOI: 10.1007/s10681-019-2494-2.

Balabukh, V. O. (2015). Potochna zmina klimatu, yii vplyv ta naslidky na natsionalnomu i rehionalnomu rivniakh. Karpatskyi instytut rozvytku. Ahentstvo spryiannia stalomu rozvytku Karpatskoho rehionu «FORZA». URL: https://www.researchgate.net/publication/326319907_Potocna_zmina_klimatu_ii_vpliv_ta_naslidki_na_nacionalnomu_i_regionalnomu_rivnah (in Ukrainian).

Chen, Y., Teng, Z., Yuan, Y., Yi, Z., Zheng, Q., Yu, H., Lv, J., Wang, Y., Duan, M., Zhang, J., & Ye, N. (2022). Excessive nitrogen in field-grown rice suppresses grain filling of inferior spikelets by reducing the accumulation of cytokinin and auxin. Field Crops Research, 283, 108542. DOI: 10.1016/j.fcr.2022.108542.

Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy. URL: http://www.ukrstat.gov.ua (in Ukrainian).

Fitzgerald, T., Kuwayama, Y., Olmstead, S., & Thompson, A. (2020). Dynamic impacts of U.S. energy development on agricultural land use. Energy Policy, 137, 111163. DOI: 10.1016/j.enpol.2019.111163.

Hall, A. J., & Richards, R. A. (2013). Prognosis for genetic improvement of yield potential and water-limited yield of major grain crops. Field Crops Research, 143, 18–33. DOI: 10.1016/j.fcr.2012.05.014.

Hlushko, D. (2023). Vplyv termichnykh umov na silske hospodarstvo Lvivskoi oblasti. Heohrafichna osvita i nauka: vyklyky i postup: materialy mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii, prysviachenoi 140-richchiu heohrafii u Lvivskomu universyteti (m. Lviv, 18–20 travnia 2023 r.) / vidpovid. redaktory: V. Bilaniuk, Ye. Ivanov. U 3-okh tomakh. Lviv: Prostir-M, 2, 34–37 (in Ukrainian).

Kukal, M. S., & Irmak, S. (2018). Climate-Driven Crop Yield and Yield Variability and Climate Change Impacts on the U.S. Great Plains Agricultural Production. Scientific Reports, 8(1). DOI: 10.1038/s41598-018-21848-2.

Ladha, J. K., Tirol-Padre, A., Reddy, C. K., Cassman, K. G., Verma, S., Powlson, D. S., van Kessel, C., de B. Richter, D., Chakraborty, D., & Pathak, H. (2016). Global nitrogen budgets in cereals: A 50-year assessment for maize, rice and wheat production systems. Scientific Reports, 6(1), 19355. DOI: 10.1038/srep19355.

Li, Q., Deng, F., Zeng, Y., Li, B., He, C., Zhu, Y., Zhou, X., Zhang, Z., Wang, L., Tao, Y., Zhang, Y., Zhou, W., Cheng, H., Chen, Y., Lei, X., & Ren, W. (2022). Low Light Stress Increases Chalkiness by Disturbing Starch Synthesis and Grain Filling of Rice. International journal of molecular sciences, 23(16), 9153. DOI: 10.3390/ijms23169153.

Mardamootoo, T., du Preez, C. C., & Barnard, J. H. (2021). Phosphorus management issues for crop production: A review. African Journal of Agricultural Research, 17(7), 939–952. DOI: 10.5897/ajar2020.15205.

Mondal, S., Dutta, S., Crespo-Herrera, L., Huerta-Espino, J., Braun, H. J., & Singh, R. P. (2020). Fifty years of semi-dwarf spring wheat breeding at CIMMYT: Grain yield progress in optimum, drought and heat stress environments. Field Crops Research, 250, 107757. DOI: 10.1016/j.fcr.2020.107757.

Nykoliuk, P., Pyvovar, R., Nazarkina, H., Stolnikovych, M., & Bohonos, O. (2022). Dynamika zemelnoho fondu: yak zminylysia zemelni resursy Ukrainy pislia 24 liutoho

2022 roku. Tsentr doslidzhen prodovolstva ta zemlekorystuvannia (KSE Ahrotsentr). URL: https://kse.ua/wp-content/uploads/2024/03/Agroviglyad_2_ukr.pdf (in Ukrainian).

Pardey, P. G., Beddow, J. M., Hurley, T. M., Beatty, T. K. M., & Eidman, V. R. (2014). A Bounds Analysis of World Food Futures: Global Agriculture Through to 2050. Australian Journal of Agricultural and Resource Economics, 58(4), 571–589. DOI: 10.1111/1467-8489.12072.

Plett, D. C., Holtham, L. R., Okamoto, M., & Garnett, T. P. (2018). Nitrate uptake and its regulation in relation to improving nitrogen use efficiency in cereals. Seminars in Cell & Developmental Biology, 74, 97–104. DOI: 10.1016/j.semcdb.2017.08.027.

Rong, L.-B., Gong, K.-Y., Duan, F.-Y., Li, S.-K., Zhao, M., He, J., Zhou, W.-B., & Yu, Q. (2021). Yield gap and resource utilization efficiency of three major food crops in the world – A review. Journal of Integrative Agriculture, 20(2), 349–362. DOI: 10.1016/s2095-3119(20)63555-9.

Senapati, N., & Semenov, M. A. (2020). Large genetic yield potential and genetic yield gap estimated for wheat in Europe. Global Food Security, 24, 100340. DOI: 10.1016/j.gfs.2019.100340.

Shevchenko, O. V., & Balabukh, V. O. (2024). Vplyv zminy klimatu na pryrodno-silskohospodarske raionuvannia terytorii Ukrainy. Ekolohichni nauky: naukovo-praktychnyi zhurnal. K.: Vydavnychyi dim «Helvetyka», 5(56), 222–231. DOI: 10.32846/2306-9716/2024.eco.5-56.34 (in Ukrainian).

Sinclair, T. R., & Park, W. I. (1993). Inadequacy of the Liebig Limiting-Factor Paradigm for Explaining Varying Crop Yields. Agronomy Journal, 85(3), 742–746. DOI: 10.2134/agronj1993.00021962008500030040x.

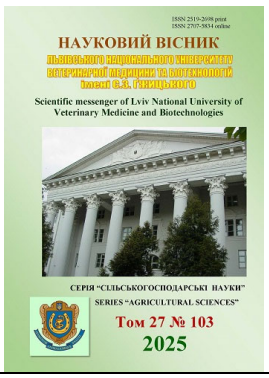
Syrotiuk, H. (2021). Rozvytok ta efektyvnist zernovyrobnytstva: rehionalnyi aspekt. Ahrarna ekonomika, 14(1-2), 67–74 (in Ukrainian).

Teng, Z., Chen, Y., Meng, S., Duan, M., Ye, N., & Zhang, J. (2023). Environmental Stimuli: A Major Challenge during Grain Filling in Cereals. International Journal of Molecular Sciences, 24(3), 2255. DOI: 10.3390/ijms24032255.

Valin, H., Sands, R. D., van der Mensbrugghe, D., Nelson, G. C., Ahammad, H., Blanc, E., Bodirsky, B., Fujimori, S., Hasegawa, T., Havlik, P., Heyhoe, E., Kyle, P., Mason-D'Croz, D., Paltsev, S., Rolinski, S., Tabeau, A., van Meijl, H., von Lampe, M., & Willenbockel, D. (2013). The future of food demand: understanding differences in global economic models. Agricultural Economics, 45(1), 51–67. DOI: 10.1111/agec.12089.

Xu, X., He, P., Pampolino, M. F., Li, Y., Liu, S., Xie, J., Hou, Y., & Zhou, W. (2016). Narrowing yield gaps and increasing nutrient use efficiencies using the Nutrient Expert system for maize in Northeast China. Field Crops Research, 194, 75–82. DOI: 10.1016/j.fcr.2016.05.005.

Yang, H., Dong, B., Wang, Y., Qiao, Y., Shi, C., Jin, L., & Liu, M. (2020). Photosynthetic base of reduced grain yield by shading stress during the early reproductive stage of two wheat cultivars. Scientific reports, 10(1), 14353. DOI: 10.1038/s41598-020-71268-4.



Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького. Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences

ISSN 2519–2698 print
ISSN 2707-5834 online
doi: 10.32718/nvlvet-a10336
https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture

UDC 636.4:636.033:635.084.421

Effect of dietary inclusion of organic acids and their salts on feed digestibility and utilization efficiency in broiler chickens

M. Sychov✉, M. Mandryha

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Article info

Received 01.09.2025
Received in revised form 01.10.2025
Accepted 02.10.2025

National University of Life and Environmental Science of Ukraine, Heroiv Oborony Str., 15, Kyiv, 03041, Ukraine.
Tel.: +38-050-502-80-19
E-mail: sychov@ukr.net

Sychov, M., & Mandryha, M. (2025). Effect of dietary inclusion of organic acids and their salts on feed digestibility and utilization efficiency in broiler chickens. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 27(103), 298–306. doi: 10.32718/nvlvet-a10336

The study investigated the effect of organic acids and their salts in broiler diets on feed intake, digestibility, and utilization efficiency. The experiment was carried out on Cobb-500 broilers during a 42-day growing period. Four groups of 100 birds were formed: a control group fed a basal diet and three experimental groups supplemented with 0.5, 1.0, and 2.0 kg/t of a blend of organic acids and their salts. Birds were reared on litter under identical microclimatic and lighting conditions according to the «Cobb Broiler Management Guide». Feed intake, body-weight gain, and feed conversion ratio (FCR) were monitored weekly. It was found that inclusion of 1.0–2.0 kg/t of organic acids significantly increased both daily and total feed intake by 3.4–3.5 % compared to the control, most notably during the 8–14- and 29–35-day periods corresponding to maximal growth intensity. Feed conversion efficiency improved in the 15–28-day phase, with FCR reduced by 5.1–5.6 % and averaged 1.52 kg/kg in experimental groups versus 1.54 kg/kg in control. Improved utilization efficiency is attributed to a better gastrointestinal environment, lower pH enhancing digestive enzyme activity (pepsin, trypsin, lipase), and a favorable balance of intestinal microbiota with stimulated Lactobacillus and Bifidobacterium populations and suppressed pathogenic bacteria (E. coli, Salmonella spp.). Organic acids also celebrate minerals, improve bioavailability of Ca and P, and supply energy to enterocytes. In conclusion, dietary supplementation with 1.0–2.0 kg/t of organic acids and their salts improve feed digestibility, nutrient absorption, and growth performance of broilers without increasing feed costs. These additives can be considered an effective and safe alternative to antibiotic growth promoters in industrial poultry production, contributing to enhanced productivity, animal welfare, and ecological safety.

Keywords: *broiler chickens, organic acids, feed conversion ratio, nutrient digestibility, growth performance, intestinal microbiota.*

Вплив використання органічних кислот та їх солей в годівлі курчат-бройлерів на перетравність та ефективність використання ними корму

М. Сичов✉, М. Мандрига

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, Україна

Метою дослідження було з'ясувати вплив додавання органічних кислот та їх солей до раціонів курчат-бройлерів на показники споживання, перетравності та ефективності використання корму. Експеримент проводили на птиці кросу "Кобб-500" упродовж 42 діб вирощування. Було сформовано чотири групи по 100 голів: контрольну (базовий комбікорм) і три дослідні з рівнем уведення органічних кислот та їх солей 0,5; 1,0 та 2,0 кг/т корму. Птицю утримували на підлозі з дотриманням норм мікроклімату та освітлення. Комбікорми були збалансовані за енергією, протеїном, амінокислотами, мінералами й вітамінами відповідно до «Cobb Broiler Management Guide». Результати показали, що введення 1,0–2,0 кг/т органічних кислот достовірно підвищувало середньодобове та загальне споживання корму на 3,4–3,5 % відносно контролю, особливо у фазах інтенсивного росту (8–14 та 29–35 діб). Конверсія корму поліпшувалася у період 15–28 діб, коли витрати корму на 1 кг приросту знижува-

лися на 5,1–5,6 %, а за весь цикл становили 1,52 кг проти 1,54 кг у контролі. Збагачення раціону курчат-бройлерів органічними кислота та їх солями вплинула на перетравність поживних речовин корму в їх організмі. Зокрема, у бройлерів 3-ї групи, які споживали комбікорм з додаванням 1 % органічних кислот та їх солей, виявлено вищу перетравність сирого протеїну на 5,5 % (P < 0,001), а у 4-ї групи, які споживали комбікорм з додаванням 2 % органічних кислот та їх солей, – на 6,1 % (P < 0,001), порівняно з птицею контрольної групи. Отримані результати свідчать, що застосування кислот зумовлює підвищення ензиматичної активності (пепсину, трипсину, ліпази), нормалізацію кислотно-лужного балансу, стимуляцію розвитку корисної мікрофлори (Lactobacillus, Bifidobacterium) та пригнічення патогенів (E. coli, Salmonella spp.). Органічні кислоти хелатують мінерали, покращують біодоступність кальцію й фосфору, оптимізують енергетичний обмін ентероцитів і сприяють кращому використанню поживних речовин. Згодовування органічних кислот у кількості 1,0–2,0 кг/т комбікорму забезпечує стабільне підвищення споживання корму, поліпшує конверсію та стимулює ріст бройлерів без збільшення витрат. Це доводить доцільність використання кислот як безпечної альтернативи антибіотикам-стимуляторам росту для підвищення продуктивності, біологічного благополуччя птиці та рентабельності виробництва.

Ключові слова: *курчата-бройлери, органічні кислоти, перетравність, коефіцієнт конверсії корму, продуктивність.*

Вступ

Використання органічних кислот стало надзвичайно актуальним після того, як було доведено їх ефективність у якості стимулятів росту для покращення продуктивності птиці (El-Ghany, 2024). З'являється все більше доказів того, що курчата-бройлери, яких годують раціонами з різними джерелами та концентраціями органічних кислот, мають кращі показники росту (Kim et al., 2015). Багатьма дослідженнями доведено, що суміші органічних кислот можуть підвищити споживання корму та використання поживних речовин, тому вони можуть підвищити приріст живої маси і коефіцієнт конверсії корму у птиці (Stefanello et al., 2020; Sureshkumar et al., 2021; Isam et al., 2024). Вплив органічних кислот на прискорення росту пояснюється їх здатністю регулювати мікробіоту шлунково-кишкового тракту, покращувати мікроструктуру кишківника, активувати імунну систему та ініціювати вивільнення різноманітних травних ензимів (Nguyen et al., 2018; Yang et al., 2018).

Fik M. з колегами (Fik et al., 2021) встановили, що додавання лимонної кислоти у питну воду курчат-бройлерів (0,5–1,5 %) сприяє зростанню маси тіла, причому найвираженіший ефект спостерігався при концентрації 1,5 %. Позитивний вплив зумовлений, імовірно, поліпшенням кишкової мікробіоти. Подібні результати отримали Islam Z. та ін. (Islam et al., 2024), які показали, що суміш органічних кислот (200 мг/кг) окремо або з 150 мг/кг ефірної олії покращує приріст маси тіла і споживання корму без змін коефіцієнта конверсії. Аналогічно, додавання змішаних органічних кислот та ефірних олій у питну воду також підвищувало масу тіла курчат-бройлерів (Dong et al., 2024).

У дослідженні Melaku M. (Melaku et al., 2024) встановлено, що додавання до раціону курчат-бройлерів 800 мг/кг нової буферної солі бутирату натрію значно підвищує середньодобові прирости, споживання корму та коефіцієнт конверсії порівняно з антибіотиками. Подібно, Manvatkar P. N. (Manvatkar et al., 2022) показав, що включення суміші органічних кислот (0,3–1,0 г/кг) покращує ріст, забійні показники, імунітет і морфологію кишківника бройлерів. Найвищі прирости (2806,7 г) і найкращий коефіцієнт конверсії (1,50) спостерігалися за 1 г/кг захищених органічних кислот. Ефект пояснюється кращим використанням поживних речовин. Аналогічно, Ma J. (Ma et al., 2021) повідомив, що додавання суміші органічних кислот у дозах 3000–6000 мг/кг покращує середньодобовий приріст, кінцеву масу тіла та коефіцієнт конверсії корму без впливу на споживання корму.

Підвищення інтенсивності росту бройлерів при використанні органічних кислот пояснюється покращенням енергетичної та протеїнової цінності корму, зменшенням мікробного навантаження, стимуляцією імунітету та зниженням рівня шкідливих метаболітів (Khan et al., 2016). Органічні кислоти сприяють підвищенню продуктивності (Han et al., 2023; Islam et al., 2024; Lokapirnasari et al., 2024), що пов'язано зі збільшенням перетравної енергії, кращим балансом білка, зменшенням колонізації патогенних бактерій (Dittoe et al., 2018), стимуляцією корисної мікрофлори та протизапальної імунної відповіді (Markazi et al., 2019). Вони покращують засвоєння протеїнів, кальцію, фосфору, магнію, цинку (Adil et al., 2010) і стимулюють секрецію травних ферментів – пепсину, трипсину, амілази, ліпази (Rathnayake et al., 2021; Abd El-Ghany, 2024). Зниження pH травного тракту активує ензиматичну діяльність і підвищує всмоктування поживних речовин (Gao et al., 2021), водночас уповільнюючи пасаж корму та посилюючи його утилізацію (Abudabos et al., 2017).

Використання органічних кислот пов'язане з покращенням засвоюваності мінералів, зокрема кальцію та фосфору (Emami et al., 2013), що, ймовірно, обумовлено посиленням активності травних ензимів (Dhawale, 2005) та роллю *Lactobacillus* spp. у підтриманні здорової кишкової мікрофлори (Chowdhury et al., 2009). Комбінація органічних кислот з ефірними оліями сприяє зниженню чисельності патогенних бактерій і стимулює розвиток корисного мікробіому, покращуючи фізіологічний стан кишечнику (Pham et al., 2022; Islam et al., 2024). Органічні кислоти беруть участь у численних процесах травлення: активують пепсиноген до пепсину, регулюють швидкість спорожнення шлунка, слугують джерелом енергії для ентероцитів і хелатують мінерали, підвищуючи їх біодоступність (Suiryanrayna & Ramana, 2015).

Мета дослідження

Вивчити вплив органічних кислот та їх солей в годівлі курчат-бройлерів на перетравність та ефективність використання ними корму.

Матеріал і методи досліджень

Експерименти з піддослідними тваринами проводилися відповідно до правил Європейської конвенції про захист хребетних тварин (Офіційний журнал Європейського Союзу L276/33, 2010) та були організовані Наказ Міністерства економіки України «Про затвердження вимог щодо добробуту сільськогосподарських тварин під час їх утримання» від 18 лютого 2021 року.

У якості об'єкту дослідження використовували курчат-бройлерів промислового стада кросу “Кобб-500”. Експеримент тривав 42 доби, від посадки добових курчат на вирощування до забою. Упродовж вирощування курчат-бройлерів утримували на підлозі згідно рекомендацій розробника кросу (Cobb Broiler Management Guide, 2022).

У добовому віці курчат-бройлерів було розділено на чотири групи по 100 голів у кожній. Відмінності між групами були зумовлені лише складом використовуваного раціону (табл. 1).

Таблиця 1

Схема досліду з вивчення використання в годівлі курчат-бройлерів органічних кислот та їх солей

Групи	Характеристика корму	Рівень введення органічних кислот та їх солей, кг/т			
		Віковий період, діб			
		0–12	13–28	29–35	36–42
1 (контрольна)	Основний корм (ОК)	0			
2 (дослідна)	Основний корм (ОК) з додаванням органічних кислот та їх солей	0,5			
3 (дослідна)	Основний корм (ОК) з додаванням органічних кислот та їх солей	1,0			
4 (дослідна)	Основний корм (ОК) з додаванням органічних кислот та їх солей	2,0			

Зокрема, різниця в годівлі птиці контрольної і дослідних груп була зумовлювалася додатковим збагаченням раціону органічними кислотами та їх солями. Бройлери контрольної групи отримувала повнораціонний комбікорм, без додавання підкислювачів. У раціон бройлерів другої групи було додано 0,5 кг, третьої групи – 1,0 кг, а четвертої – 2,0 кг органічних кислот та їх солей на тону комбікорму, який використовували в годівлі птиці у сухому розсипчастому вигляді.

Для визначення перетравності у курчат-бройлерів з кожної групи було відібрано 6 голів птиці віком 32 доби. Курчат утримували в індивідуальних клітках. Площа на одну голову становила 0,2 м^2, фронт годівлі – 15 см, напування – 3 см.

Фізіологічний дослід тривав 10 діб і складався з підготовчого і основного періодів. У підготовчий період досліду, тривалістю 5 діб птицю привчали до споживання досліджуваного корму і нових умов утримання, встановлювали рівень споживання корму.

Для визначення перетравності поживних речовин корму, у обліковий період вели ретельний облік спожитого кожною твариною корму, його решток, а також виділеного посліду. Послід збирали від кожної тварини окремо у відповідну місткість, зважували та зразки зберігали у скляних банках, консервуючи їх розчином соляної кислоти. Щодня відбирали зразки спожитих кормів і з’їдів у банки, що зберігались у холодильнику.

Біометричну обробку даних здійснювали на ПК за допомогою програмного забезпечення MS Excel з використанням вбудованих статистичних функцій. Достовірність різниці між групами оцінювали за t-критерієм Ст’юдента, а також з використанням однофакторного дисперсійного аналізу (ANOVA) та критерію множинних порівнянь Тьюкі-Крамера в якості інструмента post-hoc тестування. Перевірку розподілу даних вибірки на нормальність проводили за критерієм Шапіро-Уілка. У випадку якщо розподіл даних вірогідно відрізнявся від нормального, використовували непараметричний U-критерій Манна-Уітні. Відмінності між групами вважалися достовірними за $P < 0,05$.

Результати та їх обговорення

Піддослідним курчатам-бройлерам згодовували повнораціонні комбікорми, збалансовані за всіма поживними речовинами згідно з рекомендованими нормами (Cobb Broiler Management Guide, 2022). Хімічний склад комбікормів, які використовувався для годівлі курчат-бройлерів, наведено на рисунках 2–4.

Наведені графіки демонструють поступове зменшення частки соєвого шроту та збільшення соняшникового шроту й пшениці від старту до фінішу, що оптимізує білково-енергетичний баланс і знижує собівартість корму, зберігаючи стабільний рівень вітамінно-мінеральних добавок.

Аналізуючи вказані раціони, які використовували для годівлі курчат-бройлерів, можна зазначити, що обмінна енергія послідовно зростає: 3050 ккал/кг у стартовий період, 3150 ккал/кг у фазі росту та 3200 ккал/кг на фініші. Це відповідає зростаючим потребам бройлерів у енергії для швидкого нарощування маси тіла, особливо у другій половині циклу вирощування. Вміст сирого протеїну поступово знижується з 22,0 % (1–10 діб) до 20,0 % (11–22 діб) і далі до 18,0 % (23–42 діб). Така стратегія відображає фізіологічну потребу – у ранньому віці бройлери потребують більше будівельного матеріалу для розвитку м’язів, а з віком акцент зміщується на енергетичну підтримку та відкладення жиру.

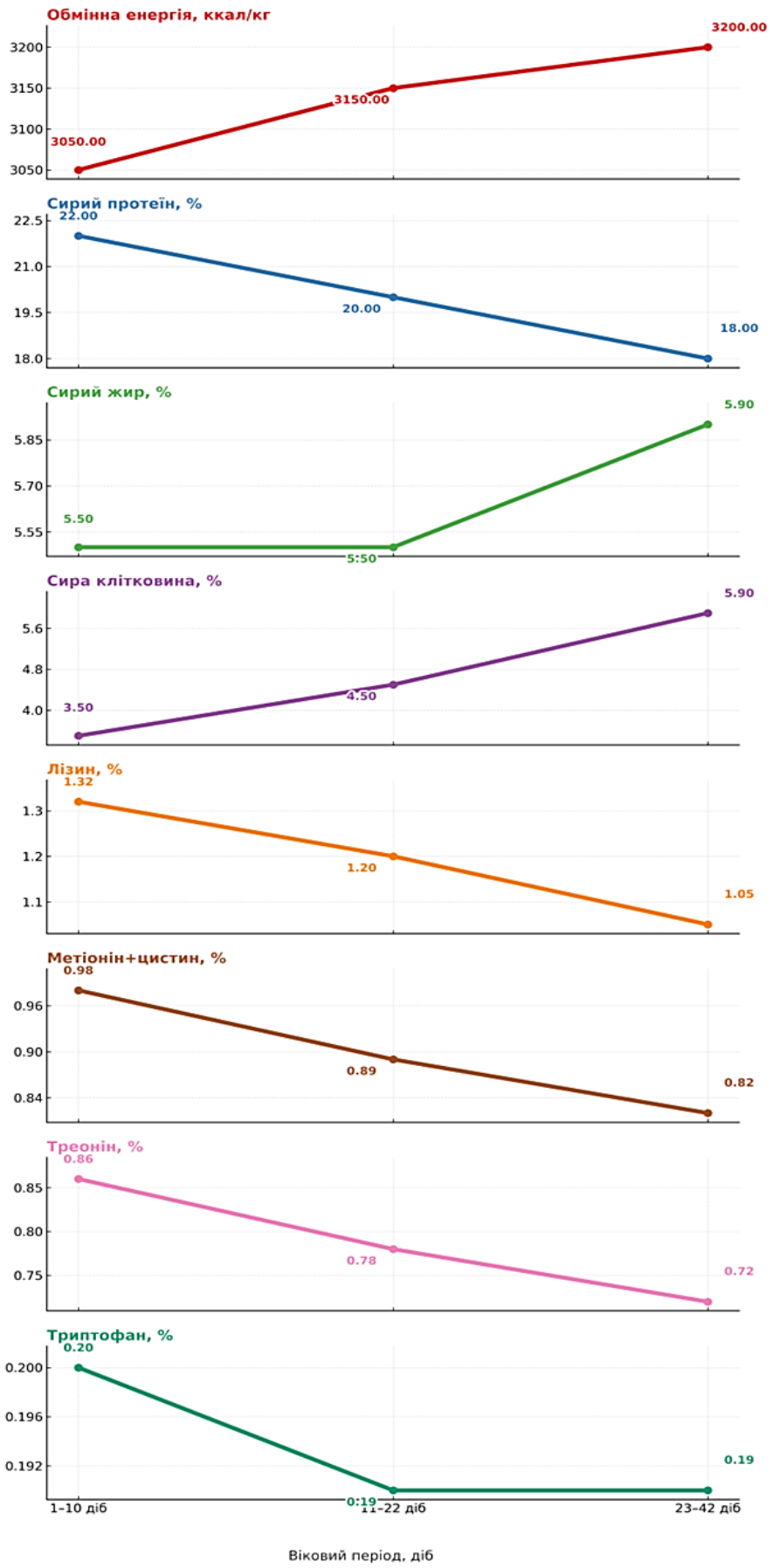


Рис. 2. Хімічний склад раціонів для курчат-бройлерів

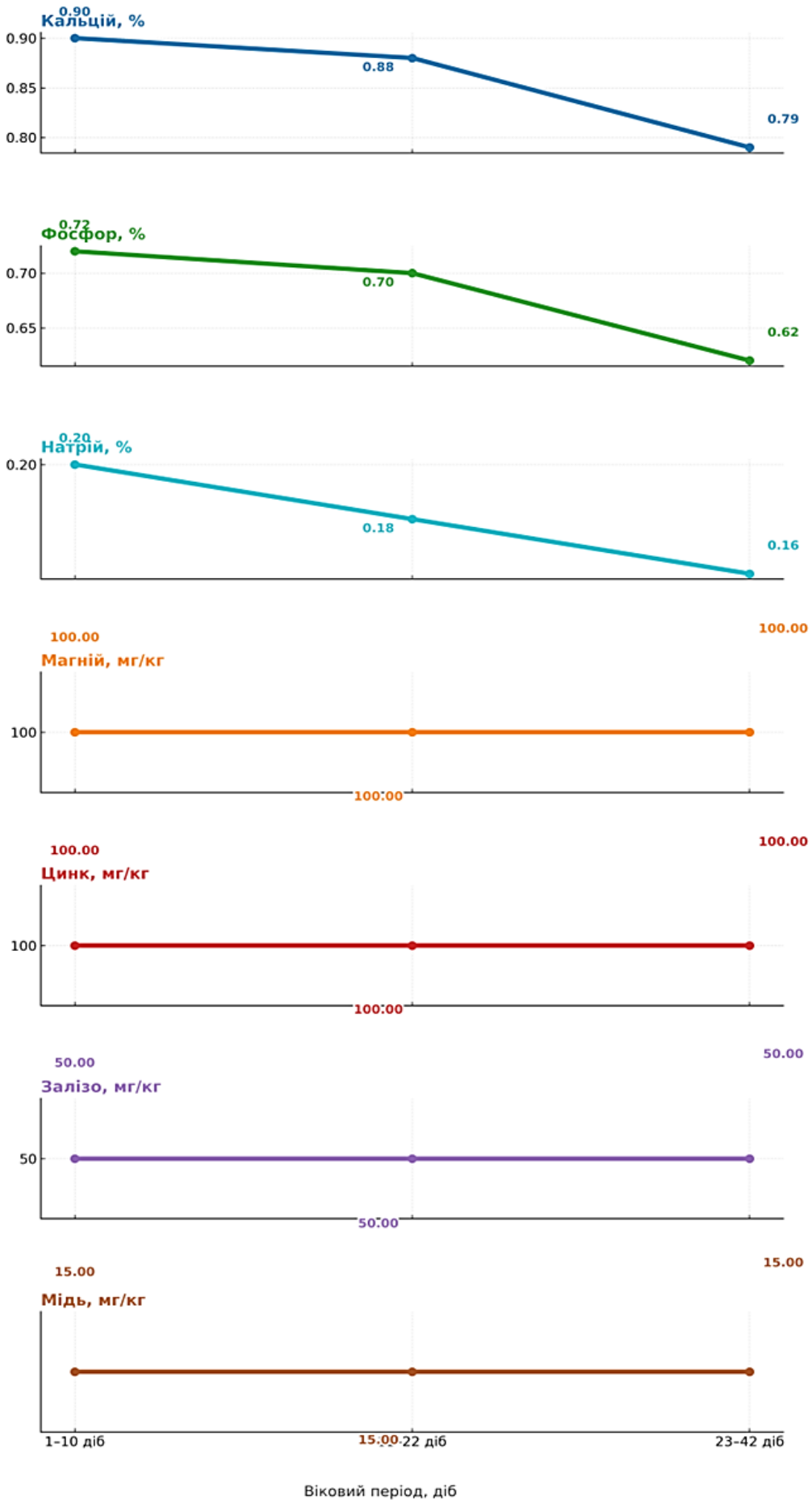


Рис. 3. Мінеральний склад раціонів для курчат-бройлерів

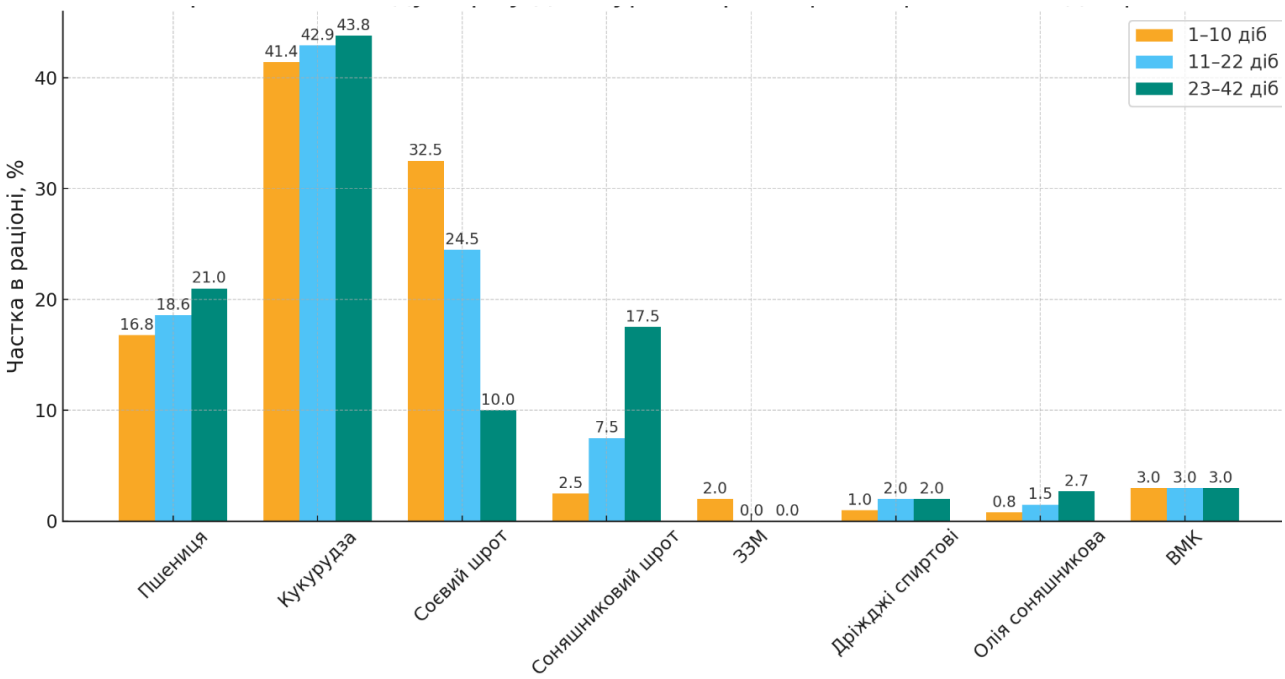


Рис. 4. Склад раціонів для курчат-бройлерів, %

Сирий жир утримується на рівні 5,5 % на початку та зростає до 5,9 % у фінішному раціоні, забезпечуючи додаткову енергію. Клітковина збільшується з 3,5 % до 5,9 %, що сприяє кращій роботі травного тракту у старшому віці бройлерів.

У міру росту бройлерів у раціоні поступово зменшується вміст основних амінокислот: лізину з 1,32 % до 1,05 %, метіоніну з цистином з 0,98 % до 0,82 % і треоніну з 0,86 % до 0,72 %, тоді як рівень триптофану залишається стабільним на рівні близько 0,19–0,20 %. Таке зниження відображає зменшення потреби в інтенсивному протеїновому синтезі на завершальному етапі вирощування бройлерів.

Вміст Кальцію та Фосфору дещо знижуються (з 0,90 до 0,79 % і з 0,72 до 0,62 % відповідно), що узгоджується зі зменшенням потреб у кістковому формуванні при переході від швидкого росту до фінішної відгодівлі. Вміст у комбікормі Натрію також знижується з 0,20 % до 0,16 %, підтримуючи осмотичний баланс. Магній, цинк, залізо та мідь залишаються стабільними на рівні 100, 100, 50 і 15 мг/кг відповідно, забезпечуючи постійний мінеральний статус для метаболізму та імунної функції.

Отже, раціони, які використовували у дослідженнях, спроектовано так, щоб у міру росту бройлерів збільшувати енергетичну цінність та знижувати вміст протеїну й амінокислот, одночасно підвищуючи частку жиру й клітковини. Такий підхід оптимізує витрати поживних речовин: у ранній фазі забезпечує інтенсивний ріст і розвиток м’язів, а у завершальній – ефективний набір маси з мінімальними витратами білка й стабільним мінеральним забезпеченням. Різниця в годівлі птиці контрольної і дослідних груп зумовлювалася збагаченням їх раціону органічними кислотами та їх солями у різній концентрації. Зокрема, птиця контрольної (1-ї) групи отримувала повнораціонний комбікорм без додавання органічних кислот та їх солей. У раціоні бройлерів 2-ї групи вміст органічних кислот та їх солей у раціоні складав 0,5 кг/т, 3-ї групи – 1,0 кг/т, а 4-ї групи – 2,0 кг/т. Комбікорми використовувались у сухому розсипчастому вигляді.

Збагачення раціону курчат-бройлерів органічними кислота та їх солями вплинула на перетравність поживних речовин корму в їх організмі (табл. 2, рис. 4). Зокрема, у бройлерів 3-ї групи виявлено вищу перетравність сирого протеїну на 5,5 % ($P < 0,001$), а у 4-ї групи – на 6,1 % ($P < 0,001$), порівняно з птицею контрольної групи. Ймовірним механізмом цього може бути те, що підкислювачі (мурашина, молочна, лимонна, фумарова, пропіонова та інші кислоти) знижують pH у шлунку (до 3,5–4,0), що активує пепсиноген в пепсин, підвищуючи гідроліз білків; пригнічує розвиток патогенних бактерій (*E. coli, Salmonella*), які споживають амінокислоти та знижують їх доступність; покращує емульгування жирів і секрецію жовчі.

Упродовж 42-денного періоду вирощування введення до раціону органічних кислот та їх солей у дозах 1,0 і 2,0 кг/т призвело до достовірного збільшення споживання корму курчатами-бройлерами як за окремими тижнями, так і загалом (табл. 3).

У перший тиждень середньодобове споживання становило 25,8 г у контролі, тоді як у групах із добавкою 1,0 та 2,0 кг/т воно зросло до 27,3 г, що на 5,8 % більше. У другий тиждень курчата цих груп споживали відповідно 61,8 г і 62,1 г, перевищуючи контрольні 5,6–6,2 %. На третьому тижні споживання корму підвищувалося до 107,9 г і 108,2 г проти контрольних 104,7 г, тобто на 3,1–3,3 %. У період 22–28 діб курчата споживали 152,7 г і 152,9 г, що перевищувало контрольні на 2,5–2,7 %. На 29–35 добу середньодобове споживання становило 189,6 г та 189,9 г у дослідних групах проти 182,6 г у контролі, різниця склала 3,8–4,0 %. У заключний період (36–42 доби) показники дорівнювали 215,6 г та 215,7 г, що перевищувало контрольні 209,7 г на 2,8–2,9 %.

Таблиця 2
Перетравність поживних речовин корму залежно від залежно від рівня введення органічних кислот та їх солей у раціон, % n = 6/група

Поживні речовини корму	Група курчат-бройлерів / рівень введення органічних кислот та їх солей, кг/т			
	1	2	3	4
	0	0,5	1,0	2,0
Сирий протеїн	82,3 ± 0,56	82,1 ± 0,64	87,8 ± 0,52***	88,4 ± 0,66***
Сирий жир	80,4 ± 0,37	80,7 ± 0,31	80,5 ± 0,36	80,7 ± 0,34
Сира клітковина	16,5 ± 0,28	16,7 ± 0,32	16,5 ± 0,26	16,8 ± 0,31
БЕР	85,6 ± 0,61	86,1 ± 0,72	86,2 ± 0,69	85,9 ± 0,67

Примітки:*P < 0,05; **P < 0,01; ***P < 0,001– порівняно з 1-ю (контрольною) групою

Таблиця 3
Споживання корму курчатами-бройлерами залежно від рівня введення органічних кислот та їх солей у раціон, г/гол/добу, n = 100/група

Віковий період, діб	Група курчат-бройлерів / рівень введення органічних кислот та їх солей, кг/т			
	1	2	3	4
	0	0,5	1,0	2,0
1–7	25,8	25,9	27,3	27,3
8–14	58,5	58,7	61,8	62,1
15–21	104,7	104,9	107,9	108,2
22–28	148,9	149,1	152,7	152,9
29–35	182,6	182,6	189,6	189,9
36–42	209,7	209,8	215,6	215,7
1–42	121,7	121,8	125,8	126,0
Спожитого корму разом, г	5111,4	5115,6	5283,6	5292,0

За весь 42-денний цикл середньодобове споживання корму зросло з 121,7 г у контролі до 125,8 г у групі 1,0 кг/т і 126,0 г у групі 2,0 кг/т, що відповідає приросту на 3,4–3,5 %. Загальна кількість з'їденого корму за період становила 5111,4 г у контролі, тоді як у дослідних групах – 5283,6 г і 5292,0 г, тобто на 3,4 % та 3,5 % більше.

Таким чином, додавання органічних кислот у дозах 1,0–2,0 кг/т забезпечує достовірне підвищення як середньодобового, так і загального споживання корму на 3–6 % без негативного впливу на здоров'я птиці, що створює передумови для кращих приростів живої маси.

Витрати корму на 1 кг приростів живої маси у курчат-бройлерів були однаковими незалежно від складу раціону (табл. 4). Упродовж 42-денного періоду вирощування курчат-бройлерів введення до раціону органічних кислот та їх солей у дозах 1,0 і 2,0 кг/т не призвело до суттєвого збільшення витрат корму, а в окремі періоди навіть покращувало показник конверсії.

Таблиця 4
Витрати корму на 1 кг приросту курчатами-бройлерами залежно від рівня введення органічних кислот та їх солей у раціон, кг, n = 100/група

Віковий період, діб	Група курчат-бройлерів / рівень введення органічних кислот та їх солей, кг/т			
	1	2	3	4
	0	0,5	1,0	2,0
1–7	0,98	0,99	1,02	1,01
8–14	1,17	1,17	1,21	1,22
15–21	1,18	1,19	1,12	1,12
22–28	1,61	1,62	1,52	1,52
29–35	1,67	1,67	1,71	1,71
36–42	1,91	1,92	1,95	1,94
1–42	1,54	1,54	1,52	1,52

Упродовж першого тижня вирощування витрати корму на 1 кг приросту живої маси становили 0,98 кг у контрольній групі та 1,01–1,02 кг у дослідних варіантах, що свідчить про відсутність суттєвих відмінностей між ними. На другому тижні показник підвищився до 1,17 кг у контролі та 1,21–1,22 кг у групах з рівнями добавки 1,0 і 2,0 кг/т, однак різниця також не досягала статистичної значущості. Найбільш виражений позитивний ефект реєстрували впродовж третього й четвертого тижнів. У період 15–21 діб витрати корму знизилися з 1,18 кг у контролі до 1,12 кг у дослідних варіантах, що відповідає економії 0,06 кг, або 5,08 %. На 22–28 добу цей показник становив 1,61 кг у контролі та 1,52 кг у групах з добавкою, тобто різниця дорівнювала 0,09 кг, або 5,59 %. У подальші періоди (29–42 доби) різниця між групами була мінімальною.

На 29–35 добу витрати становили 1,67 кг у контролі та 1,71 кг у дослідних групах; на 36–42 добу – 1,91 кг та 1,94–1,95 кг відповідно, без достовірних відмінностей. За результатами всього циклу вирощування середні витрати корму на 1 кг приросту дорівнювали 1,54 кг у контролі та 1,52 кг у варіантах із включенням 1,0–2,0 кг/т органічних кислот, що відповідає економії 0,02 кг, або 1,30 %.

Таким чином, введення органічних кислот у кількості 1,0–2,0 кг/т не впливало на показники конверсії корму в цілому за цикл, проте сприяло їх покращенню у критичний період інтенсивного росту (15–28 діб), забезпечуючи зниження витрат на 5,08–5,59 % порівняно з контролем.

Висновки

Отримані результати демонструють, що додавання органічних кислот у дозах 1,0 та 2,0 кг/т комбікорму не спричиняло достовірного зниження загальних витрат корму на 1 кг приросту живої маси за весь цикл вирощування, хоча середнє значення цього показника у дослідних групах було дещо меншим порівняно з контролем (1,52 проти 1,54 кг відповідно). Це вказує на те, що ефект застосування органічних кислот має вибірковий характер і може проявлятися нерівномірно протягом онтогенезу птиці.

Найбільш виразний вплив встановлено у період інтенсивного росту, коли відбуваються пікові зміни темпів метаболізму та підвищене навантаження на шлунково-кишковий тракт. У віці 15–21 та 22–28 діб витрати корму знижувалися на 5,08 % та 5,59 % відповідно порівняно з контролем, що свідчить про покращення конверсії корму та більш ефективне використання поживних речовин. Ймовірно, це пов'язано з оптимізацією кислотно-лужного балансу в просвіті кишечнику, пригніченням умовно-патогенної мікрофлори та поліпшенням процесів травлення, що узгоджується з даними попередніх досліджень щодо позитивного впливу органічних кислот у фазі максимального росту бройлерів.

У наступні вікові періоди (29–42 доби) статистично значущого ефекту не встановлено, що може бути пов'язано зі стабілізацією мікробіоти, підвищенням ферментативної активності власних систем травлення та зниженням чутливості організму до додаткових регуляторних факторів.

Збагачення раціону курчат-бройлерів органічними кислота та їх солями вплинула на перетравність поживних речовин корму в їх організмі. Зокрема, у бройлерів 3-ї групи, які споживали комбікорм з додаванням 1 % органічних кислот та їх солей, виявлено вищу перетравність сирого протеїну на 5,5 % ($P < 0,001$), а у 4-ї групи, які споживали комбікорм з додаванням 2 % органічних кислот та їх солей, – на 6,1 % ($P < 0,001$), порівняно з птицею контрольної групи.

Загалом, застосування органічних кислот у кількості 1,0–2,0 кг/т можна характеризувати як технологічно доцільне рішення для фаз-специфічної оптимізації конверсії корму у період швидкого росту бройлерів, навіть за умови відсутності істотного ефекту на інтегральний показник за весь цикл вирощування. Отримані результати підтверджують потенційну доцільність включення органічних кислот у програми годівлі як функціонального кормового фактора, спрямованого на підвищення ефективності використання поживних речовин і стабілізацію процесів травлення у критичні вікові інтервали.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів.

References

Abd El-Ghany, W. A. (2024). Applications of organic acids in poultry production: An updated and comprehensive review. Agriculture, 14(10), 1756. DOI: 10.3390/agriculture14101756.

Abudabos, A. M., Alyemni, A. H., Dafalla, Y. M., & Khan, R. U. (2017). Effect of organic acid blend and Bacillus subtilis alone or in combination on growth traits, blood biochemical and antioxidant status in broilers exposed to Salmonella typhimurium challenge during the starter phase. Journal of Applied Animal Research, 45(1), 538–542. DOI: 10.1080/09712119.2016.1219665.

Adil, S., Banday, T., Bhat, G. A., Mir, M. S., & Rehman, M. (2010). Effect of dietary supplementation of organic acids on performance, intestinal histomorphology, and serum biochemistry of broiler chicken. Veterinary Medicine International, 2010, 479485. DOI: 10.4061/2010/479485.

Dhawale, A. (2005). Better eggshell quality with a gut acidifier. Poultry International, 44, 18–21.

Dittoe, D. K., Ricke, S. C., & Kiess, A. S. (2018). Organic acids and potential for modifying the avian gastrointestinal tract and reducing pathogens and disease. Frontiers in Veterinary Science, 5, 216. DOI: 10.3389/fvets.2018.00216.

Dong, Y., Gao, X., Qiao, C., Han, M., Miao, Z., Liu, C., Yan, L., & Li, J. (2024). Effects of mixed organic acids and essential oils in drinking water on growth performance, intestinal digestive capacity, and immune status in broiler chickens. Animals, 14, 2160. DOI: 10.3390/ani14152160.

Chowdhury, R., Islam, K. M. S., Khan, M. J., Karim, M. R., Haque, M. N., Khatun, M., & Pesti, G. M. (2009). Effect of citric acid, avilamycin, and their combination on the performance, tibia ash, and immune status of broilers. Poultry Science, 88, 1616–1622. DOI: 10.3382/ps.2009-00119.

El-Ghany, W. (2024). Applications of organic acids in poultry production: An updated and comprehensive review. Agriculture, 14, 1756. DOI: 10.3390/agriculture14101756.

Emami, N. K., Naeini, S. Z., & Ruiz-Feria, C. A. (2013). Growth performance, digestibility, immune response and intestinal morphology of male broilers fed phosphorus deficient diets supplemented with microbial phytase and organic acids. Livestock Science, 157, 506–513. DOI: 10.1016/j.livsci.2013.08.014.

Gao, C. Q., Shi, H. Q., Xie, W. Y., Zhao, L. H., Zhang, J. Y., Ji, C., & Ma, Q. G. (2021). Dietary supplementation with acidifiers improves the growth performance, meat quality and intestinal health of

broiler chickens. Animal Nutrition, 7(3), 762–769. DOI: 10.1016/j.aninu.2021.01.005.

Han, M., Chen, B., Dong, Y., Miao, Z., Su, Y., Liu, C., & Li, J. (2023). Evaluation of liquid organic acids on the performance, chyme pH, nutrient utilization, and gut microbiota in broilers under high stocking density. Animals, 13, 257. DOI: 10.3390/ani13020257.

Islam, Z., Sultan, A., Khan, S., Khan, K., Jan, A. U., Aziz, T., Alharbi, M., Alshammari, A., & Alasmari, A. F. (2024). Effects of an organic acids blend and coated essential oils on broiler growth performance, blood biochemical profile, gut health, and nutrient digestibility. Italian Journal of Animal Science, 23(1), 152–163. DOI: 10.1080/1828051X.2023.2297562.

Fik, M., Hrnčár, C., Hejniš, D., Hanusová, E., Arpášová, H., & Bujko, J. (2021). The effect of citric acid on performance and carcass characteristics of broiler chickens. Scientific Papers: Animal Science and Biotechnologies, 54(1), 187–192. URL: https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20210260288.

Lokapirnasari, W. P., Al-Arif, M. A., Hidayatik, N., Safiranisa, A., Arumdani, D. F., Zahirah, A. I., Yulianto, A. B., Lamid, M., Marbun, T. D., Lisnanti, E. F., Baihaqi, Z. A., Khairullah, A. R., Kurniawan, S. C., Pelawi, E. B. S., & Hasib, A. (2024). Effect of probiotics and acidifiers on feed intake, egg mass, production performance, and egg yolk chemical composition in late-laying quails. Veterinary World, 17(2), 462–469. DOI: 10.14202/vetworld.2024.462-469.

Khan, R. U., Chand, N., & Akbar, A. (2016). Effect of organic acids on the performance of Japanese quails. Pakistan Journal of Zoology, 48(6), 1799–1803. URL: https://www.zsp.com.pk/pdf48/1799-1803%20(27)%20QPJZ-0606-2015%20%2015-8-16%20revised%20version.pdf.

Kim, J. W., Kim, J. H., & Kil, D. Y. (2015). Dietary organic acids for broiler chickens: A review. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 28(2), 109–123. DOI: 10.17533/udea.rccp.v28n2a01.

Ma, J., Wang, J., Mahfuz, S., Long, S., Wu, D., Gao, J., & Piao, X. (2021). Supplementation of mixed organic acids improves growth performance, meat quality, gut morphology and volatile fatty acids of broiler chicken. Animals, 11(11), 3020. DOI: 10.3390/ani11113020.

Markazi, A. D., Luoma, A., Shanmugasundaram, R., Murugesan, R., Mohnl, M., & Selvaraj, R. (2019). Effect of acidifier product supplementation in laying hens challenged with Salmonella. Journal of Applied Poultry Research, 28, 919–929. DOI: 10.3382/japr/pfz053.

Manvatkar, P. N., Kulkarni, R. C., Awandkar, S. P., Chavhan, S. G., Durge, S. M., Avhad, S. R., Channa, G. R., & Kulkarni, M. B. (2022). Performance of broiler chicken on dietary supplementation of protected organic acids blend. British Poultry Science, 63(5), 633–640. DOI: 10.1080/00071668.2022.2076211.

Melaku, M., Su, D., Zhao, H., Zhong, R., Ma, T., Yi, B., Chen, L., & Zhang, H. (2024). The new buffer salt-protected sodium butyrate promotes growth performance by improving intestinal histomorphology, barrier function, antioxidative capacity, and microbiota community of broilers. Biology, 13, 317. DOI: 10.3390/biology13050317.

Rathnayake, D., Mun, H. S., Dilawar, M. A., Baek, K. S., & Yang, C. J. (2021). Time for a paradigm shift in animal nutrition metabolic pathway: Dietary inclusion of organic acids on the production parameters, nutrient digestibility, and meat quality traits of swine and broilers. Life, 11, 476. DOI: 10.3390/life11060476.

Pham, V. H., Abbas, W., Huang, J., He, Q., Zhen, W., Guo, Y., & Wang, Z. (2022). Effect of blending encapsulated essential oils and organic acids as an antibiotic growth promoter alternative on growth performance and intestinal health in broilers with necrotic enteritis. Poultry Science, 101, 101563. DOI: 10.1016/j.psj.2021.101563.

Nguyen, D. H., Lee, K. Y., Mohammadigheisar, M., & Kim, I. H. (2018). Evaluation of the blend of organic acids and medium-chain fatty acids in matrix coating as antibiotic growth promoter alternative on growth performance, nutrient digestibility, blood profiles, excreta microflora, and carcass quality in broilers. Poultry Science, 97(12), 4351–4358. DOI: 10.3382/ps/pey339.

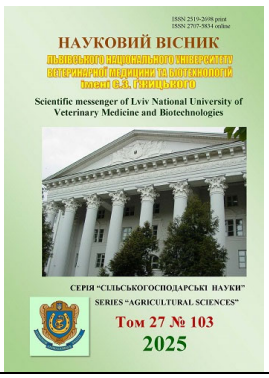
Nourmohammadi, R., Hosseini, S. M., Farhangfar, H., & Bashtani, M. (2012). Effect of citric acid and microbial phytase enzyme on ileal digestibility of some nutrients in broiler chicks fed corn–soybean meal diets. Italian Journal of Animal Science, 11(1), e7. DOI: 10.4081/ijas.2012.e7.

Stefanello, C., Rosa, D. P., Dalmoro, Y. K., Segatto, A. L., Vieira, M. S., Moraes, M. L., & Santin, E. (2020). Protected blend of organic acids and essential oils improves growth performance, nutrient digestibility, and intestinal health of broiler chickens undergoing an intestinal challenge. Frontiers in Veterinary Science, 6, 491. DOI: 10.3389/fvets.2019.00491.

Suiryanrayna, M. V. A. N., & Ramana, J. V. (2015). A review of the effects of dietary organic acids fed to swine. Journal of Animal Science and Biotechnology, 6(1), 45. DOI: 10.1186/s40104-015-0042-z.

Sureshkumar, S., Park, J., & Kim, I. (2021). Effects of the inclusion of dietary organic acid supplementation with anti-coccidium vaccine on growth performance, digestibility, fecal microbial, and chicken fecal noxious gas emissions. Brazilian Journal of Poultry Science, 23(3), e1425. DOI: 10.1590/1806-9061-2020-1425.

Yang, X., Xin, H., Yang, C., & Yang, X. (2018). Impact of essential oils and organic acids on the growth performance, digestive functions and immunity of broiler chickens. Animal Nutrition, 4(4), 388–393. DOI: 10.1016/j.aninu.2018.04.005.



Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького. Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences

ISSN 2519–2698 print
ISSN 2707-5834 online

doi: 10.32718/nvlvet-a10337
https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture

UDC 636.4:636.033:635.084.421

Influence of the standardized ileal digestible isoleucine-to-lysine ratio in the diet post weaning piglets on feed utilization efficiency

V. Shylo, V. Otchenashko✉

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Article info

Received 02.09.2025
Received in revised form 03.10.2025
Accepted 04.10.2025

National University of Life and Environmental Science of Ukraine, Heroiv Oborony Str., 15, Kyiv, 03041, Ukraine.
Tel.: +38-067-934-99-33
E-mail: otchenashko@nubip.edu.ua

Shylo, V., & Otchenashko, V. (2025). Influence of the standardized ileal digestible isoleucine-to-lysine ratio in the diet post weaning piglets on feed utilization efficiency. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 27(103), 307–317. doi: 10.32718/nvlvet-a10337

The aim of the study was to experimentally determine the optimal ratio of standardized ileal digestible isoleucine to lysine (SID Ile:Lys) in the diets of early post-weaning piglets and to evaluate its impact on growth performance, feed efficiency and metabolic mechanisms supporting productivity. The experiment was conducted on piglets aged 24–70 days, which were allotted into a control group and three experimental groups receiving diets with different SID Ile:Lys ratios: 0.50, 0.55 and 0.60. Initial body weights did not differ significantly among groups, confirming proper randomization. A clear dose-dependent response to dietary isoleucine supply within the range of 0.50–0.55 was observed. These levels ensured a significant increase in absolute and average daily gain, with the highest response recorded at SID Ile:Lys 0.55. Piglets fed this ratio demonstrated the highest final body weight and the greatest growth rate in all monitored periods. At the same time, feed conversion ratio (FCR) improved due to reduced feed consumption per kilogram of body weight gain throughout most of the study, indicating enhanced metabolic utilization of nutrients rather than increased feed intake. Increasing the ratio to SID Ile:Lys 0.60 did not further improve performance; the temporary reduction in FCR did not translate into increased body weight. This indicates exceeding the physiologically justified level of BCAA supply and suggests potential metabolic competition among isoleucine, leucine and valine for transport and utilization pathways. The physiological basis of these effects is the activation of the mTORC1-dependent signaling pathway, which regulates protein synthesis, myocyte proliferation and skeletal muscle development. Isoleucine plays not only a structural but also a regulatory role by improving nitrogen balance, energy metabolism, and post-weaning stress tolerance. The results confirm that SID Ile:Lys 0.55 is the biologically, metabolically, and economically optimal ratio recommended for modern pig production technologies during the early post-weaning period.

Keywords: *isoleucine, SID Ile:Lys, piglets, growth performance, body weight, average daily gain, feed intake, FCR, BCAA, mTORC1, protein synthesis, anabolism.*

Вплив співвідношення SID ізолейцину до лізину у раціоні молодняку свиней на ефективність використання корму

В. Шило, В. Отченашко✉

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

Метою роботи було експериментально обґрунтувати оптимальне співвідношення стандартизовано кишково-засвоюваного ізолейцину до лізину (SID Ile:Lys) у раціоні молодняку свиней раннього поствідлучного періоду, визначити його вплив на темпи росту, ефективність використання корму та метаболічні механізми забезпечення продуктивності. Дослідження проведено на поросятах-аналогах віком 24–70 діб, яких розподілили на контрольну групу та три дослідні групи з різним співвідношенням SID Ile:Lys у раціоні: 0,50; 0,55 і 0,60. Початкові показники живої маси достовірно не відрізнялись, що свідчить про коректність формування груп. У ході вирощування встановлено чітку дозозалежну реакцію на співвідношення SID Ile:Lys0,50–0,55: за цих рівнів забезпечувалося достовірне підвищення абсолютних і середньодобових приростів маси тіла, максимальне – при SID Ile:Lys 0,55.

Поросята цієї групи мали найвищу кінцеву живу масу та інтенсивність росту в усі контрольні вікові періоди. Одночасно реєстрували покращення конверсії корму: витрати корму на 1 кг приросту знижувалися протягом більшої частини досліду, що забезпечило найкращі інтегральні показники FCR серед усіх груп. Таким чином, оптимізація ізолейцину в раціоні сприяла зростанню продуктивності без збільшення кормоспоживання, тобто за рахунок підвищення метаболічної ефективності засвоєння поживних речовин. Підвищення частки ізолейцину в раціоні до SID Ile:Lys 0,60 не супроводжувалось поліпшенням виробничих показників: позитивний ефект щодо FCR був нетривалим і не трансформувався у зростання живої маси. Це свідчить про перевищення фізіологічно доцільного рівня BCAA та ймовірну конкуренцію між ізолейцином, лейцином і валіном за транспорт і метаболічні шляхи. Біохімічним підґрунтям установлених ефектів є активація mTORC1-сигнального каскаду, що відповідає за інтенсивність протеосинтезу, проліферацію міоцитів і розвиток скелетної мускулатури. Ізолейцин виконує не лише пластичну, а й регуляторну функцію, покращуючи азотний баланс, енергетичний обмін і стійкість до стресу після відлучення. Отримані результати підтверджують, що SID Ile:Lys 0,55 є біологічно, метаболічно та економічно оптимальним співвідношенням, яке рекомендовано застосовувати у сучасних технологіях вирощування поросят.

Ключові слова: *ізолейцин, SID Ile:Lys, молодняк свиней, продуктивність, жива маса, середньодобові прирости, споживання корму, витрати корму на 1 кг приросту, протеосинтез, анаболізм*

Вступ

Ізолейцин традиційно розглядається незамінною амінокислотою для свиней, оскільки він не може бути синтезований в їх організмі (van Milgen et al., 2012; Veira et al., 2021). Відомо (van Milgen et al., 2012; Wu et al., 2013; Müller et al., 2022; Wang et al., 2024), що належне споживання ізолейцину позитивно впливає на інтенсивність росту та стан здоров'я свиней. Відповідно до концепції "ідеального протеїну", потреба в ізолейцині визначається як відношення ізолейцину до лізину, за цього саме лізин зазвичай вважається першою лімітуючою амінокислотою, однак на думку ряду авторів (van Milgen et al., 2012; Soumeh et al., 2014), лізин має бути другою лімітуючою амінокислотою за оцінки потреби саме ізолейцину. Більшість описаних у літературі досліджень зосереджувалися на потребі свиней, яких годували раціонами з додаванням продуктів крові, через низький вміст у них ізолейцину, тоді як дані щодо вивчення потреби свиней в ізолейцині з раціонами не збагаченими продуктами крові досі обмежені (van Milgen et al., 2012).

За даними Norgaard J. V. і ін. (Norgaard et al., 2013), які вивчали ефективність застосування раціонів з зниженим рівнем сирого протеїну 15,34 %, оптимальне співвідношення SID ізолейцин:лізин становило 0,52, 0,52 та 0,52 з використанням моделі квадратичної регресії на основі параметрів середньодобового споживання корму, середньодобових приростів маси тіла та співвідношення приросту маси тіла до спожитого корму, відповідно, а з використанням моделі квадратичної ламаної лінії, коли співвідношення SID ізолейцин:лізин становило 0,50, 0,53, 0,54, зазначені параметри продуктивності свиней досягли найбільшого значення. Мета-аналіз показав, що співвідношення SID ізолейцин:лізин становило щонайменше 50 % за умови використання для годівлі свиней раціонів без продуктів крові (van Milgen et al., 2012). Однак Soumeh E. A. з колегами (Soumeh et al., 2014) виявили, що для максимізації середньодобових приростів маси тіла і середньодобового споживання корму співвідношення SID ізолейцин:лізин повинно становити 0,52 і 0,48 відповідно, щоб мінімізувати коефіцієнт конверсії корму для поросят, яких годували раціоном, що містить 16,28 % сирого протеїну. Barea R. та ін. (Barea et al., 2009) продемонстрували, що співвідношення SID ізолейцин:лізин для поросят, яких годували раціонами без продуктів крові, не перевищувало 50 %. У цьому експерименті оцінене співвідношення SID ізолейцин:лізин для отримання найвищих середньодобових приростів маси тіла становило 54,63 % за використання квадратичної поліноміальної моделі, і 48,33 % – за застосування ламаної лінійної моделі розрахунків. Тобто, спостерігалися різні оптимальні співвідношення SID ізолейцин:лізин на основі застосування різних статистичних моделей. Очевидно, що для аналізу цих даних застосування квадратичної поліноміальної моделі виявилось доцільнішим порівняно з лінійною ламаною моделлю оскільки зниження спостерігалося після максимальних середньодобових приростів маси тіла свиней.

Подібні результати, а саме оптимальне співвідношення SID ізолейцин:лізин в межах 48–54 % у раціонах для поросят без збагачення продуктами крові, були отримані і Wang J. з колегами (Wang et al., 2024). Крім того, автори відмічають, що співвідношення 45 % і 65 % SID ізолейцин:лізин призвело до найнижчого споживання свинями корму. Це свідчить про те, що недостатнє або надмірне надходження ізолейцину в організм також може призвести до негативного впливу на середньодобове споживання поросятами корму. Співвідношення приросту маси тіла поросят до спожитого ними корму не змінювалось за впливу різних співвідношень SID ізолейцин:лізин у раціоні, що було також підтверджено дослідженнями Soumeh E. і ін. (Soumeh et al., 2014).

Відомо (van Milgen et al., 2012; Habibi et al., 2021; Goodarzi et al., 2023), що недостатнє надходження BCAA в організм негативно впливає на інтенсивність росту свиней і стан їх здоров'я. За даними Wang J. з колегами (Wang et al., 2024), якщо співвідношення SID ізолейцин:лізин становить 45 %, що нижче оптимального (55 %), то спостерігається зниження середньодобових приростів маси тіла молодняку свиней на 9,19 %. Дещо раніше van Milgen J. і ін. (van Milgen et al., 2012) описували зниження середньодобових приростів маси тіла на 21 % і середньодобового споживання корму на 15 % за зменшення рівня ізолейцину в раціоні молодняку свиней на 10 %. Тоді як Castilha L. D. зі співавторами (Castilha et al., 2012) наголошують, що поступове введення ізолейцину у раціон до досягнення рівня 50,6 % за SID ізолейцин:лізин 51 % сприяє підвищенню маси тіла свиней. Також автори зазначають, що рівні ізолейцину у раціоні в межах 45–73 % не впливають на параметри

якості туші та масу внутрішніх органів у підсвинків живою масою від 15 до 30 кг.

Водночас, надмірне споживання BCAA може призвести до посиленого метаболізму BCAA і таким чином негативно вплинути на продуктивність свиней (Soumeh et al., 2014; Mallea et al., 2024). Так, за даними Norgaard J. V. і ін. (Norgaard et al., 2013), свині, раціон яких мав надмірний рівень ізолейцину, характеризувалися значним зменшенням середньодобового споживання корму та зниженням середньодобових приростів маси тіла. Крім того, Jansman A. J. M. з колегами (Jansman et al., 2019) виявили, що збільшення надлишку для ізолейцину на 10 %, лейцину на 30 % та гістидину на 10 % зменшує як коефіцієнт конверсії корму, так і кінцеву масу тіла молодняку свиней в середньому на 6 % за найвищого рівня надлишку зазначених амінокислот.

Негативні ефекти надмірного споживання молодняком свиней ізолейцину можуть бути пов'язані з взаємодією між амінокислотами в їх організмі (Jansman et al., 2019). Зокрема відомо, що лейцин може стимулювати власну деградацію за допомогою дегідрогенази кетокислот з розгалуженим ланцюгом, комплексу ферментів, який каталізує незворотну деградацію всіх BCAA, включаючи ізолейцин (Wiltasfky et al., 2010). Також Wessels A. G. з колегами (Wessels et al., 2016) показали, що надмірне надходження в їжу лейцину підвищує активність дегідрогеназ кетокислот з розгалуженим ланцюгом у мозку, печінці та серцевому м’язі поросят після відлучення та знижує концентрації вільних ізолейцину та валіну у більшості тканин організму. Wiltafsky M. K. з колегами (Wiltafsky et al., 2009) також виявили, що занадто високе співвідношення SID ізолейцин:лізин може призвести до зниження продуктивності свиней, і припустили, що синтез α-кето-β-метилвалерату за допомогою надмірної кількості ізолейцину може активувати кетокислотдегідрогеназний комплекс з розгалуженим ланцюгом, який каталізує всі незворотні етапи катаболізму BCAA і таким чином обмежувати метаболізм лейцину. Отже, дисбаланс у надходженні BCAA може спричинити метаболічні втрати специфічних незамінних амінокислот, що призводить до їх дефіциту та перешкоджає максимальному відкладенню протеїну в організмі та знижує інтенсивність росту молодняку свиней.

Дефіцит ізолейцину спричиняє порушення метаболізму у кишківнику свиней (Changsheng et al., 2024) та зниження засвоюваності поживних речовин в їх організмі (Goodarzi et al., 2022; Zhou et al., 2024). Зокрема, за даними Wang J. і ін. (Wang et al., 2024), дефіцит ізолейцину у раціоні призводить до зниження засвоюваності поживних речовин, що, у свою чергу, спричиняє зниження інтенсивності росту молодняку свиней. Крім того, автори зазначають, що дефіцит ізолейцину негативно впливає на морфологію кишківника та знижує активність травних ензимів підшлункової залози у поросят. Посилення активності травних ензимів і покращення морфології кишківника може бути індикатором підвищення засвоюваності поживних речовин, тоді як знижена активність травних ензимів і порушення морфології кишківника не сприяють засвоєнню, що призводить до зниження засвоюваності поживних речовин.

Таким чином, дотепер відомості про вплив ізолейцину на засвоюваність поживних речовин поросятами обмежені, однак було продемонстровано, що BCAA відіграють вирішальну роль у перетравленні та всмоктуванні поживних речовин у кишечнику свиней (Zhou et al., 2018; Ishii & Bhatia, 2023), що і зумовило мета даних досліджень.

Мета дослідження

Вплив співвідношення SID ізолейцину до лізину у раціоні молодняку свиней на ефективність використання корму

Матеріал і методи досліджень

В умовах свинокомплексу ТОВ “Тернопільський бекон” Тернопільської області Чортківського району з молодняку свиней промислового стада віком 24 доби сформували 4 групи поросят-аналогів, яких утримували по 21 гол в клітках площею 10 м², за щільності 1 гол 0,47 м^2. Під час експерименту максимально зафіксована швидкість руху повітря у свинарнику не перевищувала 1,0 м/с, концентрація аміаку не перевищувала 18,2 мг/м^3, а концентрація вуглекислого газу не перевищувала 0,25 %. Використовується решітчаста підлога. Піддослідні свині мали цілодобовий доступ до води, для чого використовували чашкові напувалки з нержавіючої сталі у розрахунку 3 шт./21 гол.

Контроль умов утримання (параметри мікроклімату, справність автоматичних поїлок), а також контроль здоров'я піддослідних тварин проводився щодня. Перед початком досліду приміщення дезінфікували, а піддослідним свиням проводили профілактичну дегельмінтизацію. Середньодобова температура повітря в свинарнику, де утримувалися піддослідні свині, була на рівні 30 °С, з поступовим зменшення до 23 °С при досягнення віку 70 днів відносна вологість коливалася в межах 70–75 %.

Годівлю поросят здійснювали вручну за допомогою кормового апарату TR-4 ROTECNA. 1 кормовий апарат на 1 групу (об’єм бункера – 120 л, призначено для поросят 6–40 кг, тип годівлі – сухий, кількість тварин, що обслуговує 1 бункер – 30 голів, ширина кормового місця 18,7 см. Принцип годівлі: кожен ранок з 9.00 до 10.00 – вибирався залишок кормів з попередньої доби, зважувався та засипалася нова кількість корму.

Відмінності між групами стосувалися лише складу раціону, а саме співвідношення SID ізолейцин:лізин. Так, у поросят групи Con співвідношення SID ізолейцин:лізин у раціоні було нелімітованим та складало менше 0,5, у поросят групи Ile:Lys 0.5 співвідношення SID ізолейцин:лізин становило 0,5, групи Ile:Lys0.55 – відповідно 0,55, а групи Ile:Lys 0.6 – 0,6.

Піддослідному молодняку свиней згодовували повнораціонні комбікорми, збалансовані за всіма поживними з врахуванням, в яких основні показники поживності, в тому числі рівні перших незамінних амі-

нокислот (лізин, метионін + цистін, триптофан, валін) покривали потреби рекомендацій CVB (2023). Перед складанням раціонів основні інгредієнти (пшениця, ячмінь, соєвий шрот, соєвий концентрат та клітини крові аерозольної сушки були проаналізовані на вміст сухої речовини, сирого протеїну, сирої клітковини, крохмалю, жиру та сирої золи. На основі отриманих показників була розрахована кормова поживність основних інгредієнтів згідно формул та матриць поживності бази даних CVB (2018). Поживність комбікорму, що використовувався для годівлі поросят, наведено у таблицях 1–3.

Таблиця 1

Поживна цінність раціону для молодняку свиней з 24 до 38-добового віку

Показник	Група поросят			
	Con	Ile:Lys0.5	Ile:Lys0.55	Ile:Lys0.6
1	2	3	4	5
Суха речовина, г.	904,1	904,2	904,2	904,3
Вологість, г.	95,9	95,8	95,8	95,7
Сирий протеїн, г.	179,5	179,9	180,2	180,6
Сира клітковина, г.	43,1	43,1	43,1	43,0
Сира зола, г.	47,9	47,9	47,9	47,9
Сирий жир, г.	70,1	70,0	70,0	70,0
Крохмаль за Еверсом	390,7	390,2	389,8	389,4
Енергія чиста, ккал	2605,1	2605,0	2605,0	2605,0
Енергія чиста , МДж.	10,9	10,9	10,9	10,9
Лізин, г.	13,2	13,2	13,2	13,2
Метіонін, г.	5,0	5,0	5,0	5,0
Метіонін + Цистин, г.	8,1	8,1	8,1	8,1
Треонін, г.	9,8	9,8	9,8	9,8
Триптофан, г.	3,0	3,0	3,0	3,0
Валін, г.	9,5	9,5	9,5	9,5
SID Лізин, г.	12,1	12,1	12,1	12,1
SID Метіонін, г.	4,7	4,7	4,7	4,7
SID Метіонін + Цистин, г.	7,3	7,3	7,3	7,3
SID Треонін, г.	8,5	8,5	8,5	8,5
SID Триптофан, г.	2,7	2,7	2,7	2,7
SID Валін, г.	8,3	8,3	8,3	8,3
SID Ізолейцин, г.	5,3	6,1	6,7	7,3
SID Лейцин, г.	12,1	12,1	12,1	12,1
SID Ізолейцин/Лізин	0,439	0,5	0,55	0,6
SID Лейцин/ Лізин	1,0	1,0	1,0	1,0
Кальцій, г.	6,0	6,0	6,0	6,0
Фосфор загальний, г.	5,0	5,0	5,0	5,0
Фосфор засвоюваний, г.	3,8	3,8	3,8	3,8
Натрій, г.	3,0	3,0	3,0	3,0
Залізо, мг.	110,0	110,0	110,0	110,0
Цинк, мг.	150,0	150,0	150,0	150,0
Марганец, мг.	72,0	72,0	72,0	72,0
Мідь, мг.	150,0	150,0	150,0	150,0
Йод, мг.	0,8	0,8	0,8	0,8
Селен, мг.	0,4	0,4	0,4	0,4
Віт. А, МО	15000	15000	15000	15000
Віт. D3, МО	2500	2500	2500	2500
Віт. Е, мг.	200,0	200,0	200,0	200,0
Віт. К3, мг.	2,5	2,5	2,5	2,5
Віт. В1(Тіамін), мг.	1,875	1,875	1,875	1,875
Віт. В2 (Рибофлавін), мг.	6,25	6,25	6,25	6,25
Вит. В3 (Ніацин), мг.	25,0	25,0	25,0	25,0
Холін, мг.	300,0	300,0	300,0	300,0
Віт. В5 (Пантотенова к-та),мг.	12,5	12,5	12,5	12,5
Віт. В6 (Піридоксин), мг.	3,75	3,75	3,75	3,75
Віт. Н (Біотин), мкг.	125,0	125,0	125,0	125,0
Віт. В9 (Фолієва к-та), мг.	0,625	0,625	0,625	0,625
Віт. В12 (Ціанокобаламін), мкг.	31,25	31,25	31,25	31,25

Таблиця 2
Поживна цінність раціону для молодняку свиней з 39- до 55-добового віку

Показник	Група поросят			
	Con	Ile:Lys0.5	Ile:Lys0.55	Ile:Lys0.6
1	2	3	4	5
Суха речовина, г.	895,6	895,6	895,7	895,7
Вологість, г.	104,4	104,4	104,3	104,3
Сирий протеїн, г.	174,9	175,3	175,6	176,0
Сира клітковина, г.	42,4	42,4	42,4	42,4
Сира зола, г.	46,7	46,7	46,7	46,7
Сирий жир, г.	57,4	57,2	57,0	56,7
Крохмаль за Еверсом	426,7	426,5	426,3	426,1
Енергія чиста, ккал	2509,0	2509,0	2509,0	2509,0
Енергія чиста , МДж.	10,5	10,5	10,5	10,5
Лізин, г.	12,7	12,7	12,7	12,7
Метіонін, г.	4,9	4,9	4,9	4,9
Метіонін + Цистин, г.	7,7	7,7	7,7	7,7
Треонін, г.	8,7	8,7	8,7	8,7
Триптофан, г.	2,8	2,8	2,8	2,8
Валін, г.	9,0	9,0	9,0	9,0
SID Лізин, г.	11,5	11,5	11,5	11,5
SID Метіонін, г.	4,5	4,5	4,5	4,5
SID Метіонін + Цистин, г.	6,9	6,9	6,9	6,9
SID Треонін, г.	7,5	7,5	7,5	7,5
SID Триптофан, г.	2,5	2,5	2,5	2,5
SID Валін, г.	7,8	7,8	7,8	7,8
SID Ізолейцин, г.	5,2	5,8	6,3	6,9
SID Лейцин, г.	11,5	11,5	11,5	11,5
SID Ізолейцин/Лізин	0,452	0,5	0,55	0,6
SID Лейцин/ Лізин	1,0	1,0	1,0	1,0
Кальцій, г.	5,5	5,5	5,5	5,5
Фосфор загальний, г.	5,0	5,0	5,0	5,0
Фосфор засвоюваний, г.	3,5	3,5	3,5	3,5
Натрій, г.	2,5	2,5	2,5	2,5
Залізо, мг.	110,0	110,0	110,0	110,0
Цинк, мг.	150,0	150,0	150,0	150,0
Марганец, мг.	72,0	72,0	72,0	72,0
Мідь, мг.	150,0	150,0	150,0	150,0
Йод, мг.	0,8	0,8	0,8	0,8
Селен, мг.	0,4	0,4	0,4	0,4
Віт. А, МО	15000	15000	15000	15000
Віт. D3, МО	2500	2500	2500	2500
Віт. Е, мг.	200,0	200,0	200,0	200,0
Віт. К3, мг.	2,5	2,5	2,5	2,5
Віт. В1(Тіамін), мг.	1,875	1,875	1,875	1,875
Віт. В2 (Рибофлавін), мг.	6,25	6,25	6,25	6,25
Вит. В3 (Ніацин), мг.	25,0	25,0	25,0	25,0
Холін, мг.	400,0	400,0	400,0	400,0
Віт. В5 (Пантотенова к-та),мг.	12,5	12,5	12,5	12,5
Віт. В6 (Піридоксин), мг.	3,75	3,75	3,75	3,75
Віт. Н (Біотин), мкг.	125,0	125,0	125,0	125,0
Віт. В9 (Фолієва к-та), мг.	0,625	0,625	0,625	0,625
Віт. В12 (Ціанокобаламін), мкг.	31,25	31,25	31,25	31,25

Дослід тривав 46 діб – з 24-ї до 70-ї доби вирощування молодняку свиней. Упродовж цього періоду визначали кількість вибулих поросят (через падіж та вибракування), а також на 24-у, 38-у, 55-у та 70-у добу вирощування визначали живу масу поросят шляхом зважування на вагах AXIS BDU300C-0608X (Україна).

Результати та їх обговорення

На момент початку дослідження жива маса молодняку свиней у 24-добовому віці варіювала в межах 7,40–7,43 кг, що не супроводжувалося статистично значущими міжгруповими відмінностями (рис. 1). Це свідчить про коректність проведеної рандомізації та формування експериментальних груп із використанням поросят-аналогів за віком і стартовим рівнем розвитку.

Таблиця 3
Поживна цінність раціону для молодняку свиней з 56 до 70-добового віку

Показник	Група поросят			
	Con	Ile:Lys0.5	Ile:Lys0.55	Ile:Lys0.6
1	2	3	4	5
Суха речовина, г.	895,0	895,0	895,0	895,1
Вологість, г.	105,0	105,0	105,0	104,9
Сирий протеїн, г.	173,8	174,0	174,4	174,7
Сира клітковина, г.	39,2	39,2	39,1	39,1
Сира зола, г.	51,2	51,2	51,2	51,2
Сирий жир, г.	46,9	46,7	46,5	46,3
Крохмаль за Еверсом	412,5	412,4	412,2	412,1
Енергія чиста, ккал	2348,0	2348,0	2348,0	2348,0
Енергія чиста , МДж.	10,2	10,2	10,2	10,2
Лізин, г.	12,2	12,2	12,2	12,2
Метіонін, г.	4,5	4,5	4,5	4,5
Метіонін + Цистин, г.	7,5	7,5	7,5	7,5
Треонін, г.	8,3	8,3	8,3	8,3
Триптофан, г.	2,7	2,7	2,7	2,7
Валін, г.	8,4	8,4	8,4	8,4
SID Лізин, г.	11,0	11,0	11,0	11,0
SID Метіонін, г.	4,2	4,2	4,2	4,2
SID Метіонін + Цистин, г.	6,6	6,6	6,6	6,6
SID Треонін, г.	7,2	7,2	7,2	7,2
SID Триптофан, г.	2,4	2,4	2,4	2,4
SID Валін, г.	7,2	7,2	7,2	7,2
SID Ізолейцин, г.	5,2	5,5	6,1	6,6
SID Лейцин, г.	11,0	11,0	11,0	11,0
SID Ізолейцин/Лізин	0,473	0,5	0,55	0,6
SID Лейцин/ Лізин	1,0	1,0	1,0	1,0
Кальцій, г.	5,5	5,5	5,5	5,5
Фосфор загальний, г.	5,4	5,4	5,4	5,4
Фосфор засвоюваний, г.	3,4	3,4	3,4	3,4
Натрій, г.	2,5	2,5	2,5	2,5
Залізо, мг.	110,0	110,0	110,0	110,0
Цинк, мг.	150,0	150,0	150,0	150,0
Марганец, мг.	72,0	72,0	72,0	72,0
Мідь, мг.	100,0	100,0	100,0	100,0
Йод, мг.	0,8	0,8	0,8	0,8
Селен, мг.	0,4	0,4	0,4	0,4
Віт. А, МО	15000	15000	15000	15000
Віт. D3, МО	2500	2500	2500	2500
Віт. Е, мг.	200,0	200,0	200,0	200,0
Віт. К3, мг.	2,5	2,5	2,5	2,5
Віт. В1(Тіамін), мг.	1,875	1,875	1,875	1,875
Віт. В2 (Рибофлавін), мг.	6,25	6,25	6,25	6,25
Вит. В3 (Ніацин), мг.	25,0	25,0	25,0	25,0
Холін, мг.	300,0	300,0	300,0	300,0
Віт. В5 (Пантотенова к-та),мг.	12,5	12,5	12,5	12,5
Віт. В6 (Піридоксин), мг.	3,75	3,75	3,75	3,75
Віт. Н (Біотин), мкг.	125,0	125,0	125,0	125,0
Віт. В9 (Фолієва к-та), мг.	0,625	0,625	0,625	0,625
Віт. В12 (Ціанокобаламін), мкг.	31,25	31,25	31,25	31,25

У ході подальшого вирощування встановлено, що варіювання співвідношення SID ізолейцину до лізину в раціоні, модульоване введенням синтетичного ізолейцину, чинить диференційований вплив на інтенсивність росту тварин. Зокрема, застосування відношення SID Ile:Lys 0,50 забезпечувало статистично підтверджене підвищення живої маси поросят 2-ї групи: у 38-добовому віці – на 410 г або 3,7 % (P < 0,05); у 55-добовому віці – на 930 г або 5,0 % (P < 0,01); у 70-добовому віці – на 1700 г або 6,2 % (P < 0,001) відносно контрольної групи.

Ще виразніший приріст маси тіла зафіксовано у молодняку 3-ї групи, який отримував раціон із відношенням SID Ile:Lys 0,55. Їх показники живої маси достовірно перевищували контрольні: у 38-добовому віці – на 590 г або 5,3 % (P < 0,05); у 55-добовому віці – на 1370 г або 7,4 % (P < 0,001); у 70-добовому віці – на 2430 г або 8,8 % (P < 0,001).

Таким чином, експериментально доведено наявність чіткої дозозалежної відповіді молодняку свиней на збільшення рівня ізолейцину у відношенні до лізину, що проявляється у стимуляції приростів живої маси з найбільшою ефективністю при SID Ile:Lys

0,55. Натомість підвищення співвідношення SID ізолейцину до лізину до рівня 0,60 не продемонструвало стимулювального ефекту на ріст молодняку свиней: жива маса тварин 4-ї групи не відрізнялася від показників контрольної групи в усі контрольні вікові періоди. Це свідчить про відсутність позитивної реакції на подальше зростання частки ізолейцину в амінокислотному профілі раціону та формування ефекту плато або потенційного дисбалансу ВСАА.

За показниками абсолютних приростів живої маси, було встановлено ідентичний характер змін (рис. 2). У період 24–38 діб поросята 2-ї групи (SID Ile:Lys 0,50) переважали контроль за абсолютним приростом на 410 г або 11,2 % (P < 0,05); у віковому інтервалі 39–55 діб на 510 г або 6,9 % (P < 0,01); а протягом 56–70 діб – на 780 г або 8,5 % (P < 0,001).

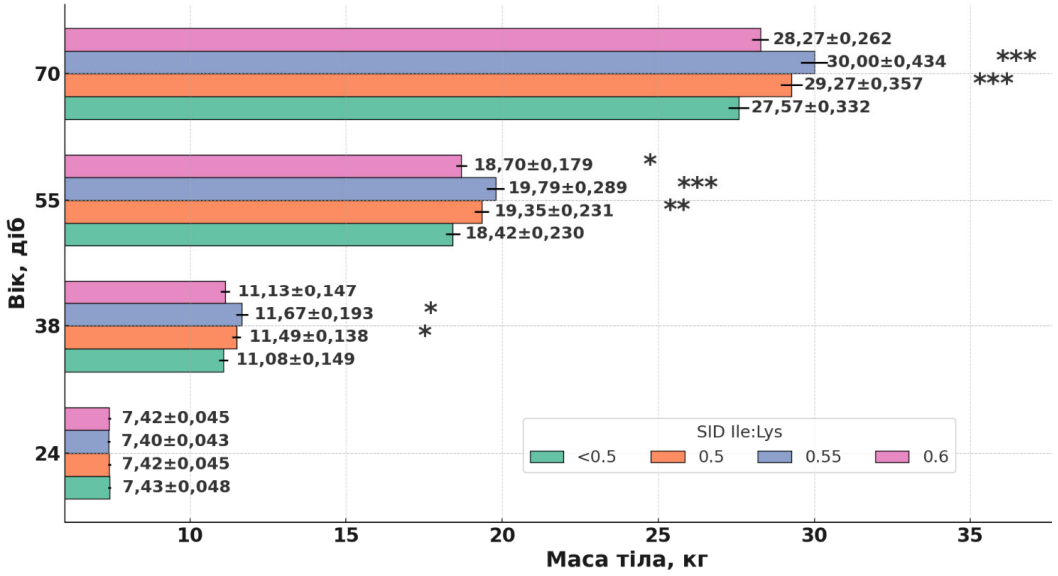


Рис. 1. Маса тіла поросят залежно від співвідношення SID ізолейцину до лізину в раціоні, кг, n = 21/група
Примітки:*P < 0,05; **P < 0,01; ***P < 0,001 – порівняно з 1-ю (контрольною) групою

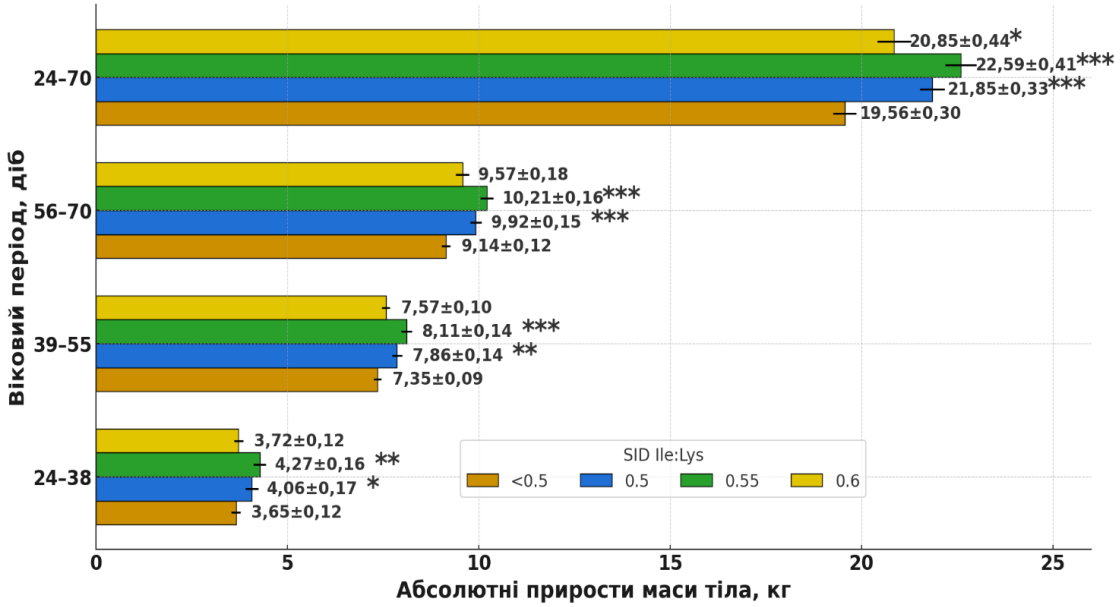


Рис. 2. Абсолютні прирости маси тіла поросят залежно від співвідношення SID ізолейцину до лізину в раціоні, кг, n = 21/група
Примітки:*P < 0,05; **P < 0,01; ***P < 0,001– порівняно з 1-ю (контрольною) групою

У цілому за період вирощування встановлено достовірне збільшення сумарних абсолютних приростів маси тіла молодняку 2-ї групи на 2290 г або 11,7 % (P < 0,001) порівняно з контрольною групою, що вказує на суттєве поліпшення ефективності росту під впливом оптимізованого співвідношення SID Ile:Lys. Ще більш вираженим ефектом стимуляції ростової активності характеризувався молодняк 3-ї групи, який споживав раціон зі співвідношенням SID ізолейцину до лізину 0,55. У період 24–38 діб абсолютні прирости маси тіла перевищували показники контролю на 620 г або 17,0 % (P < 0,01), у віковому інтервалі 39–55

діб – на 760 г або 10,3 % (P < 0,001), а протягом 56–70 діб – на 1070 г або 11,7 % (P < 0,001). У підсумку за весь період вирощування сумарний приріст маси тіла перевищував контроль на 3030 г або 15,5 % (P < 0,001), що свідчить про оптимальність саме цього рівня ізолейцину щодо лізину для максимізації темпів росту.

Натомість у молодняку 4-ї групи, що отримував раціон зі співвідношенням SID Ile:Lys 0,60, було зареєстровано лише помірне підвищення сумарного абсолютного приросту на 1290 г або 6,6 % (P < 0,05) за увесь період вирощування. Проте ця різниця не трансформувалася у статистично значуще збільшення живої маси у контрольні вікові точки. Це свідчить про вичерпання адаптивного потенціалу росту за подальшого зростання частки ізолейцину та ймовірний розвиток його відносного надлишку або дисбалансу серед BCCA.

За показниками середньодобових приростів маси тіла виявлено аналогічну закономірність (рис. 3). У молодняку 2-ї групи впродовж 39–55 діб середньодобовий приріст був вищим на 30,3 г або 7,0 % (P < 0,01), а у 56–70 діб – на 52,1 г або 8,5 % (P < 0,001) порівняно з контролем. У цілому за весь період вирощування середньодобовий приріст у цій групі перевищив контроль на 29,7 г або 6,7 % (P < 0,01).

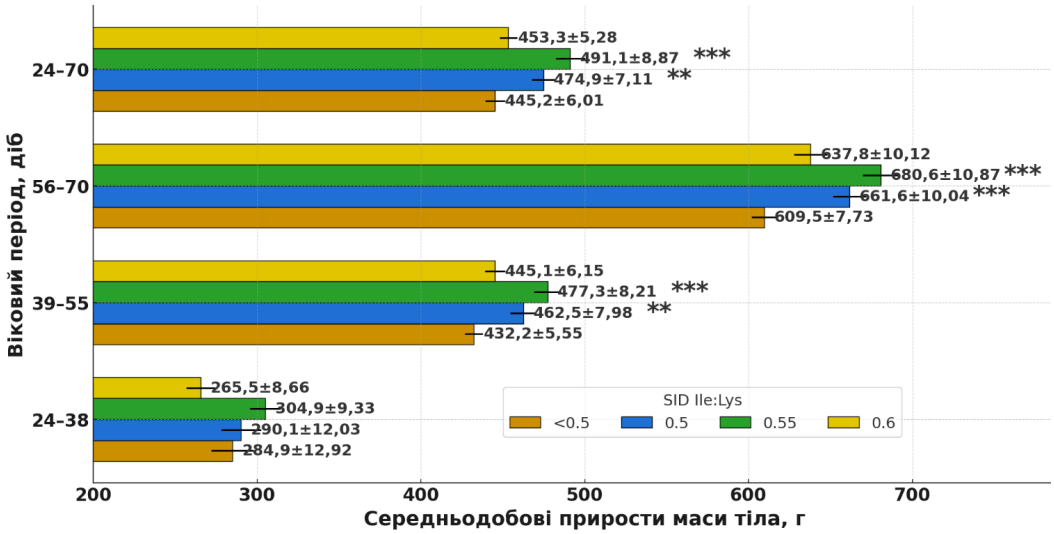


Рис. 3. Середньодобові прирости маси тіла поросят залежно від співвідношення SID ізолейцину до лізину в раціоні, г, n = 21/група

Примітки: *P < 0,05; **P < 0,01; ***P < 0,001– порівняно з 1-ю (контрольною) групою

Достовірно вищими середньодобовими приростами маси тіла характеризувався молодняк 3-ї групи, для годівлі якого застосовували раціон зі співвідношенням SID ізолейцину до лізину 0,55. Упродовж 39–55 діб середньодобові прирости перевищували показники контролю на 45,1 г або 10,4 % (P < 0,001), а за період 56–70 діб – на 71,1 г або 11,7 % (P < 0,001). У підсумку за увесь період вирощування цей показник був вищим на 45,9 г або 10,3 % (P < 0,001) відносно контрольної групи, що підтверджує оптимізаційний ефект саме цього рівня Ile:Lys для стимуляції темпів росту.

У молодняку 4-ї групи, що отримував раціон зі співвідношенням SID Ile:Lys 0,60, встановлено достовірне збільшення середньодобових приростів лише у завершальному періоді вирощування: на 28,3 г або 4,6 % (P < 0,05) порівняно з контролем. Водночас ця різниця не забезпечила статистично значущого підвищення живої маси у динаміці розвитку тварин. Така реакція вказує на наявність межі фізіологічної доцільності підвищення концентрації ізолейцину у раціоні, ймовірно через конкурентний антагонізм між амінокислотами групи BCAA або зниження їх метаболічної ефективності при надлишку.

Споживання корму молодняком свиней за різних співвідношень SID Ile:Lys залишалося на статистично однорідному рівні (рис. 4). Зокрема, у період 24–38 діб воно перебувало в межах 320,7–345,2 г/гол/добу, у 39–55 діб — 637,8–703,2 г/гол/добу, а у 56–70 діб — 983,0–1022,82 г/гол/добу. У середньому за весь період вирощування споживання корму становило 646,8–684,8 г/гол/добу.

Попри візуально помітну тенденцію до незначного (на 38 г/гол/добу) підвищення споживання корму у дослідних групах, статистичне опрацювання даних не підтвердило вірогідності цих відмінностей. Це дозволяє стверджувати, що позитивний вплив оптимізованого співвідношення SID Ile:Lys на темпи росту тварин не пов’язаний зі зміною їх кормоспоживання, а відображає вищу ефективність засвоєння поживних речовин і процесів протеїнового метаболізму.

Водночас показники витрат корму на 1 кг приросту живої маси демонстрували чітку залежність від рівня збалансованості амінокислотного профілю раціону за SID ізолейцином до лізину (рис. 5). У молодняку 2-ї групи, який споживав раціон зі співвідношенням SID Ile:Lys 0,50, в інтервалі 24–38 діб реєстрували зниження витрат корму на 100 г або 8,1 %, а за період 56–70 діб — на 70 г або 4,6 % порівняно з контролем. У підсумку за увесь період вирощування витрати корму зменшилися на 60 г або 4,3 % щодо конт-

рольної групи, яка отримувала раціон без лімітування співвідношення SID ізолейцину до лізину.

Ще більш виражений ефект підвищення конверсійної ефективності встановлено у молодняку 3-ї групи, що отримував раціон зі співвідношенням SID Ile:Lys 0,55. В період 24–38 діб витрати корму були нижчими на 100 г або 8,1 %, а у 56–70 діб – на 130 г або 8,6 % порівняно з контролем. Така позитивна динаміка забезпечила зниження витрат корму за весь період вирощування на 80 г або 5,7 %, що є найкращим результатом серед усіх дослідних груп.

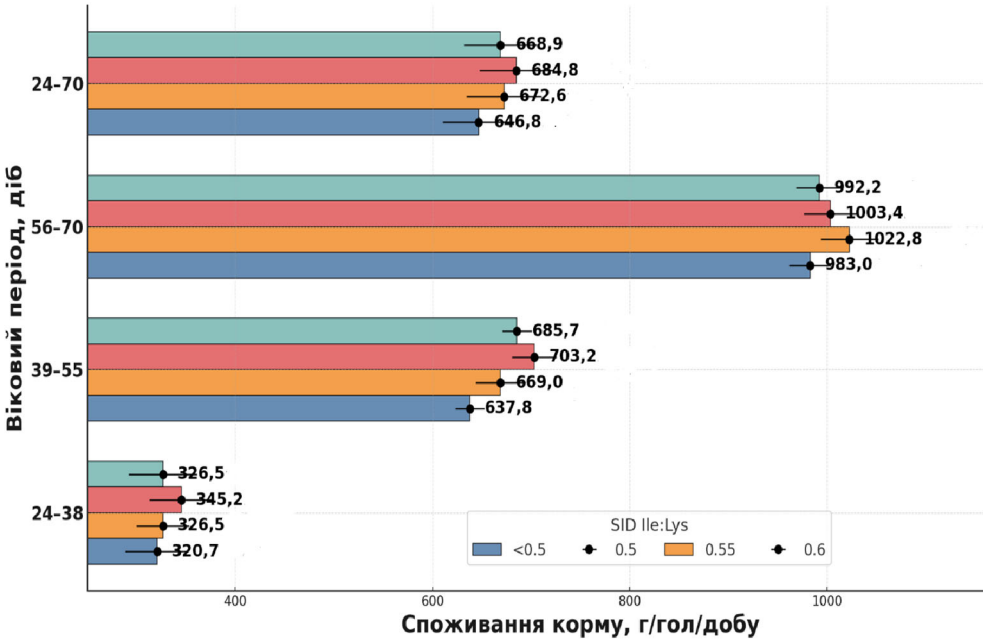


Рис. 4. Споживання корму поросятами залежно від співвідношення SID ізолейцину до лізину у раціоні , г/гол/добу, n = 21/група

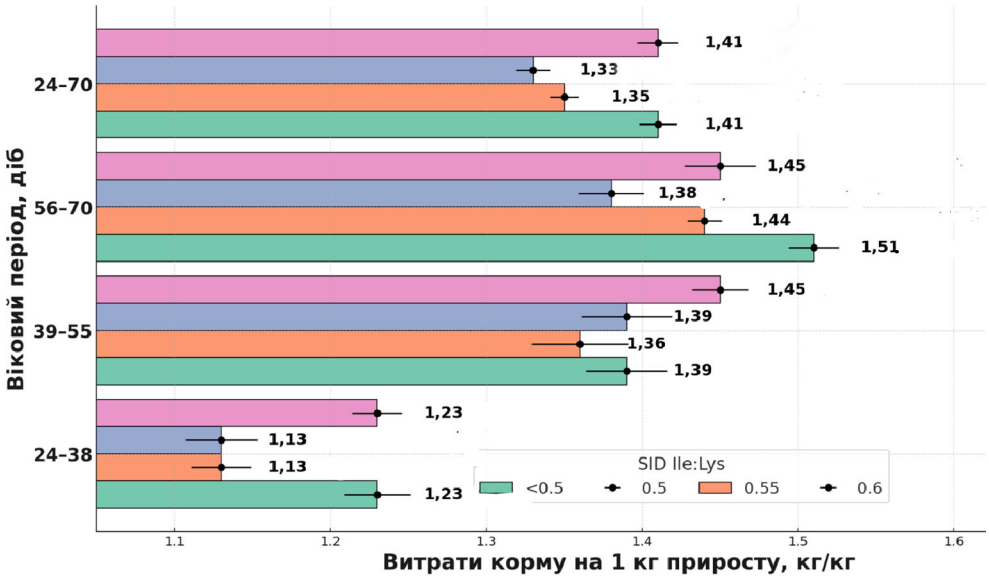


Рис. 5. Витрати корму на 1 кг приросту живої маси поросятами залежно від співвідношення SID ізолейцину до лізину у раціоні, кг, n = 21/група

У молодняку 4-ї групи, який споживав раціон зі співвідношенням SID ізолейцину до лізину 0,60, зниження витрат корму на 1 кг приросту живої маси було встановлено лише упродовж 56–70-добового періоду на 60 г або 4,0 % порівняно з контролем. Проте зазначене скорочення витрат корму виявилося недостатнім, щоб забезпечити статистично підтверджене підвищення ефективності використання корму в середньому за весь період вирощування, що свідчить про обмежений адаптаційний ефект підвищеного рівня ізолейцину в раціоні.

Результати досліджень свідчать, що варіювання співвідношення SID ізолейцину до лізину у раціонах молодняку свиней раннього поствідлучного періоду є важливим регулятором інтенсивності росту та ефективності використання кормів. Найвищі показники живої маси, абсолютних і середньодобових приростів, а також найнижчі витрати корму на 1 кг приросту встановлено у групі, що отримувала раціон зі співвід-

ношенням SID Ile:Lys 0,55. Це підкреслює наявність оптимальної межі забезпеченості ізолейцином, перевищення якої не супроводжується подальшим поліпшенням результативності (як при SID Ile:Lys 0,60).

Отримані ефекти мають чітке біохімічне обґрунтування, пов'язане з ключовою роллю ізолейцину як представника групи розгалужених амінокислот (BCAA) у регуляції м'язового метаболізму. Ізолейцин є не лише структурним компонентом білкових молекул, але й метаболічним сигналом, який активує mTORC1-залежний шлях – центральний механізм, що відповідає за запуск процесів трансляції білка, проліферацію міоцитів та зростання м'язової маси. Крім того, ізолейцин бере участь у підтриманні глюкозного гомеостазу, енергетичного обміну та азотного балансу, що додатково підсилює його фізіологічний ефект.

Співвідношення SID Ile:Lys 0,55, ймовірно, забезпечує оптимальне надходження субстрату для протеосинтезу і максимальний рівень mTORC1-активації без розвитку антагонізму BCAA (із валіном і лейцином), який може проявлятися за надлишку ізолейцину (0,60), що було підтверджено більш слабкою продуктивною відповіддю тварин у 4-й групі.

Висновки

Проведені дослідження довели, що варіювання співвідношення SID ізолейцину до лізину у раціонах молодняку свиней є ефективним інструментом регуляції інтенсивності росту та ефективності використання кормів у періоді 24–70 діб. Початкові показники живої маси свідчили про однорідність експериментальних груп і коректність їх формування. Подальший перебіг ростових процесів засвідчив наявність чіткої дозозалежної реакції організму тварин на рівень ізолейцину.

Оптимальним виявилося співвідношення SID Ile:Lys 0,55, за якого забезпечувалися найвищі абсолютні та середньодобові прирости маси тіла з одночасним зниженням витрат корму на одиницю приросту. Застосування цього рівня супроводжувалося достовірним підвищенням живої маси наприкінці досліду, що підтверджує його біологічну доцільність та метаболічну ефективність. Співвідношення SID Ile:Lys 0,50 також позитивно впливало на показники росту і конверсії корму, однак ефект був менш вираженим.

Разом з тим, подальше підвищення частки ізолейцину у раціоні до SID Ile:Lys 0,60 не покращувало продуктивність – встановлено лише короткочасне та незначне зниження витрат корму наприкінці досліду, яке не трансформувалося у підвищення живої маси тварин. Така реакція свідчить про вичерпання фізіологічного потенціалу використання ізолейцину на рівні понад 0,55 та ймовірний розвиток антагонізму амінокислот групи BCAA при його надлишку.

Таким чином, результати дослідження підтверджують, що збалансування раціонів молодняку свиней за есенціальною амінокислотою – ізолейцином – є критично необхідним для підвищення продуктивності, метаболічної ефективності та економічної результативності вирощування. Раціон з оптимізованим співвідношенням SID Ile:Lys 0,55 може бути рекомендований до промислового використання як біологічно, енергетично та економічно обґрунтований варіант годівлі свиней у ранньому поствідлучному періоді.

Подяка

Дослідження виконано в рамках державної наукової теми Міністерства освіти і науки України 04493706 № 0124U000924.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів.

References

Barea, R., Brossard, L., Le Floc'h, N., Primot, Y., Melchior, D., & van Milgen, J. (2009). The standardized ileal digestible valine-to-lysine requirement ratio is at least seventy percent in postweaned piglets. Journal of Animal Science, 87(3), 935–947. DOI: 10.2527/jas.2008-1006.

Castilha, L. D., Pozza, P. C., Nunes, R. V., Lazzeri, D. B., Somensi, M. L., & dos Santos Pozza, M. S. (2012). Levels of digestible isoleucine on performance, carcass traits and organs weight of gilts (15–30 kg). Animal Science and Veterinary Medicine, 36(4), 446–453. DOI: 10.1590/S1413-70542012000400009.

Changsheng, J., Weiying, C., Yanan, Y., Xiaojin, L., Mengmeng, J., Ahmed, G., & Shenghe, L. (2024). Regulation of isoleucine on colonic barrier function in rotavirus-infected weanling piglets and analysis of gut microbiota and metabolomics. Microorganisms, 12, 2396. DOI: 10.3390/microorganisms12122396.

Goodarzi, P., Habibi, M., Gorton, M., Walsh, K., Tarkesh, F., Fuhrig, M., & Pezeshki, A. (2023). Dietary isoleucine and valine: Effects on lipid metabolism and ureagenesis in pigs fed with protein restricted diets. Metabolites, 13, 89. DOI: 10.3390/metabo13010089.

Goodarzi, P., Wileman, C. M., Habibi, M., Walsh, K., Sutton, J., Shili, C. N., Chai, J., Zhao, J., & Pezeshki, A. (2022). Effect of isoleucine and added valine on performance, nutrients digestibility and gut microbiota composition of pigs fed with very low protein diets. International Journal of Molecular Sciences, 23, 14886. DOI: 10.3390/ijms232314886.

Habibi, M., Shili, C., Sutton, J., Goodarzi, P., Maylem, E. R., & Spicer, L. (2021). Branched-chain amino acids partially recover the reduced growth of pigs fed with protein-restricted diets through both central and peripheral factors. Animal Nutrition, 7(3), 868–882. DOI: 10.1016/j.aninu.2021.02.002.

Ishii, I., & Bhatia, M. (2023). Amino acids in health and disease: The good, the bad, and the ugly. International Journal of Molecular Sciences, 24(5), 4931. DOI: 10.3390/ijms24054931.

Jansman, A. J. M., Cirot, O., Corrent, E., Lambert, W., Ensink, J., & van Diepen, J. Th. M. (2019). Interaction and imbalance between indispensable amino acids in young piglets. Animal, 13(5), 941–949. DOI: 10.1017/S175173111800263X.

Mallea, A., Espinosa, C., Lee, S. A., Cristobal, M., Torres Mendoza, L., & Stein, H. (2024). Dietary

supplementation of valine, isoleucine, and tryptophan may overcome the negative effects of excess leucine in diets for weanling pigs containing corn fermented protein. Journal of Animal Science and Biotechnology, 15, 125. DOI: 10.1186/s40104-024-01082-9.

Müller, M., Xu, C., Navarro, M., Elias Masiques, N., Tilbrook, A. J., van Barneveld, R., & Roura, E. (2022). An oral gavage of lysine elicited early satiation while gavages of lysine, leucine, or isoleucine prolonged satiety in pigs. Journal of Animal Science, 100(12), skac361. DOI: 10.1093/jas/skac361.

Norgaard, J. V., Shrestha, A., Krogh, U., Sloth, N. M., Blaabjerg, K., & Poulsen, H. D. (2013). Isoleucine requirement of pigs weighing 8 to 18 kg fed blood cell-free diets. Journal of Animal Science, 91(8), 3759–3765. DOI: 10.2527/jas.2012-5998.

Soumeh, E. A., van Milgen, J., Sloth, N. M., Corrent, E., Poulsen, H. D., & Norgaard, J. V. (2014). The optimum ratio of standardized ileal digestible isoleucine to lysine for 8–15 kg pigs. Animal Feed Science and Technology, 198, 158–165. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2014.09.013.

van Milgen, J., Gloaguen, M., Le Floc'h, N., Brossard, L., Primot, Y., & Corrent, E. (2012). Meta-analysis of the response of growing pigs to the isoleucine concentration in the diet. Animal, 6, 1601–1608. DOI: 10.1017/S1751731112000420.

Veira, A. M., Santos, L. S., Gobi, J. P., Silva, W. C., Fraga, A. Z., & Hauschild, L. (2021). Individual responses of growing pigs to diets with valine and isoleucine to lysine ratios. Animal Feed Science and Technology, 279, 115037. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2021.115037.

Wang, J., Liu, S., Ma, J., Dong, X., Long, S., & Piao, X. (2024). Growth performance, serum parameters, inflammatory responses, intestinal morphology and microbiota of weaned piglets fed 18% crude protein diets with different ratios of standardized ileal digestible isoleucine to lysine. Animal Nutrition, 16, 313–325. DOI: 10.1016/j.aninu.2023.11.008.

Wessels, A. G., Kluge, H., Hirche, F., Kiowski, A., Bartelt, J., Corrent, E., & Stangl, G. I. (2016). High leucine intake reduces the concentration of hypothalamic serotonin in piglets. Journal of Animal Science, 94(3), 26–29. DOI: 10.2527/jas.2015-9728.

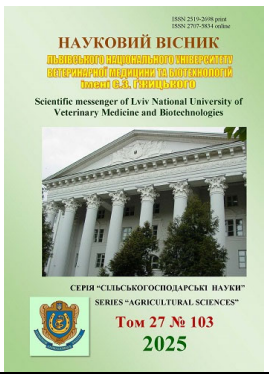
Wiltafsky, M. K., Bartelt, J., Relandeau, C., & Roth, F. X. (2009). Estimation of the optimum ratio of standardized ileal digestible isoleucine to lysine for eight- to twenty-five-kilogram pigs in diets containing spray-dried blood cells or corn gluten feed as a protein source. Journal of Animal Science, 87(8), 2554–2564. DOI: 10.2527/jas.2008-1320.

Wiltasfky, M. K., Pfaffl, M. W., & Roth, F. X. (2010). The effects of branched-chain amino acid interactions on growth performance, blood metabolites, enzyme kinetics and transcriptomics in weaned pigs. British Journal of Nutrition, 103, 964–976. DOI: 10.1017/S0007114509992212.

Wu, G. Y., Wu, Z. L., Dai, Z. L., Yang, Y., Wang, W. W., & Liu, C. (2013). Dietary requirements of "nutritionally non-essential amino acids" by animals and humans. Amino Acids, 44, 1107–1113. DOI: 10.1007/s00726-012-1444-2.

Zhou, H., Yu, B., Gao, J., Htoo, J. K., & Chen, D. W. (2018). Regulation of intestinal health by branched-chain amino acids. Animal Science Journal, 89, 3–11. DOI: 10.1111/asj.12937.

Zhou, X., Liang, J., Xiong, X., & Yin, Y. (2024). Amino acids in piglet diarrhea: Effects, mechanisms and insights. Animal Nutrition, 16, 267–274. DOI: 10.1016/j.aninu.2023.07.009.



Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького. Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences

ISSN 2519–2698 print
ISSN 2707-5834 online

doi: 10.32718/nvlvet-a10338
https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture

UDC 615.37:615.01.3:636.09:543

Chemistry and quality control of raw materials in the production of the veterinary drug "Devivit Selen": an example of vitamin E and selenium, benzyl alcohol and water for injection

R. M. Sachuk[1]✉, T. A. Velesyk[1], H. V. Martyniuk[1], O. M. Buchko[2], S. A. Ponomareva[2], L. V. Kalynovska[2], O. A. Katsaraba[3]

[1]*Rivne State University for the Humanities, Rivne, Ukraine*
[2]*State Scientific-Research Control Institute of Veterenary Medicinal Products and Feed Additives, Lviv, Ukraine*
[3]*Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, Lviv, Ukraine*

Article info

Received 03.09.2025
Received in revised form 03.10.2025
Accepted 04.10.2025

Rivne State University for the Humanities, Plastova Str., 29-a, Rivne, 33028, Ukraine.
Tel.: +38-097-671-90-63
E-mail: sachuk.08@ukr.net

State Scientific-Research Control Institute of Veterinary Medicinal Products and Feed Additives, Donetska Str., 11, Lviv, 79019, Ukraine.

Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv, Pekarska Str., 50, Lviv, 79010, Ukraine.

Sachuk, R. M., Velesyk, T. A., Martyniuk, H. V., Buchko, O. M., Ponomareva, S. A., Kalynovska, L. V., & Katsaraba, O. A. (2025). Chemistry and quality control of raw materials in the production of the veterinary drug "Devivit Selen": an example of vitamin E and selenium, benzyl alcohol and water for injection. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 27(103), 318–323. doi: 10.32718/nvlvet-a10338

The paper presents the results of a comprehensive quality control of the input substances used in the production of the veterinary drug "Devivit Selen". Four key components were involved in the study: vitamin E (tocopherol acetate) and selenium (in the form of sodium selenite), benzyl alcohol and water for injection. The aim of the work was to experimentally substantiate the physicochemical quality indicators of these substances in accordance with the requirements of the State Pharmacopoeia of Ukraine. The control was carried out in the laboratory for quality control, safety and registration of veterinary medicines and feed additives of LLC "DEVIE". The results obtained confirmed the compliance of all the studied substances with the established pharmacopoeial standards. It was determined that the quality of each component significantly affects the stability, effectiveness and safety of the drug. In particular, the purity of water for injection and benzyl alcohol ensures the sterility of the dosage form, while the concentration of vitamin E and selenium determines the antioxidant activity and therapeutic effect of the drug. The control methods used were based on the principles of validation, metrological traceability and compliance with GMP requirements. The analysis confirmed the high quality of each substance, which allows to guarantee the stability of the drug throughout the entire shelf life. The results of the study are of practical importance for increasing the efficiency of internal quality control at pharmaceutical enterprises. They can be used in the educational process for training veterinary and pharmaceutical specialists. The work demonstrates the importance of integrating modern analytical methods into the GMP system for improving the production of veterinary drugs. A comprehensive approach to the control of input materials is the key to high quality and safety of finished dosage forms.

Keywords: *Devivit Selen, quality control, water for injection, benzyl alcohol, vitamin E, selenium, State Federal University of Veterinary Medicine, veterinary pharmacy, GMP.*

Хімія та контроль якості сировини у виробництві ветеринарного препарату "Девівіт Селен": приклад вітаміну Е та селену, бензилового спирту та води для ін'єкцій

Р. М. Сачук[1]✉, Т. А. Велесик[1], Г. В. Мартинюк[1], О. М. Бучко[2], С. А. Пономарьова[2], Л. В. Калиновська[2], О. А. Кацараба[3]

[1]*Рівненський державний гуманітарний університет, м. Рівне, Україна*

[2]*Державний науково-дослідний контрольний інститут ветеринарних препаратів та кормових добавок, м. Львів, Україна*
[3]*Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Ґжицького, м. Львів, Україна*

У роботі представлено результати комплексного контролю якості вхідних субстанцій, що застосовуються у виробництві ветеринарного препарату «Девівіт Селен». До дослідження було залучено чотири ключові компоненти: вітамін Е (токоферолу ацетат) та селен (у формі селеніту натрію), бензиловий спирт і воду для ін'єкцій. Метою роботи було експериментальне обґрунтування фізико-хімічних показників якості цих речовин відповідно до вимог Державної фармакопеї України. Контроль проведено у лабораторії з контролю якості, безпечності та реєстрації ветеринарних лікарських засобів і кормових добавок ТОВ "ДЕВІЕ". Отримані результати підтвердили відповідність усіх досліджених субстанцій встановленим фармакопейним нормативам. Визначено, що якість кожного компонента істотно впливає на стабільність, ефективність і безпечність препарату. Зокрема, чистота води для ін'єкцій і бензилового спирту забезпечує стерильність лікарської форми, тоді як концентрація вітаміну Е та селену визначає антиоксидантну активність і терапевтичну дію препарату. Використані методики контролю ґрунтувалися на принципах валідації, метрологічній простежуваності та відповідності вимогам GMP. Проведений аналіз підтвердив високу якість кожної субстанції, що дозволяє гарантувати стабільність препарату протягом усього терміну зберігання. Результати дослідження мають практичне значення для підвищення ефективності внутрішнього контролю якості на фармацевтичних підприємствах. Їх можна застосовувати у навчальному процесі для підготовки фахівців ветеринарно-фармацевтичного профілю. Проведена робота демонструє важливість інтеграції сучасних аналітичних методів у систему GMP для вдосконалення виробництва ветеринарних препаратів. Комплексний підхід до контролю вхідних матеріалів є запорукою високої якості та безпечності готових лікарських форм.

Ключові слова: *Девівіт Селен, контроль якості, вода для ін'єкцій, бензиловий спирт, вітамін Е, селен, ДФУ, ветеринарна фармація, GMP.*

Вступ

Розвиток сучасної ветеринарної фармації вимагає суворого дотримання принципів належної виробничої практики (GMP) на всіх етапах створення лікарських засобів, зокрема у частині контролю якості вхідних субстанцій (Piponski et al., 2015; Vougat Ngom et al., 2017; Vidhamaly et al., 2022). Особливої уваги заслуговують препарати, до складу яких входять мікроелементи, такі як селен, що беруть участь у регуляції антиоксидантної системи організму (Xiao et al., 2021). Контроль якості сировини, яка використовується для виготовлення таких препаратів, має вирішальне значення для забезпечення їх стабільності, ефективності та безпечності (Salgueiro et al., 2010; Sachuk et al., 2025). Враховуючи біологічну активність і потенційну токсичність селену, правильне дозування та хімічна чистота субстанцій є ключовими чинниками при виробництві (Elkhateeb et al., 2024). Тому дослідження якості вхідних матеріалів набуває вагомого наукового і практичного значення.

Вітамін Е та селен є взаємодоповнюючими антиоксидантами, які забезпечують захист клітинних мембран від ушкодження вільними радикалами, підтримують репродуктивні функції та імунний статус тварин (Xiao et al., 2021; Elgendey et al., 2022).

Селен у формі натрію селеніту бере участь у синтезі ферменту глутатіонпероксидази, тоді як вітамін Е гальмує перекисне окиснення ліпідів. Таке поєднання зумовлює виражений терапевтичний ефект при профілактиці білом'язової хвороби, м'язової дистрофії, гепатодистрофії та інших патологій, пов'язаних із дефіцитом мікроелементів. Однак ефективність препарату значною мірою залежить від якості допоміжних компонентів – води для ін'єкцій, спирту бензилового, токоферолу ацетату і селеніту натрію (Niki, 2014; Xiao et al., 2021; Pecoraro et al., 2022). Тому їх фізико-хімічні показники потребують систематичного контролю за фармакопейними методиками.

Дотримання вимог Державної фармакопеї України (ДФУ), при контролі субстанцій, гарантує відтворюваність результатів і належну якість готового продукту (Derzhavna farmakopeia Ukrainy, 2014; 2015).

Застосування валідаційних методик, метрологічно атестованого обладнання та кваліфікованого персоналу дозволяє мінімізувати похибки під час аналізу. У даній роботі представлено результати визначення якості вхідних матеріалів для виробництва ін'єкційного препарату "Девівіт Селен", проведені в лабораторії контролю якості, безпечності та реєстрації ветеринарних лікарських засобів і кормових добавок ТОВ "ДЕВІЕ". Отримані дані мають практичне значення для вдосконалення системи внутрішнього контролю на підприємстві. Крім того, вони можуть бути використані як навчальний матеріал у підготовці фахівців зі спеціальності "Середня освіта (Природничі науки)" та "Ветеринарна фармація".

Мета дослідження

Мета роботи – визначення відповідності фізико-хімічних показників вітаміну Е (токоферолу ацетату), селену (селеніту натрію), бензилового спирту та води для ін'єкцій вимогам Державної фармакопеї України та стандартам належної виробничої практики (GMP). Дослідження спрямоване на експериментальне підтвердження стабільності, чистоти та безпечності цих субстанцій, що є критичними компонентами ветеринарного препарату "Девівіт Селен".

Матеріал і методи досліджень

Дослідження проведено на базі лабораторії контролю якості, безпечності та реєстрації ветеринарних лікарських засобів і кормових добавок ТОВ "ДЕВІЕ", із використанням метрологічно атестованого обладнання та валідованих методик відповідно до вимог Державної фармакопеї України. Об'єктом досліджен-

ня був препарат “Девівіт Селен”, який містить вітамін Е (токоферол – 50,0 мг/мл) і селен (у формі селеніту натрію – 0,5 мг/мл), а також допоміжні речовини – бензиловий спирт та воду для ін’єкцій. “Девівіт Селен” у своєму складі містить: вітамін Е (токоферол) – 50,0 мг/мл та селен (у формі селеніту натрію) – 0,5 мг/мл. Допоміжні речовини: спирт бензиловий та вода для ін’єкцій. Препарат застосовується для профілактики й лікування захворювань, пов’язаних із дефіцитом вітаміну Е та селену у тварин.

Для аналізу субстанцій – токоферолу ацетату, селеніту натрію, бензилового спирту та води для ін’єкцій – застосовували фізико-хімічні, спектроскопічні та титриметричні методи, що забезпечують визначення ідентичності, чистоти та вмісту активних компонентів. Ідентифікацію здійснювали за допомогою ІЧ-спектроскопії, визначення вмісту – методом високоефективної рідинної хроматографії (ВЕРХ) і йодометричного титрування для сполук селену; показники якості води для ін’єкцій встановлювали за питомою електропровідністю, вмістом органічного вуглецю та тестом на ендотоксини. Отримані результати опрацьовували статистично, що дозволило оцінити відтворюваність і достовірність даних та підтвердити відповідність субстанцій вимогам GMP і ДФУ (Derzhavna farmakopeia Ukrainy, 2014; 2015).

Результати та їх обговорення

Дослідження спрямоване на перевірку відповідності цих субстанцій вимогам Державної фармакопеї України (ДФУ), оцінку їх чистоти, ідентичності та стабільності. Встановлення фармакопейних показників має на меті забезпечити належну якість, ефективність і безпечність готового препарату для профілактики та лікування хвороб, зумовлених дефіцитом селену і токоферолу у тварин. Отримані результати покликані слугувати основою для вдосконалення внутрішнього хімічного контролю у системі GMP підприємства-виробника ТОВ “ДЕВІЕ” та підвищення надійності фармакотехнологічного процесу.

Якість субстанції “Вітамін Е 50% FG” є критичним параметром у виробництві ветеринарного препарату “Девівіт Селен”, оскільки саме від неї залежить стабільність та антиоксидантна активність готового продукту. Отримані результати лабораторного контролю підтверджують відповідність основних показників фармакопейним вимогам: порошок має однорідну структуру, без сторонніх домішок, а його ідентичність встановлено методом високоефективної рідинної хроматографії, згідно з вимогами ДФУ 2.0. Масова частка токоферолу становила 50,1 %, що свідчить про стабільність субстанції та правильні умови її зберігання. Виявлені характеристики забезпечують необхідну біологічну активність і безпечність препарату при подальшому використанні у складі готової лікарської форми (табл. 1).

Згідно з сертифікатом аналізу серії FM2212054B, субстанція *Vitamin E 50 % FG* виробництва Zhejiang Medicine Co., Ltd (Китай), відповідає вимогам Європейської фармакопеї EP 0691 та національного стандарту GB/T 6435.

Вона являє собою практично білий або жовтуватий порошок із вмістом основної речовини 50,0 %, вологою не вище 5 %, та з розміром часток, 99 % яких проходять крізь сито 0,85 мм. Такі характеристики свідчать про високий ступінь очищення, стабільність і придатність субстанції до використання у виробництві ін’єкційного препарату “Девівіт Селен”, без ризику втрати біологічної активності токоферолу.

Якість субстанції селену є критичним параметром для стабільності та безпечності препарату “Девівіт Селен”. За матеріалами серійного контролю (серія № 24/09/017/317, виробник – Польща) перевірено опис, масу нетто одиниці фасування (25 кг ± 2 %), ідентичність та вміст елемента. Опис та ідентичність відповідають вимогам; маса нетто у межах допуску. Водночас за показником “вміст селену” (норма: не менше 98,6 %) зафіксовано 97,1 %, що свідчить про невідповідність цього показника фармакопейній специфікації та потребує додаткових дій (повторний аналіз, розслідування відхилення, претензійна робота з постачальником, утримання серії на карантині) (табл. 2).

Таблиця 1
Результати контролю якості субстанції “Вітамін Е 50% FG”

№	Найменування показника	Характеристика та норма	Результат випробування
1	Опис	Практично білий або жовтуватий порошок	Відповідає
2	Об’єм заповнення одиниці паковання	25 кг ± 2 %	25,2 кг
3	Ідентичність вітаміну Е	Позитивна	Відповідає вимогам
4	Вміст вітаміну Е, %	Не менше 50,0	50,1

Таблиця 2
Результати контролю якості субстанції “Селен”

№	Найменування показника	Характеристика та норма	Результат випробування
1	Опис	Червонувато-коричневий порошок, однорідний	Відповідає
2	Об’єм заповнення одиниці паковання	25 кг ± 2 %	25,3 кг
3	Ідентичність селену	Позитивна	Відповідає вимогам
4	Вміст селену, %	Не менше 98,6	99,1

Якість бензилового спирту є визначальним показником безпечності та стабільності готових лікарських форм, у складі яких він використовується як розчинник або консервант. Субстанція, що надійшла для контролю, відповідала вимогам нормативної документації ССМ-30, затвердженої на підприємстві ТОВ "ДЕВІЕ". Зовнішній вигляд – безбарвна рідина з характерним слабким запахом. Масова частка основної речовини становила 99,8 %, що перевищує мінімальну вимогу 99,5 % для ч.д.а. якості. Інші показники, зокрема густина, показник заломлення та температура кипіння, також відповідали межам, встановленим специфікацією.

Результати контролю домішок і фізико-хімічних параметрів свідчать про високу чистоту речовини та придатність її до використання у виробництві стерильних ветеринарних препаратів. Вміст бензальдегіду не перевищував 0,1 %, масова частка води – 0,016 %, залишок після прожарювання – 0,002 %, що свідчить про низький рівень органічних і неорганічних забруднень. Кольоровість і кислотність відповідали нормі; опалесценція не спостерігалась. Отримані результати підтверджують, що субстанція бензилового спирту може застосовуватися без ризику зниження стабільності діючих речовин або розвитку побічних реакцій. Загалом якість серії оцінюється як відповідна фармакопейним вимогам.

Таблиця 3
Результати контролю якості субстанції "Бензиловий спирт"

№	Найменування показника	Характеристика та норма	Результат випробування
1	Масова доля бензилового спирту (C_7H_8O), %, не менше	99,9	99,0
2	Масова доля бензальдегіда (C_6H_5COH), % не більше	0,1	0,02
3	Густина ρ при 20 °C, г/м^3	1,045–1,047	1,044
4	Показник заломлення n_D^{20}	1,5395–1,5405	1,5385
5	Температура кипіння при 101325 Па, ˚C	204–207	207
6	Масова доля залишків після прожарювання у вигляді сульфатів, %, не більше	0,002	0,001
7	Масова частка хлоридів, %, не більше	0,005	0,005
8	Масова частка кислот у перерахунку на бензойну кислоту (C_6H_5COOH), %, не более	0,025	0,025

Якість води для ін'єкцій є одним із ключових параметрів безпечності лікарських форм, адже вона виступає основним розчинником у виробництві парентеральних препаратів. Субстанція, що пройшла контроль, відповідала вимогам специфікації ССМ-02 ТОВ "ДЕВІЕ" та аналітичної документації виробника ТОВ "Юрія-Фарм". За описом, це прозора безбарвна рідина без запаху і смаку, без видимих часток. Показники питомої електропровідності (1,1 мкСм·см$^{-1}$ при 20 °C) і загального органічного вуглецю (≤ 0,5 мг/л) підтверджують високий рівень очищення. Вміст нітратів, алюмінію та важких металів не перевищував допустимих меж, установлених ДФУ 2.0, що свідчить про ефективність системи підготовки та контролю води.

Отримані результати досліджень підтвердили стерильність субстанції та відсутність бактеріальних ендотоксинів (менше 0,25 МО/мл), що є критичним для ін'єкційних форм. Контроль невидимих часток продемонстрував відповідність фармакопейним вимогам: частки розміром понад 100 мкм – до 2/мл, а понад 25 мкм – до 25/мл. Випробування на кольоровість і кислотність не виявили відхилень, що підтверджує стабільність хімічного складу. Препарат зберігають при температурі не вище 25 °C, у стерильній скляній тарі об'ємом 400 мл, згідно з рекомендаціями сертифіката якості. Узагальнено, вода для ін'єкцій відповідає вимогам ДФУ 2.0 та чинного реєстраційного досьє (табл. 4).

Таблиця 4
Результати контролю якості субстанції "Вода для ін'єкцій"

№	Найменування показника	Характеристика та норма	Результат випробування
1	Опис	Прозора безбарвна рідина без запаху і смаку	Відповідає
2	Загальний органічний вуглець, мг/л	≤ 0,5	0,4
3	Питома електропровідність при 20 °C, мкСм·см$^{-1}$	≤ 1,1	1,0
4	Нітрати, ppm	≤ 0,5	0,2
5	Алюміній, ppb	≤ 10	5
6	Важкі метали, ppm	≤ 0,1	0,05
7	Стерильність	Має бути стерильною	Відповідає
8	Бактеріальні ендотоксини, МО/мл	< 0,25	0,10
9	Невидимі частки > 100 мкм, /мл	≤ 2	1
10	Невидимі частки > 25 мкм, /мл	≤ 25	8

Високі якісні показники свідчать про належну роботу системи очищення та контролю на всіх етапах підготовки води. Дотримання параметрів електропровідності, відсутність органічних домішок і мікробіологічних контамінацій гарантують безпечність використання у виробництві стерильних препаратів компанії ТОВ "ДЕВІЕ". У сукупності всі контрольовані показники підтверджують фармакопейну якість та повну відповідність чинним вимогам GMP і ДФУ.

Проведені дослідження підтвердили, що якість кожного вхідного компонента препарату «Девівіт Селен» безпосередньо впливає на фармакологічну активність, стабільність та безпечність готової лікарської форми. Високі показники чистоти води для ін'єкцій, бензилового спирту, вітаміну Е та селену забезпечують належну ефективність препарату при клінічному застосуванні. Застосування валідованих методик контролю, метрологічно атестованого обладнання й дотримання вимог GMP створюють надійну основу для відтворюваності результатів. Отримані дані мають практичне значення для вдосконалення внутрішньої системи контролю якості на фармацевтичних підприємствах. Вони можуть бути використані як методичний матеріал у процесі підготовки фахівців ветеринарно-фармацевтичного профілю. Проведена робота підтверджує, що інтеграція сучасних аналітичних підходів і фармакопейних стандартів є запорукою стабільного випуску високоякісних ветеринарних препаратів на вітчизняному ринку.

Висновки

Отримані результати досліджень свідчать, що контроль якості вхідних субстанцій – вітаміну Е та селену, бензилового спирту та води для ін'єкцій – має вирішальне значення для стабільності й ефективності ветеринарного препарату "Девівіт Селен". Усі досліджені компоненти відповідали вимогам Державної фармакопеї України, що підтверджує їх високу чистоту та безпечність. Застосування валідованих методик аналізу дозволило отримати достовірні результати та забезпечити простежуваність показників на кожному етапі контролю. Виявлені характеристики гарантують стабільність препарату протягом усього терміну зберігання. Практичне значення досліджень полягає у вдосконаленні внутрішньої системи якості на підприємстві ТОВ "ДЕВІЕ". Таким чином, виконана робота підтверджує необхідність комплексного підходу до контролю сировини як ключового чинника фармацевтичної безпеки.

Перспективи подальших досліджень. У подальшому доцільно розширити спектр контролю якості субстанцій, залучивши сучасні інструментальні методи аналізу, зокрема ВЕРХ та ІЧ-спектроскопію. Планується дослідити стабільність препарату "Девівіт Селен" у різних умовах зберігання та при тривалому використанні. Перспективним напрямом є вивчення біодоступності й фармакокінетики препарату у тварин різних видів. Отримані результати сприятимуть удосконаленню технології виробництва та підвищенню рівня безпечності ветеринарних засобів.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів.

References

Chuieshov, V. I., Hladukh, Ye.V., & Saiko, I. V. (2012). Tekhnolohiia likiv promyslovoho vyrobnytstva: pidruchnyk dlia stud. vyshch. navch. zakl. [Technology of industrial drugs: a textbook for students. higher training. institutions.]: v 2-kh ch., 2-e vyd., pererob. i dop. Kharkiv : NFaU: Zoloti storinky, 1, 694 (in Ukrainian).

Derzhavna farmakopeia Ukrainy 2.0. (2014). Derzhavne pidpryiemstvo "Naukovo-ekspertnyi farmakopeinyi tsentr" Kharkiv: RIREH, Vol 1. 724 p. (in Ukrainian).

Derzhavna farmakopeia Ukrainy 2.0. (2015). Derzhavne pidpryiemstvo «Naukovo-ekspertnyi farmakopeinyi tsentr» Kharkiv: RIREH, Vol 2. 1128 p. (in Ukrainian).

Elgendey, F., Al Wakeel, R. A., Hemeda, S. A., Elshwash, A. M., Fadl, S. E., Abdelazim, A. M., Alhujaily, M., & Khalifa, O. A. (2022). Selenium and/or vitamin E upregulate the antioxidant gene expression and parameters in broilers. BMC veterinary research, 18(1), 310. DOI: 10.1186/s12917-022-03411-4.

Elkhateeb, F. S. O., Ghazalah, A. A., Lohakare, J., & Abdel-Wareth, A. A. A. (2024). Selenium nanoparticle inclusion in broiler diets for enhancing sustainable production and health. Scientific Reports, 14(1). DOI: 10.1038/s41598-024-67399-7.

Niki, E. (2014). Role of vitamin E as a lipid-soluble peroxyl radical scavenger: in vitro and in vivo evidence. Free radical biology & medicine, 66, 3–12. DOI: 10.1016/j.freeradbiomed.2013.03.022.

Pecoraro, B. M., Leal, D. F., Frias-De-Diego, A., Browning, M., Odle, J., & Crisci, E. (2022). The health benefits of selenium in food animals: a review. Journal of animal science and biotechnology, 13(1), 58. DOI: 10.1186/s40104-022-00706-2.

Piponski, M., Bakovska, T., Naumoska, M., Rusevska, T., Serafimovska, G. T., & Andonoska, H. (2015). Preliminary Investigation of the Possibility for Implementation of Modified Pharmacopoeial HPLC Methods For Quality Control Of Metronidazole And Ciprofloxacin In Medicinal Products Used In Veterinary Medicine. Macedonian Veterinary Review, 38(1), 31–42. DOI: 10.14432/j.macvetrev.2014.11.029.

Sachuk, R. M., Velesyk, T. A., Gutyj, B. V., Katsaraba, O. A., & Vyhovskyi, I. V. (2025). The role of inorganic compounds in pharmaceutical preparations: an example of quality control of sodium selenite in the product "Devivit Selenium". Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 27(102), 218-223. DOI: 10.32718/nvlvet-a10231.

Sachuk, R. M., Velesyk, T. A., Stravskyi, Ya. S., Ponomarenko, V. Iu., Zhyhaliuk, S. V., Katsaraba, O. A., & Barylo, B. S. (2025). Toksyko-ekolohichna kharakterystyka kompleksu tokoferolu i selenu na kroliakh u konteksti shkilnoho vykladannia biolohii ta khimii. [Toxico-ecological characterization of the tocopherol-selenium complex on rabbits in the context of

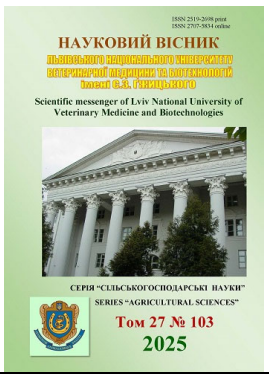
school biology and chemistry teaching]. Naukovyi zhurnal "Efektyvne krolivnytstvo i zvirivnytstvo", Cherkasy: Cherkaska doslidna stantsiia bioresursiv NAAN, 11. DOI: 10.37617/2708-0617.2025.11.239-249.

Salgueiro, L., Martins, A. P., & Correia, H. (2010). Raw materials: the importance of quality and safety. A review. Flavour and Fragrance Journal, 25(5), 253–271. DOI: 10.1002/ffj.1973.

Vidhamaly, V., Bellingham, K., Newton, P. N., & Caillet, C. (2022). The quality of veterinary medicines and their implications for One Health. BMJ global health, 7(8), e008564. DOI: 10.1136/bmjgh-2022-008564.

Vougat Ngom, R. R. B., Tomdieu, T., Ziébé, R., Foyet, H. S., Moritz, M., Vondou, L., Schrunk, D. E., Imerman, P. M., Rumbeiha, W. K., & Garabed, R. B. (2017). Quality of veterinary pharmaceuticals and their use by pastoralists in the Far North Region of Cameroon. Pastoralism, 7(1), 6. DOI: 10.1186/s13570-017-0081-5.

Xiao, J., Khan, M. Z., Ma, Y., Alugongo, G. M., Ma, J., Chen, T., Khan, A., & Cao, Z. (2021). The Antioxidant Properties of Selenium and Vitamin E; Their Role in Periparturient Dairy Cattle Health Regulation. Antioxidants (Basel, Switzerland), 10(10), 1555. DOI: 10.3390/antiox10101555.



Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького. Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences

ISSN 2519–2698 print
ISSN 2707-5834 online
doi: 10.32718/nvlvet-a10339
https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture

UDC 504.4.054:57.043

Radiological and chemical monitoring of water quality in the Yanivsky pond

N. T. Ivanyuk✉

Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, Lviv, Ukraine

Article info

Received 08.09.2025
Received in revised form 13.10.2025
Accepted 14.10.2025

Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv, Pekarska Str., 50, Lviv, 79010, Ukraine.
Tel.: +38-067-661-62-27
E-mail: ivanuk60@ukr.net

Ivanyuk, N. T. (2025). Radiological and chemical monitoring of water quality in the Yanivsky pond. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 27(103), 324–328. doi: 10.32718/nvlvet-a10339

Analyzing the impact of the current economic situation in Ukraine, particularly in the Lviv region, the concept of comprehensive fisheries use of water bodies (both for obtaining high-quality fish products and for the purpose of organizing recreation for the population) has significant prospects. This is due to the real possibility of creating a balanced industrial load while preserving the original fish complex and maintaining the natural level of biological diversity of the hydroecosystems of small rivers in the region. Research into the distribution of heavy metals and radioactive elements in freshwater ecosystems is of considerable theoretical and practical value, helping to establish general patterns of migration and concentration of hazardous elements in hydrobiocenoses, as well as to identify the role of living organisms in these processes. Particular attention is paid to water quality, since there is no comprehensive assessment of dose loads on aquatic organisms, and no practical studies have been conducted to assess the cytogenetic and somatic effects of chronic exposure. The results of monitoring the water quality of the gross content and soluble forms of Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Cd, Hg, Pb, and Cr in the Yanivsky pond, located in the Lviv region, near the town of Ivano-Frankove and adjacent to the Roztochya reserve on the Vereshchytsia River, are presented. A comparison was made between the total content of heavy metals in water and the content of their dissolved forms, on the basis of which a series was constructed according to the increasing ratio of dissolved form/total content. The elements studied were ranked according to their heavy metal content, resulting in the following series: Fe > Mn > Zn > Ni > Cu > Cr > Pb > Co > Cd > Hg; 2023 – Mn > Cr > Pb > Cu > Zn > Ni > Co > Fe > Cd; 2024 – Cr > Ni > Mn > Cu > Fe. The research results can be used to analyze the ecological monitoring of the biological and chemical state of the aquatic environment of the Yanivsky pond, as well as to provide effective scientific support for the development of aquaculture in the region. Prospects for further research are related to the study of the impact of toxicants of various origins and radionuclides on the biological indicators of commercial fish species.

Keywords: *Yanivsky pond, water quality, heavy metals, radionuclides, pollution.*

Радіологічний та хімічний моніторинг якості води Янівського ставу

Н. Т. Іванюк✉

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Ґжицького, м. Львів, Україна

Аналізуючи вплив сучасної економічної ситуації, що склалася в Україні, зокрема у Львівській області, концепція комплексного рибогосподарського використання водойм (як для отримання якісної харчової рибної продукції, так і з метою організації відпочинку населення – рекреації) має відчутну перспективу. Обумовлено це реальною можливістю створення збалансованого промислового навантаження зі збереженням вихідного іхтіокомплексу та водночас утримання природного рівня біологічного різноманіття гідроекосистем малих рік регіону. Дослідження розподілу важких металів та радіоактивних елементів у прісноводних екосистемах має значну теоретичну і практичну цінність, допомагаючи встановити загальні закономірності міграції та концентрування небезпечних елементів у гідробіоценозах, а також виявити роль живих організмів у цих процесах. Особлива увага приділяється якості води, оскільки відсутня повна оцінка дозових навантажень на водні організми, а також не проводилися практичні дослідження для оцінки цитогенетичних і соматичних ефектів хронічного опромінення. Наведені

результати моніторингу якості води валового вмісту та розчинних форм Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Cd, Hg, Pb та Cr Янівського ставу, який розташований у Львівській області, поблизу смт. Івано-Франкове та прилягає до заповідника «Розточчя» на річці Верещиці. Проведено порівняння валового вмісту важких металів у воді з вмістом їх розчинених форм на основі якого побудовано ряд за збільшенням співвідношення розчинена форма/валовий вміст. Досліджувані елементи були проранжовані за вмістом важких металів, отримано наступний ряд: Fe > Mn > Zn > Ni > Cu > Cr > Pb > Co > Cd > Hg; 2023 р. – Mn > Cr > Pb > Cu > Zn > Ni > Co > Fe > Cd; 2024 р. – Cr > Ni > Mn >Cu > Fe. Результати досліджень можуть використатись для аналізу екологічного моніторингу біологічного і хімічного стану водного середовища Янівського ставу, а також при веденні ефективного наукового забезпечення розвитку аквакультури регіону. Перспективи подальших досліджень пов'язані із вивченням впливу токсикантів різного походження та радіонуклідів на біологічні показники промислових видів риб.

Ключові слова: *Янівський став, якість води, важкі метали, радіонукліди, забруднення.*

Вступ

Використання ядерної зброї, експлуатація підприємств атомної енергетики та сучасний рівень розвитку промисловості загострили проблему антропогенного впливу важких металів і радіонуклідів на довкілля, зокрема прісноводних екосистем (Gudkov et al., 2017; Novitskyi & Sapronova, 2025). Для України масштабність і актуальність даної проблеми постали ще у 1986 р. після аварії на Чорнобильській АЕС (ЧАЕС), внаслідок якої значні території басейну річок Прип'яті та Дніпра зазнали інтенсивного радіонуклідного забруднення (Hudkov, 2023). Процеси природного самоочищення водойм у Чорнобильській зоні відчуження відбуваються надзвичайно повільно тому, як наслідок, більшість озер, стариць та затонів залишаються забрудненими важкими металами і радіонуклідами із притаманною складною структурою розподілу та динамікою трансформації фізико-хімічних форм, що впливає на міграційну концентрацію в компонентах екосистем (Baby et al., 2011; Romashchenko et al., 2025).

З'ясування шляхів потрапляння радіонуклідів та важких металів в організм людини і тварин, оцінка природних умов забруднення харчових продуктів та формування дозових навантажень на сьогоднішній день є важливою складовою екологічної безпеки у забруднених регіонах України (Vradii, 2023; Patseva et al., 2023). Визначення радіаційно-екологічних підходів до раціонального використання забруднених земель з метою зниження рівнів опромінення населення та реабілітації небезпечних територій – актуальне завдання, яке належить до основних стратегічних засад державної екологічної політики та радіаційної безпеки (Kharytonov et al., 2019; Demchuk et al., 2022).

Головними антропогенними джерелами надходження важких металів у навколишнє середовище є промислові підприємства, зокрема теплові електростанції, металургійні заводи та транспорт, оскільки їх діяльність і технологічні процеси здебільшого не обладнанні надійними системами очищення газових викидів, що спричиняє сильне забруднення атмосфери в прилеглих районах (Vradii, 2023; Novitskyi & Sapronova, 2025) . Серед цих забруднювачів особливе місце посідають важкі метали, такі як – Fe, Mn, Zn, Ni, Cu, Cr, Pb, Co, Cd, Hg, вони виконують подвійну функцію в біологічних системах, з одного боку, мікроелементи, Марганець (Mn), Залізо (Fe), Кобальт (Co), Мідь (Cu) та Цинк (Zn) відносяться до необхідних-біотичних. При невеликих фізіологічних дозах важкі метали виступають ключовими для регуляції обміну речовин, оскільки входять до складу вітамінів, ферментів та гормонів. Проте, їхній надлишок призводить до порушення життєво важливих фізіологічних функцій – Ртуть (Hg), Свинець (Pb), Кадмій (Cd) є високотоксичними, проявляючи канцерогенну і мутагенну дії (Korzhenevska et al., 2019; Bychkov et al., 2021).

На даний час існують значні прогалини в дослідженнях (наприклад, щодо видоспецифічного накопичення радіонуклідів гідробіонтами та їх розподілу в екосистемах), відсутня повна оцінка дозових навантажень (від зовнішнього та внутрішнього опромінення) на водні організми, а також не проводилися практичних досліджень для оцінки цитогенетичних і соматичних ефектів хронічного опромінення на цих організмах. Головна особливість важких металів – стійкість, на відміну від радіонуклідів та органічних хімічних забрудників, вони не підлягають радіоактивному розпаду і деградують з часом. Натомість, лише змінюють свою форму існування, перерозподіляються та поступово накопичуються в різних абіотичних і біотичних компонентах гідроекосистеми.

Мета дослідження

Мета дослідження полягає у визначенні вмісту важких металів (Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Cd, Hg, Pb, Cr) та радіонуклідів ^{90}Sr і ^{137}Cs води Янівського ставу, за для встановлення закономірностей розподілу даних елементів у системі вода – завислі речовини, а також вивчення кількісних характеристик вмісту.

Матеріал і методи досліджень

Визначення концентрації важких металів (Fe, Mn, Zn, Ni, Cu, Cr, Pb, Co, Cd, Hg) у воді проводили на базі навчальної лабораторії кафедри біотехнології та радіології Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Ґжицького. Вміст металів досліджували методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії. Для цього попередньо проводили відповідну пробопідготовку: зразки води, відібраних з декількох її частин, висушували до сухого залишку при температурі +95 ± 5 °С. Після цього проводили суху мінералізацію наважок у муфельній печі при температурі 450 ± 5 °С впродовж 10–12 год із подальшим розчиненням зольного залишку в розчині азотної кислоти. Ступінь

поглинання світла проводили при характерних спектрах поглинання для кожного металу: Mg – 285,2 нм; Fe – 248,3 нм; Zn – 213,9 нм; Cu – 324,7 нм; Pb – 283,3 нм; Mn – 279,5 нм і Cd – 228,8 нм. Розрахунок вели за калібрувальним графіком, побудованим із використанням стандартних державних зразків складу розчинів.

Дослідження та контроль вмісту радіонуклідів води здійснювали за допомогою сцінстіляційного спектрометру "Сег-001"АКП-С" (DSTU ISO 10703-2001), для обробки спектрів користувалися пакетом програмного забезпечення АК-1. Діапазон вимірювання спектрометру – 50-3000 Бк/м^3 (що дозволяє забезпечити радіоекологічний контроль в об'єктах навколишнього середовища згідно з нормативами ДР-2006).

Відбір проб виконано відповідно до вимог ДСТУ ISO 5667-4-2001, фільтрування для визначення вмісту розчинених форм важких металів проводили на місці відбору.

Результати та їх обговорення

Аналізуючи вплив сучасної економічної ситуації, що склалася в Україні, зокрема у Львівській області, концепція комплексного рибогосподарського використання водойм (як для отримання якісної харчової рибної продукції, так і з метою організації відпочинку населення – рекреації) має відчутну перспективу. Обумовлено це реальною можливістю створення збалансованого промислового навантаження зі збереженням вихідного іхтіокомплексу та водночас утримання природного рівня біологічного різноманіття гідроекосистем малих рік регіону.

Янівський став − рукотворна водойма площею 193 га у Львівській області, розташована поблизу смт. Івано-Франкове, що прилягає до заповідника "Розточчя", утворився на річці Верещиці, має русла спрямовані в обвідні канали для збереження водойми, а також місце відпочинку та зимівлі птахів.

Моніторинг якості води Янівського ставу (2023–2024 рр.) важкими металами наведено у таблиці 1 та 2. Додатково зазначено співвідношення між валовою та розчиненою формами, для порівняння представлені нормативи гранично-допустимих концентрацій рибгосподарств (ГДК р-г) і побутового (ГДК пб) водокористування, а також цільові значення згідно рекомендацій TNMN (значення подані для валового вмісту (ВВ) та розчинених форм (РФ).

Таблиця 1

Результати визначення вмісту важких металів (Fe, Mn, Zn, Ni, Cu) у воді Янівського ставу

Показник	Fe		Mn		Zn		Ni		Cu	
рік	2023	2024	2023	2024	2023	2024	2023	2024	2023	2024
Валовий вміст, мкг/дм^3										
Важкі метали	1200	360	52	27	23	≥10	9,0	6,0	6,3	2,1
Розчинені форми, мкг/дм^3										
Важкі метали	220	140	32	16	14	≥10	5,4	2,5	2,0	1,6
Співвідношення розчинна форма / валовий вміст, %										
Важкі метали	18	36	63	79	52	–	54	83	32	76
Нормативи вмісту металу у воді мкг/дм^3										
ГДК пб	300		100		1000		100		1000	
ГДК р-г	50		10		10		10		5	
TNMN (ВВ)	–		–		100		50		20	
TNMN (РФ)	–		–		5		1		2	

Отримані результати дослідження якості води свідчать, що понаднормове значення важких металів у воді (Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Cr, Hg), зокрема вміст розчинених форм перевищує цільові показники за рекомендаціями TNMN. Такі дані пов'язані із потенційними джерелами забруднення важкими металами через місцеву господарську діяльність, скидами річок, яка протікає поміж населеними пунктами (річка Верещиця), а також промисловими чи сільськогосподарськими стоками. Середній вміст важких металів за валовим вмістом та розчиненою формою складає, для валового вмісту Fe – 630 мкг/дм^3; Mn – 37 мкг/дм^3; Zn – 17 мкг/дм^3; Cu – 3,6 мкг/дм^3; Ni – 5,1 мкг/дм^3; Cr – 2,8 мкг/дм^3; Pb – 0,94 мкг/дм^3; Co – 0,93 мкг/дм^3; Cd – 0,059 мкг/дм^3; Hg – 0,041 мкг/дм^3; для розчинених форм Fe – 230 мкг/дм^3; Mn – 23 мкг/дм^3; Zn – менше 10 мкг/дм^3; Ni – 3,0 мкг/дм^3; Cu – 2,1 мкг/дм^3; Cr – 1,9 мкг/дм^3; Pb – 0,45 мкг/дм^3; Co – 0,28 мкг/дм^3; Cd – 0,016 мкг/дм^3.

Таблиця 2
Результати визначення вмісту важких металів (Cr, Pb, Co, Cd, Hg) у воді Янівського ставу

Показник	Cr		Pb		Co		Cd		Hg	
рік	2023	2024	2023	2024	2023	2024	2023	2024	2023	2024
Валовий вміст, мкг/дм^3										
Важкі метали	5,4	1,9	2,0	0,52	1,3	0,28	0,072	0,026	≥0,02	0,04
Розчинені форми, мкг/дм^3										
Важкі метали	4,0	1,3	0,92	≥0,2	0,36	≥0,1	0,031	0,004	–	–
Співвідношення розчинна форма / валовий вміст, %										
Важкі метали	74	68	46	≥38	28	≥36	43	≥15	–	–
Нормативи вмісту металу у воді мкг/дм^3										
ГДК пб	–		30		100		1		0,5	
ГДК р-г	–		100		10		5		0,01	
TNMN (ВВ)	50		5		–		1		0,1	
TNMN (РФ)	2		1		–		0,1		0,1	

Порівняння валового вмісту важких металів у воді з вмістом їх розчинених форм на основі якого побудовано ряд за збільшенням співвідношення розчинена форма/валовий вміст. Досліджувані елементи були проранжовані за вмістом важких металів, отримано наступний ряд: Fe > Mn > Zn > Ni > Cu > Cr > Pb > Co > Cd > Hg; 2023 р. – Mn > Cr > Pb > Cu > Zn > Ni > Co > Fe > Cd; 2024 р. – Cr > Ni > Mn >Cu > Fe.

Радіаційний моніторинг довкілля – це комплексна інформаційно-технічна система регулярних спостережень за радіаційним станом навколишнього середовища, процесами міграції та накопичення радіонуклідів, потенційно небезпечними явищами тощо, яка реалізується за допомогою спеціального обладнання (систем, комплексів чи окремих приладів) для оцінювання та прогнозування радіаційного стану довкілля. Моніторинг проводять шляхом вимірювання щільності забруднення радіонуклідами ґрунту та об'ємної активності радіонуклідів у повітрі, підземних, поверхневих і стічних водах, донних відкладах, біоті, продуктах харчування тощо.

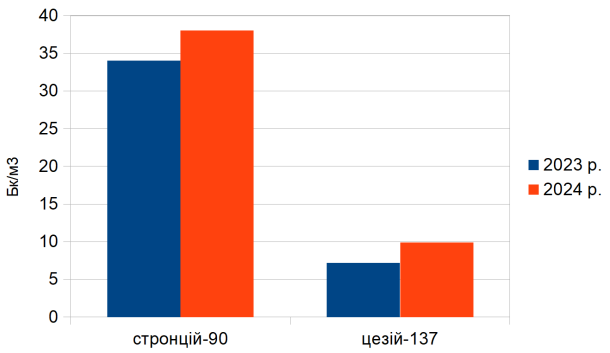


Рис. 1. Динаміка вмісту ^{90}Sr і ^{137}Cs протягом 2023–2024 рр. у воді Янівського ставу протягом періоду дослідження

Радіонукліди водного середовища вступають у взаємодію із наявними органічними та неорганічними речовинами, які зазнають реакції сорбції-десорбції, випадають у осад, поглинаються гідробіонтами з подальшим виділенням із продуктами метаболізму, що визначає рівень забруднення води радіонуклідами. Загалом така взаємодія радіонуклідів досить складна, вона включає комплексоутворення, гідроліз, створення колоїдів та суспензій, тому при здійсненні моніторингу води, зважають також на фізико-хімічні форми існування радіонуклідів, що містяться у ній. Динаміка вмісту радіонуклідів у воді Янівського ставу визначається періодами напіврозпаду радіонуклідів, виносом-надходженням із водними масами, сорбцією-десорбцією у донних покладах, накопичення-виділення гідробіонтами, перенесенням у складі іхтіо- та орнітофауни (рис. 1).

Нашими дослідженнями водойм ставу на ^{90}Sr і ^{137}Cs протягом 2023-2024 рр. встановлено кардинальну трансформацію радіонуклідів та зниження частки активності, об'ємна активність стронцію-90 коливалась у межах 30-40 Бк/м^3 і в середньому становила 34 Бк/м^3 (у 2023 р. – 38 Бк/м^3); цезію-137 – в межах 2,4-15 Бк/м^3 за середнього значення 7,2 Бк/м^3 (у 2023 р. – 9,9 Бк/м^3).

Висновки

Якість води на пряму залежить від зони розташування та людського фактору. Визначено та проаналізовано вміст важких металів у воді Янівського ставу, отримані результати порівняли з деякими українськими нормативами та рекомендаціями TNMN, які регламентують вміст важких металів у масивах поверхневих вод – перевищує використані нормативи, а саме Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Cr, Hg.

Дослідженнями водойм ставу на ^{90}Sr і ^{137}Cs протягом 2023-2024 рр. встановлено кардинальну

трансформацію радіонуклідів та зниження частки активності.

Результати досліджень можуть використатись для аналізу екологічного моніторингу біологічного і хімічного стану водного середовища Янівського ставу, а також при веденні ефективного наукового забезпечення розвитку аквакультури регіону. *Перспективи подальших досліджень* пов'язані із вивченням впливу токсикантів різного походження та радіонуклідів на біологічні показники промислових видів риб.

Відомості про конфлікт інтересів

Автор стверджує про відсутність конфлікту інтересів.

References

Baby, J., Raj, J., Biby, E., Sankarganesh, P., Jeevitha, M., Ajisha, S., & Rajan, S. (2011). Toxic effect of heavy metals on aquatic environment. International Journal of Biological and Chemical Sciences, 4(4). DOI: 10.4314/ijbcs.v4i4.62976.

Bychkov, S. A., Kyriienko, P. G., Varlamov, Y. M., Betin, O. V., & Mirsultanova, L. R. (2021). Reconstruction of treatment facilities for wastewater treatment at Antonov State Enterprise. Environmental Safety and Natural Resources, 37(1), 35–43. DOI: 10.32347/2411-4049.2021.1.35-43.

Demchuk, L. I., Patseva, I. H., & Uvaeva, O. I. (2022). History of the development of scientific and pedagogical education system in Ukraine: collective monograph. Scientific monograph. Riga, Latvia:"Baltija Publishing.

DSTU ISO 10703-2001. Zakhyst vid radiatsii. Vyznachennia obiemnoi aktyvnosti radionuklidiv metodom hamma-spektrometrii z vysokoiu rozdilnoiu zdatnistiu K. : Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2003. 15 s. (in Ukrainian).

DSTU ISO 5667-4-2001. Yakist vody. Vidbyrannia prob. Ch. 4. Nastanovy shchodo vidbyrannia prob iz ozer, shtuchnykh i pryrodnykh vodoim. K.: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2004. 10 s (in Ukrainian).

Gudkov, D., Shevtsova, N., Pomortseva, N., Dzyubenko, E., Yavnyuk, A., Kaglyan, A., & Nazarov, A. (2017). Aquatic plants and animals in the Chernobyl exclusion zone: effects of long-term radiation exposure on different levels of biological organization. In Genetics, Evolution and Radiation: Crossing Borders, The Interdisciplinary Legacy of Nikolay W. Timofeeff-Ressovsky (pp. 287-302). Cham: Springer International Publishing. DOI: 10.1007/978-3-319-48838-7_24.

Hudkov, D. I. (2023). Vplyv tryvaloho radionuklidnoho zabrudnennia na vodni orhanizmy: Stenohrama dopovidi na zasidanni Prezydii NAN Ukrainy 4 zhovtnia 2023 roku. Visnyk Nacionalnoi Academii Nauk Ukrainy, 12, 80–86. DOI: 10.15407/visn2023.12.080 (in Ukrainian).

Kharytonov, M. M., Babenko, M. H., Sytnyk, S. A., & Maslikova, K. P. (2019). Ecological assessment of water quality of Samotkan river in the area of polymetallic ores mining. Agrology, 2(1), 22–26. DOI: 10.32819/2617-6106.2018.14013.

Korzhenevska, P. O., Sharamok, T. S., & Beletska, O. V. (2019). Environmental status of the taromsky fisheries (Ukraine). Acta Biologica Universitatis Daugavpiliensis, 19(2), 129–140. URL: https://du.lv/wp-content/uploads/2022/02/Korzhenevska_19_2.pdf.

Marenkov, O., Korzhenevska, P., & Golub, I. (2022). Accumulation of radionuclides of natural and artificial origin by fish of the Pervotravensk reservoir. Ecological Sciences, 42(3), 43–48. DOI: 10.32846/2306-9716/2022.eco.3-42.7.

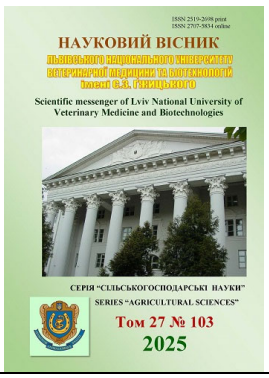
Mashkova, K., & Sharamok, T. (2022). Analysis of heavy metal content in water and muscles of crucian carp (Carassius gibelio) in the samara river of the Dnipropetrovsk region. Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Agronomy and Biology, 48(2), 124–130. DOI: 10.32845/agrobio.2022.2.17.

Novitskyi, R., & Sapronova, V. (2025). Aspekty monitorynhu vazhkykh metaliv ta radionuklidiv v hidrobiontakh ta abiotychnykh komponentakh vodnykh ekosystem Prydniprovia yak element biobezpeky. LDUBZhD, 332–348. DOI: 10.32447/bcet.2025.22 (in Ukrainian).

Patseva, I. H., Alpatova, O. M., Demchuk, L. I., Kireitseva, H. V., & Levytskyi, V. H. (2022). Suchasnyi stan na-vkolyshnoho pryrodnoho seredovyshcha v umovakh vplyvu viiny. Ekolohichni nauky: naukovo-praktychnyi zhurnal, 4(43), 19–22. DOI: 10.32846/2306-9716/2022.eco.4-43.3 (in Ukrainian).

Romashchenko, M., Faybishenko, B., Onopriienko, D., Hapich, H., Novitskyi, R., Dent, D., & Roubik, H. (2025). Prospects for restoration of Ukraine's irrigation system. Water International, 50(2), 104–120. DOI: 10.1080/02508060.2025.2472718.

Vradii, O. I. (2023). Vplyv rivnia mineralizatsii pytnoi vody na vmist v nii vazhkykh metaliv. Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo, 4(31), 192–208. DOI: 10.37128/2707-5826-2023-4-14 (in Ukrainian).



Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького. Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences

ISSN 2519–2698 print
ISSN 2707-5834 online
doi: 10.32718/nvlvet-a10340
https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture

UDC 639.3:519.876.5

Methods of mathematical modeling of water body bioproductivity: current state and prospects for aquaculture

P. Ya. Pukalo✉, O. V. Krushelnytska, S. I. Kravets

Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv, Ukraine

Article info

Received 10.09.2025
Received in revised form 13.10.2025
Accepted 14.10.2025

Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv, Pekarska Str., 50, Lviv, 79010, Ukraine.
Tel.: +38-097-234-84-19
E-mail: ppukalo@gmail.com

Pukalo, P. Ya., Krushelnytska, O. V., & Kravets, S. I. (2025). Methods of mathematical modeling of water body bioproductivity: current state and prospects for aquaculture. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 27(103), 329–335. doi: 10.32718/nvlvet-a10340

Predicting the bioproductivity of natural water bodies is one of the key challenges in modern aquaculture. Pond and lake-based fish farms, which play an important role in fish production, directly depend on the food base, dynamics of nutrients, and ecological state of aquatic ecosystems. Traditional methods for assessing water body productivity, based on the analysis of hydrochemical parameters or phytoplankton and zooplankton counts, are labor-intensive and do not always allow for timely prediction of changes in bioproductivity. In this regard, mathematical modeling methods are becoming increasingly important, as they allow for describing processes in water bodies, assessing the impact of various factors, and building forecasts for decision-making in fisheries management. Modeling provides the opportunity to combine data of different nature–climatic, hydrological, biological–and reproduce their interaction in the form of a holistic ecosystem picture. This opens up prospects not only for predicting water body productivity but also for assessing risks of eutrophication, hypoxia, and overexploitation of fish stocks. The article provides an overview of mathematical modeling methods for natural water body bioproductivity, analyzing their current state, capabilities, and limitations. Classical approaches are examined, including logistic population growth models, energy and trophic balance models, and predator-prey dynamics equations. These models remain useful for basic forecasts but have limited accuracy due to simplified ecosystem representations. Statistical and ecosystem models that simultaneously account for multiple factors–temperature, water transparency, dissolved oxygen content, plankton biomass–are discussed. Such approaches better reproduce water body dynamics and are particularly important for practical aquaculture applications. Modern technologies including geographic information systems (GIS), remote sensing, Internet of Things (IoT) monitoring systems, machine learning algorithms, and digital twin concepts are analyzed. These innovations enable real-time monitoring, automated detection of critical environmental parameter changes, and adaptive decision-making based on big data. Special attention is given to the practical significance of predictive models for natural water body aquaculture. Integration of classical and modern models ensures effective stocking planning, feed optimization, and maintenance of sustainable ecological conditions. Implementation of predictive models can increase fish productivity by 20–35 %, reduce feed conversion ratio by 10–20 %, and prevent economic losses from mass fish mortality due to hypoxia. The promising direction of combining big data and intelligent forecasting systems based on artificial intelligence with classical hydrobiological approaches is highlighted. This ensures stable productivity of aquaculture systems under changing environmental conditions, particularly in the context of global climate change and increasing anthropogenic pressure on aquatic ecosystems.

Keywords: *bioproductivity, mathematical modeling, natural water bodies, artificial water bodies, aquaculture, artificial intelligence, digital twins.*

Методи математичного моделювання біопродуктивності водойм: сучасний стан та перспективи для аквакультури

П. Я. Пукало✉, О. В. Крушельницька, С. І. Кравець

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Ґжицького, м. Львів, Україна

Прогнозування біопродуктивності водойм є одним із ключових завдань сучасної аквакультури. Ставові та озерні господарства, які відіграють важливу роль у виробництві рибної продукції, безпосередньо залежать від кормової бази, динаміки біогенних елементів та екологічного стану водних екосистем. Традиційні методи оцінки продуктивності водойм, що ґрунтуються на аналізі гідрохімічних показників чи обліку фітопланктону й зоопланктону, є трудомісткими та не завжди дозволяють оперативно прогнозувати зміни у біопродуктивності. У зв'язку з цим усе більшого значення набувають методи математичного моделювання, які дають змогу описати процеси у водоймі, оцінити вплив різних факторів та побудувати прогнози для прийняття управлінських рішень у рибництві. Моделювання дає можливість поєднувати дані різної природи – кліматичні, гідрологічні, біологічні – та відтворювати їхню взаємодію у вигляді цілісної екосистемної картини. Це відкриває перспективи не лише для прогнозування рибопродуктивності водойм, а й для оцінки ризиків евтрофікації, задух, надмірної експлуатації рибних запасів. У статті здійснено огляд методів математичного моделювання біопродуктивності природних та штучних водойм, проаналізовано їхній сучасний стан, можливості та обмеження. Розглянуто класичні підходи, включаючи логістичні моделі росту популяцій, енергетичні та трофічні балансові моделі, рівняння динаміки "хижак–жертва". Ці моделі залишаються корисними для базових прогнозів, однак їхня точність обмежена через спрощене уявлення про екосистему. Проаналізовано статистичні та екосистемні моделі, що дозволяють враховувати одночасно кілька факторів – температуру, прозорість води, вміст розчиненого кисню, біомасу планктону. Такі підходи краще відтворюють динаміку водойм і є особливо важливими для практичних потреб аквакультури. Розглянуто сучасні технології, включаючи геоінформаційні системи (ГІС), дистанційне зондування Землі, системи моніторингу Інтернету речей (IoT), алгоритми машинного навчання та концепцію цифрових двійників. Ці інновації забезпечують моніторинг у реальному часі, автоматизоване виявлення критичних змін параметрів середовища та адаптивне прийняття рішень на основі великих масивів даних. Окрему увагу приділено практичному значенню прогнозних моделей для аквакультури природних водойм. Інтеграція класичних та сучасних моделей забезпечує ефективне планування зариблення, оптимізацію годівлі та підтримку сталого екологічного стану водойм. Впровадження прогнозних моделей дозволяє підвищити рибопродуктивність на 20–35 %, знизити коефіцієнт конверсії корму на 10–20 % та запобігти економічним втратам від масової загибелі риби внаслідок гіпоксії. Підкреслено перспективний напрям поєднання великих даних та інтелектуальних систем прогнозування на основі штучного інтелекту з класичними гідробіологічними підходами. Це забезпечує стабільну продуктивність аквакультурних систем у змінних умовах середовища, зокрема в контексті глобальних кліматичних змін та зростаючого антропогенного навантаження на водні екосистеми.

Ключові слова: *біопродуктивність, математичне моделювання, природні водойми, штучні водойми, аквакультура, штучний інтелект, цифрові двійники.*

Вступ

Прогнозування біопродуктивності водойм є одним із ключових завдань сучасної аквакультури. Ставові та озерні господарства, які відіграють важливу роль у виробництві рибної продукції, безпосередньо залежать від кормової бази, динаміки біогенних елементів та екологічного стану водних екосистем. Традиційні методи оцінки продуктивності водойм, що ґрунтуються на аналізі гідрохімічних показників чи обліку фітопланктону й зоопланктону, є трудомісткими та не завжди дозволяють оперативно прогнозувати зміни у біопродуктивності (Alver & Føre, 2023).

У зв'язку з цим усе більшого значення набувають методи математичного моделювання, які дають змогу описати процеси у водоймі, оцінити вплив різних факторів та побудувати прогнози для прийняття управлінських рішень у рибництві. Моделювання дає можливість поєднувати дані різної природи – кліматичні, гідрологічні, біологічні – та відтворювати їхню взаємодію у вигляді цілісної екосистемної картини. Це відкриває перспективи не лише для прогнозування рибопродуктивності водойм, а й для оцінки ризиків евтрофікації, задух, надмірної експлуатації рибних запасів (Anderson et al., 2024).

Сучасні тенденції розвитку аквакультури підсилюють актуальність цієї проблеми. Зростання інтенсивності використання природних водойм, вплив кліматичних змін та потреба у сталому управлінні водними ресурсами вимагають нових інструментів для прогнозування та оптимізації господарських процесів (Yadav et al., 2024). Крім того, цифровізація та впровадження новітніх технологій – систем моніторингу якості води, дистанційного зондування Землі, алгоритмів машинного навчання – відкривають нові можливості для створення моделей, які здатні забезпечити високу точність прогнозів і адаптивність до змін середовища (Quaade et al., 2024; Aung et al., 2025).

Мета дослідження

Метою цієї статті є здійснення огляду методів математичного моделювання біопродуктивності водойм, аналіз їхнього сучасного стану, можливостей та обмежень. Окрему увагу приділено перспективам застосування інноваційних технологій у поєднанні з класичними гідробіологічними підходами, що дозволяє підвищити ефективність аквакультури природних водойм та забезпечити її сталий розвиток.

Матеріал і методи досліджень

Дослідження виконано у формі аналітичного огляду сучасних наукових джерел, присвячених питанням математичного моделювання біопродуктивності при-

родних і штучних водойм у контексті аквакультури. Для досягнення поставленої мети використано методи системного аналізу, порівняння, узагальнення, бібліометричного та контент-аналізу.

Інформаційною базою роботи стали публікації у фахових рецензованих журналах, монографіях, матеріалах міжнародних конференцій і звітах дослідницьких інституцій, опублікованих у 1995–2025 рр. Пошук джерел здійснювався у міжнародних наукометричних базах даних Web of Science, Scopus, Google Scholar, а також у спеціалізованих ресурсах FAO Fisheries and Aquaculture. Основну увагу приділено науковим працям, які висвітлюють розвиток моделей біопродуктивності водойм, моделювання екосистемних процесів, застосування цифрових технологій (GIS, IoT, машинного навчання, цифрових двійників) у рибництві.

Для порівняння ефективності моделей використано якісний аналіз їхніх переваг, обмежень і практичної придатності в управлінні рибогосподарськими системами. Систематизацію матеріалу здійснено за тематичними блоками: класичні моделі біопродуктивності; моделі для аквакультури; сучасні цифрові підходи; практичне значення моделювання. Отримані результати узагальнено з метою визначення тенденцій розвитку математичного моделювання біопродуктивності водойм та перспектив його застосування в аквакультурі природних і штучних водойм.

Результати та їх обговорення

Класичні моделі біопродуктивності водойм. Дослідження продуктивності природних водойм має тривалу історію, і перші підходи до її прогнозування ґрунтувалися на простих емпіричних спостереженнях. Згодом виникла потреба у формалізації цих закономірностей у вигляді математичних моделей (Alver & Føre, 2023). Класичні підходи можна поділити на кілька основних груп.

Логістичні моделі росту популяцій. Однією з найвідоміших є логістична модель Ферхюльста (Verhulst, 1838), яка описує зростання біомаси або чисельності популяції з урахуванням обмеженості ресурсів (Bacaër, 2011). У випадку рибництва вона дозволяє прогнозувати динаміку рибної біомаси у водоймі до досягнення так званої "екологічної ємності" (carrying capacity). Подібні моделі широко застосовуються для аналізу динаміки популяцій планктону, кормової бази та самої риби. Логістичне рівняння має вигляд:

$$dN/dt = rN(K - N)/K,$$

де N – чисельність популяції, r – швидкість внутрішнього приросту, K – екологічна ємність водойми (Tsoularis & Wallace, 2002). Незважаючи на свою простоту, ця модель залишається базовою для прогнозування динаміки популяцій у рибогосподарських водоймах.

Енергетичні та трофічні балансові моделі. Ще одним класичним підходом є моделі, що описують потік енергії та речовини через трофічні рівні екосистеми: фітопланктон → зоопланктон → риба. В основі лежить уявлення про те, що продуктивність риби залежить від ефективності передачі енергії між рівнями. Такі моделі дозволяють оцінити потенційну рибопродуктивність водойм на основі первинної продукції фітопланктону (Pauly & Christensen, 1995).

Передача енергії між трофічними рівнями зазвичай характеризується ефективністю близько 10 %, що означає, що лише одна десята частина енергії, зафіксованої на нижчому рівні, переходить на наступний. Ці моделі особливо важливі для розуміння продуктивності інтегрованих багатотрофічних систем аквакультури (IMTA).

Емпіричні формули біопродуктивності. У практиці ставового рибництва набули поширення прості розрахункові формули, що пов'язують вміст біогенних елементів (азоту, фосфору), прозорість води чи інші показники з прогнозованою рибопродуктивністю (Boyd, 2015). Наприклад, відомі залежності, за якими приріст біомаси коропа можна оцінити через концентрацію біогенів та розвиток природної кормової бази. Хоча ці підходи не враховують складної взаємодії факторів, вони зручні для швидкої оцінки продуктивності й широко використовуються у практичному рибництві.

Моделі динаміки "хижак–жертва". Класичні рівняння Лотки–Вольтерри, розроблені для опису взаємодії хижаків і жертв, знайшли застосування й у гідробіології (Shaikhet & Korobeinikov, 2024). Вони використовуються для моделювання динаміки фітопланктону та зоопланктону, а також взаємодії між рибою та її кормовими об'єктами. Такі моделі демонструють циклічність розвитку популяцій та дозволяють пояснювати коливання у біопродуктивності водойм.

Базова система рівнянь Лотки–Вольтерри має вигляд:

$$dx/dt = ax - bxy,$$
$$dy/dt = -cy + dxy,$$

де x – чисельність жертви (планктон), y – чисельність хижака (риба), a, b, c, d – параметри моделі (Murray, 2002). Сучасні модифікації цих рівнянь включають логістичний ріст жертви та функціональні відгуки різних типів.

Гідробіологічні індекси та оцінки. Окрім власне математичних моделей, у практиці застосовуються інтегральні індекси, що дозволяють оцінювати потенційну продуктивність водойм (Wetzel, 2001). Серед них – індекси трофності, кліматичні коефіцієнти, співвідношення біомаси планктону та бентосу. Вони можуть виступати як окремі прогностичні інструменти або як вхідні дані для побудови складніших моделей. Особливо поширеними є індекси Карлсона (Carlson Trophic State Index), які базуються на концентрації хлорофілу-а, прозорості води за диском Секкі та вмісті фосфору.

Моделі для аквакультури природних водойм. На відміну від класичних екологічних підходів, моделі, розроблені спеціально для аквакультури, спрямовані на вирішення практичних завдань рибництва: планування зариблення, прогноз рибопродуктивності, оптимізацію годівлі та управління водними ресурсами.

Емпіричні моделі та нормативи. У ставовій аквакультурі широко використовуються емпіричні формули, що пов'язують концентрацію біогенних елеме-

нтів у воді з потенційною рибопродуктивністю (Boyd & Tucker, 1998). Наприклад, існують розрахункові залежності між вмістом фосфору чи азоту та приростом біомаси коропа. Такі підходи прості у використанні, проте мають суттєве обмеження: вони враховують лише окремі чинники і не відображають складної динаміки водойм. Тим не менше, емпіричні моделі залишаються важливим інструментом для оперативної оцінки продуктивності, особливо в господарствах з обмеженими можливостями моніторингу.

Статистичні та багатофакторні моделі. З розвитком обчислювальних методів набули поширення багатофакторні регресійні моделі, що враховують одночасний вплив кількох параметрів: температуру, прозорість води, вміст розчиненого кисню, біомасу планктону (Rakocy, 2012). Такі моделі дозволяють отримати більш точні прогнози й виявити ключові фактори, що лімітують біопродуктивність. Множинний регресійний аналіз та методи машинного навчання дозволяють ідентифікувати нелінійні взаємозв'язки між параметрами середовища та продуктивністю водойм.

Екосистемні моделі. Більш сучасним напрямом є моделі, які описують водойму як єдину екосистему. У таких моделях враховується динаміка різних трофічних рівнів (фітопланктон, зоопланктон, бентос, риба) та потоки речовини і енергії між ними. Прикладом є моделі, що оцінюють зміни кормової бази під впливом внесення органічних добрив чи зариблення певними видами риб. Екосистемні підходи дозволяють враховувати як господарські заходи, так і природні фактори.

Одним із класичних прикладів екосистемного моделювання є модель Йоргенсена для ставових екосистем з полікультурою коропових риб (Ivashko et al., 2025). Ця модель інтегрує динаміку біогенних елементів, первинної продукції, зоопланктону та росту різних видів риб, що дозволяє оцінювати ефект різних сценаріїв управління на продуктивність системи.

Динамічні моделі росту риб. Для практичних потреб рибництва застосовуються також моделі, що описують ріст риби в часі з урахуванням кормової бази та умов середовища. Серед них – модель фон Берталанфі (von Bertalanffy), яка дозволяє прогнозувати індивідуальний ріст (Essington et al., 2001), та енергетичні (біоенергетичні) моделі, що враховують баланс між споживанням корму та витратами на метаболізм (Ernst et al., 2000).

Класична модель фон Берталанфі описує ріст довжини риби рівнянням:

$$L(t) = L\infty[1 - exp(-K(t - t_0))],$$

де L(t) – довжина риби у віці t, L∞ – асимптотична довжина, K – коефіцієнт росту, t_0 – теоретичний вік при нульовій довжині.

У ставових господарствах такі підходи використовуються для оцінки очікуваної середньої маси риби при випуску на вирощування та на час вилову. Сучасні модифікації включають врахування температурної залежності росту та впливу щільності посадки на асимптотичний розмір.

Інтеграція моделей у управлінські системи. Окремим напрямом є використання моделей у складі систем підтримки прийняття рішень (Decision Support Systems, DSS) для рибництва (Ernst et al., 2000). Такі системи поєднують дані моніторингу (гідрохімія, гідробіологія, кліматичні показники) з математичними моделями, що дозволяє прогнозувати ситуацію та оперативно коригувати господарські заходи.

Прикладом є система POND (Oregon State University), розроблена для проектування та управління ставовими господарствами (Nath et al., 2000). Система AquaFarm інтегрує симуляцію фізичних, хімічних та біологічних процесів з економічним аналізом, що дозволяє оцінювати альтернативні стратегії управління. Сучасні DSS все частіше включають модулі на основі штучного інтелекту для прогнозування якості води, росту риби та оптимізації годівлі.

Сучасні підходи до прогнозування біопродуктивності водойм. Розвиток цифрових технологій та нових методів збору й аналізу даних суттєво розширив можливості прогнозування продуктивності природних водойм. На зміну виключно емпіричним та статистичним моделям приходять інтегровані підходи, що базуються на великих масивах даних (Big Data), системах моніторингу в реальному часі та інтелектуальному аналізі (Sharma et al., 2025).

GIS та дистанційне зондування Землі. Геоінформаційні системи (GIS) та супутникові технології стали важливим інструментом у вивченні водойм. За допомогою дистанційного зондування можна оцінювати прозорість води, розвиток фітопланктону (за показником хлорофілу-а), температуру поверхні води (Quaade et al., 2024). Ці дані дозволяють оперативно визначати зони з високим чи низьким рівнем продуктивності та прогнозувати зміни у кормовій базі.

Супутникові місії Sentinel-2 та Landsat забезпечують регулярне отримання мультиспектральних знімків з високою просторовою роздільністю, що дозволяє моніторити навіть невеликі водойми. Сучасні алгоритми дозволяють оцінювати концентрацію хлорофілу-а з точністю до 90 %, що робить супутниковий моніторинг альтернативою традиційним польовим методам. GIS забезпечує інтеграцію різних джерел інформації та створення просторових моделей біопродуктивності.

IoT-системи моніторингу. Інтернет речей (IoT) відкрив нові можливості для рибництва (Flores-Iwasaki et al., 2025). У водоймах дедалі частіше встановлюють сенсори, які безперервно вимірюють температуру, вміст розчиненого кисню, рівень pH, концентрацію біогенних речовин. Такі системи забезпечують дані в режимі реального часу, що значно підвищує точність моделей. На основі цих показників можна прогнозувати ризик виникнення задух, необхідність аерації або підгодівлі.

Сучасні IoT-системи для аквакультури демонструють точність вимірювання розчиненого кисню понад 98 %, а pH та температури – понад 99 %. Інтеграція IoT-сенсорів з хмарними платформами дозволяє здійснювати віддалений моніторинг та автоматизоване прийняття рішень. Особливо перспективним є поєднання IoT-даних з предиктивною аналітикою для прогнозування критичних змін якості води.

Машинне навчання та штучний інтелект. Великі обсяги даних, отримані від моніторингових систем, ефективно аналізуються методами машинного навчання (Yang et al., 2025). Алгоритми нейронних мереж, випадкових лісів (Random Forest), градієнтного бустингу (Gradient Boosting) дозволяють виявляти приховані закономірності між факторами середовища та продуктивністю рибних популяцій.

Перевага таких моделей у тому, що вони не потребують апріорних гіпотез про характер залежностей, а здатні "вчитися" на історичних даних. Це робить їх особливо перспективними для прогнозування в умовах змін клімату та нестабільності екосистем. Моделі на основі LSTM (Long Short-Term Memory) демонструють високу точність у прогнозуванні динаміки розчиненого кисню та ризиків гіпоксії (Li et al., 2022). Системи комп'ютерного зору на базі глибокого навчання дозволяють автоматично оцінювати біомасу риби, її поведінку та стан здоров'я.

Цифрові двійники водойм. Останнім часом у світовій практиці почали впроваджувати концепцію "digital twin" – цифрового двійника водойми (Føre et al., 2024). Це інтегрована модель, яка в реальному часі відображає стан екосистеми на основі даних моніторингу та прогнозних розрахунків. Цифрові двійники дозволяють моделювати різні сценарії управління: зміну інтенсивності зариблення, годівлі, аерації, а також оцінювати наслідки для біопродуктивності й екологічної стабільності водойми.

Цифровий двійник об'єднує фізичні моделі водойми, дані реального часу від IoT-сенсорів, алгоритми машинного навчання та інтерфейси для прийняття рішень. Технологія цифрових двійників розглядається як ключовий компонент Індустрії 4.0 в аквакультурі, що забезпечує перехід до повністю автоматизованих та оптимізованих систем виробництва. Перші практичні реалізації показують можливість прогнозування росту риби з точністю до 95 % та зниження витрат кормів на 15–20 %.

Аналогічні підходи до моделювання технологічних процесів в аквакультурі із застосуванням систем автоматизованого проєктування (CAD) розглянуто у роботі (Hrynevych et al., 2024), де обґрунтовано можливості використання цифрових інструментів для оптимізації виробничих операцій у рибництві.

Практичне значення для аквакультури природних водойм. Прогнозування біопродуктивності природних водойм має безпосереднє практичне застосування у ставовому та озерному рибництві. Інтеграція класичних та сучасних моделей дозволяє вирішувати широкий спектр управлінських завдань (Yan et al., 2022).

Оптимізація зариблення. Прогнозні моделі дозволяють визначити оптимальний час і щільність випуску молоді риби з урахуванням стану кормової бази та екологічних умов. Надмірна щільність посадки призводить до конкуренції за кисень, корм і простір, що негативно впливає на ріст і якість води. Водночас занадто низька щільність не забезпечує ефективного використання продуктивного потенціалу водойми.

Сучасні підходи до оптимізації зариблення базуються на багатофакторних моделях, що враховують температуру води, концентрацію розчиненого кисню, біомасу природної кормової бази та прогнозований ріст риби. Дослідження показують, що використання предиктивних моделей для визначення оптимальної щільності посадки дозволяє підвищити виживаність молоді на 15–25 % порівняно з традиційними нормативними підходами. Це знижує ризик перевантаження водойми і підвищує виживаність риби, забезпечуючи баланс між добробутом тварин та економічною ефективністю виробництва (Bacaër, 2011).

Планування годівлі та управління кормовою базою. Моделі динаміки кормової бази та росту риби дають змогу розрахувати ефективну норму годівлі та час підгодівлі. Впровадження IoT та систем моніторингу дозволяє коригувати годівлю в реальному часі, підвищуючи коефіцієнт конверсії корму (FCR – Feed Conversion Ratio) (Wang et al., 2021).

Коефіцієнт конверсії корму є ключовим показником ефективності аквакультури і визначається як відношення маси використаного корму до приросту біомаси риби. У сучасних інтенсивних системах вирощування оптимальний FCR становить 1,0–1,5 для коропових та 0,8–1,2 для лососевих риб. Впровадження автоматизованих систем годівлі на основі комп'ютерного зору та штучного інтелекту дозволяє знизити FCR на 10–20 % порівняно з традиційними методами (Aung et al., 2025), що означає суттєву економію коштів і зменшення екологічного навантаження від надлишкового корму.

Управління екологічним станом водойм. Сучасні цифрові моделі дозволяють оцінювати ризик задух (гіпоксії), евтрофікації та надмірного накопичення біогенів. Це допомагає своєчасно планувати аерацію, очищення донних відкладень та інші профілактичні заходи.

Прогнозування кисневого режиму є критично важливим для запобігання масової загибелі риби внаслідок задухи. Моделі на основі машинного навчання здатні передбачати зниження концентрації розчиненого кисню за 6–12 годин до критичного рівня, що дає час для ввімкнення систем аерації. Економічний ефект від запобігання одного випадку масової загибелі може сягати десятків тисяч доларів США для середнього ставового господарства.

Моделювання процесів евтрофікації дозволяє оцінити асиміляційну ємність водойми щодо біогенних елементів та визначити оптимальне навантаження від годівлі та удобрення. Це особливо важливо в контексті екологічних норм та сталого використання водних ресурсів.

Підвищення ефективності виробництва. Використання прогнозних моделей дозволяє збільшити рибопродуктивність на 20–35 % і зменшити витрати на корм та енергоресурси на 15–25 %. Системний підхід сприяє сталому розвитку аквакультури і збереженню екологічної рівноваги водойм.

Інтегровані системи підтримки прийняття рішень, що поєднують моделювання біопродуктивності з економічним аналізом, дозволяють оптимізувати не лише біологічні, а й фінансові показники виробницт-

ва. Це включає прогнозування собівартості продукції, оптимальних термінів вилову та маркетингових стратегій.

Особливо важливим є застосування моделей для адаптації до кліматичних змін (Ahmed et al., 2014). Підвищення температури води, зміни гідрологічного режиму та частота екстремальних погодних явищ вимагають гнучких стратегій управління, які можливі лише на основі надійних прогнозних інструментів.

Висновки

Математичне моделювання біопродуктивності природних і штучних водойм є одним із ключових напрямів розвитку сучасної аквакультури, який поєднує гідробіологічні, екологічні та технологічні підходи. Застосування моделей дозволяє глибше зрозуміти закономірності функціонування водних екосистем, оптимізувати використання природних ресурсів і підвищити ефективність рибогосподарської діяльності.

Аналіз наукових джерел свідчить, що класичні математичні моделі – логістичні, енергетичні, трофічні та рівняння "хижак–жертва" – залишаються важливою основою для оцінки біопродуктивності водойм. Проте їх обмеженість полягає у спрощеному врахуванні екологічних взаємозв'язків та недостатній адаптованості до сучасних умов інтенсифікації рибництва.

Сучасний етап розвитку характеризується переходом до багатофакторних, екосистемних і динамічних моделей, які враховують просторово-часові зміни середовища, кормову базу та фізіологічні особливості риб. Поєднання таких моделей із системами моніторингу та цифровими технологіями відкриває нові можливості для підвищення точності прогнозів та оперативного управління водними об'єктами.

Впровадження геоінформаційних систем, інтернету речей, машинного навчання та цифрових двійників сприяє формуванню інтегрованих систем підтримки прийняття рішень в аквакультурі. Це дозволяє не лише прогнозувати продуктивність водойм, але й моделювати різні сценарії господарювання з урахуванням екологічних ризиків і кліматичних змін. За результатами досліджень, впровадження таких систем забезпечує підвищення рибопродуктивності на 20–35 % та зниження коефіцієнта конверсії корму на 10–20 %.

Подальший розвиток математичного моделювання біопродуктивності водойм має бути спрямований на інтеграцію екологічних, технологічних та економічних аспектів. Такий підхід забезпечить формування науково обґрунтованих механізмів сталого управління аквакультурою природних і штучних водойм, підвищення їх екологічної стабільності та ефективності використання біоресурсів.

Перспективи подальших досліджень. Подальші дослідження доцільно спрямувати на розроблення інтегрованих моделей, які поєднують біологічні, фізико-хімічні та технологічні параметри водойм. Перспективним є використання сенсорних мереж та технологій інтернету речей для збору даних у режимі реального часу й підвищення точності прогнозів.

Особливу увагу варто приділити застосуванню алгоритмів машинного навчання та штучного інтелекту для створення адаптивних моделей біопродуктивності, здатних враховувати кліматичні зміни та антропогенний вплив.

Розроблення цифрових двійників водойм і їх інтеграція в систему управління аквакультурою сприятимуть підвищенню ефективності виробництва та сталому використанню водних біоресурсів.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори заявляють про відсутність будь-якого конфлікту інтересів, який міг би вплинути на результати дослідження, тлумачення даних або підготовку рукопису статті.

References

Ahmed, N., Bunting, S. W., Rahman, S., & Garforth, C. J. (2014). Community-based climate change adaptation strategies for integrated prawn–fish–rice farming in Bangladesh to promote social–ecological resilience. Reviews in Aquaculture, 6(1), 20–35. DOI: 10.1111/raq.12022.

Alver, M. O., & Føre, M. (2023). Mathematical Modelling Applied to Aquaculture. In: Zhang, Q. (eds) Encyclopedia of Digital Agricultural Technologies. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-031-24861-0_197.

Anderson, J. L., Garlock, T. M., Asche, F., Eggert, H., Che, B., Chávez, C.A., Chu, J., Chukwuone, N., Dey, M. M., Fitzsimmons, K., & Tveterås, R. (2024). Environmental, economic, and social sustainability in aquaculture: the aquaculture performance indicators. Nature Communications, 15, 5274. DOI: 10.1038/s41467-024-49556-8.

Aung, T., Abdul Razak, R., & Rahiman Bin Md Nor, A. (2025). Artificial intelligence methods used in various aquaculture applications: A systematic literature review. Journal of the World Aquaculture Society, 56(1), e13107. DOI: 10.1111/jwas.13107.

Bacaër, N. (2011). Verhulst and the logistic equation (1838). In A Short History of Mathematical Population Dynamics (pp. 35–39). Springer, London. DOI: 10.1007/978-0-85729-115-8.

Boyd, C. E. (2015). Water Quality: An Introduction (2nd ed.). Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-319-17446-4.

Boyd, C. E., & Tucker, C. S. (1998). Pond Aquaculture Water Quality Management. Springer, Boston, MA. 700 p. DOI: 10.1007/978-1-4615-5407-3.

Ernst, D. H., Bolte, J. P., & Nath, S. S. (2000). AquaFarm: Simulation and decision support for aquaculture facility design and management planning. Aquacultural Engineering, 23(1–3), 121–179. DOI: 10.1016/S0144-8609(00)00045-5.

Essington, T. E., Kitchell, J. F., & Walters, C. J. (2001). The von Bertalanffy growth function, bioenergetics, and the consumption rates of fish. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 58(11), 2129–2138. DOI: 10.1139/f01-151.

Flores-Iwasaki, M., Guadalupe, G. A., Pachas-Caycho, M., Chapa-Gonza, S., Mori-Zabarburú, R. C., & Guerrero-Abad, J. C. (2025). Internet of Things (IoT) Sen-

sors for Water Quality Monitoring in Aquaculture Systems: A Systematic Review and Bibliometric Analysis. AgriEngineering, 7(3), 78. DOI: 10.3390/ agriengineering7030078.

Føre, M., Alver, M. O., Alfredsen, J. A., Rasheed, A., Hukkelås, T., Bjelland, H. V., Su, B., Ohrem, S. J., Kelasidi, E., Norton, T., & Papandroulakis, N. (2024). Digital Twins in intensive aquaculture – Challenges, opportunities and future prospects. Computers and Electronics in Agriculture, 218, 108676. DOI: 10.1016/j.compag.2024.108676.

Hanson, P. C., Johnson, T. B., Schindler, D. E., & Kitchell, J. F. (1997). Fish Bioenergetics 3.0. University of Wisconsin Sea Grant Institute, Technical Report WISCU-T-97-001, Madison, Wisconsin.

Hrynevych, N. Ye., Khomiak, O. A., Sliusarenko, A. O., Zharchynska, V. S., Pukalo, P. Ya., & Kuryłas, L. V. (2024). Modeliuvannia tekhnolohichnykh protsesiv v akvakulturi za vykorystannia system avtomatyzovanoho proektuvannia i rozrakhunku. Vodni Bioresursy ta Akvakultura, 1(15), 19–29. DOI: 10.32782/wba.2024.1.2 (in Ukrainian).

Ivashko, E., Konovalchikova, E., & Ivashko, V. (2025). Aquaculture mathematical modelling review. Aquaculture International, 33, 281. DOI: 10.1007/ s10499-025-01928-7.

Li, W., Wei, Y., An, D., Jiao, Y., & Wei, Q. (2022). LSTM-TCN: dissolved oxygen prediction in aquaculture, based on combined model of long short-term memory network and temporal convolutional network. Environmental Science and Pollution Research, 29, 39545–39556. DOI: 10.1007/s11356-022-18914-8.

Murray, J. D. (2002). Mathematical Biology I: An Introduction (3rd ed.). Springer, New York. DOI: 10.1007/b98868.

Nath, S. S., Bolte, J. P., & Ernst, D. H. (2000). Development of decision support tools for aquaculture: the POND experience. Aquacultural Engineering, 23(1–3), 103–119. DOI: 10.1016/S0144-8609(00)00048-0.

Pauly, D., & Christensen, V. (1995). Primary production required to sustain global fisheries. Nature, 374, 255–257. DOI: 10.1038/374255a0.

Quaade, S., Vallebueno, A., Alcabes, O. D. N., Rodolfa, K. T., & Ho, D. E. (2024). Remote sensing and computer vision for marine aquaculture. Science Advances, 10(42), eadn4944. DOI: 10.1126/sciadv.adn4944.

Rakocy, J. E. (2012). Aquaponics – Integrating Fish and Plant Culture. In: Tidwell, J.H. (Ed.) Aquaculture Production Systems (pp. 344–386). Wiley-Blackwell, Oxford. DOI: 10.1002/9781118250105.ch14.

Rastegari, H., Alizadeh, N., & Sabokrou, M. (2025). Understanding the application of digital technologies in aquaculture supply chains through a systematic literature review. Aquaculture International, 33(4), 285. DOI: 10.1007/s10499-025-02069-7.

Shaikhet, L., & Korobeinikov, A. (2024). Persistence and Stochastic Extinction in a Lotka–Volterra Predator–Prey Stochastically Perturbed Model. Mathematics, 12(10), 1588. DOI: 10.3390/math12101588.

Tidwell, J. H. (Ed.) (2012). Aquaculture Production Systems. World Aquaculture Society. Wiley-Blackwell, Oxford. 440 p. DOI: 10.1002/9781118250105.

Tsoularis, A., & Wallace, J. (2002). Analysis of logistic growth models. Mathematical Biosciences, 179(1), 21–55. DOI: 10.1016/S0025-5564(02)00096-2.

Wang, C., Li, Z., Wang, T., Xu, X., Zhang, X., & Li, D. (2021). Intelligent fish farm–the future of aquaculture. Aquaculture International, 29(6), 2681–2711. DOI: 10.1007/s10499-021-00773-8.

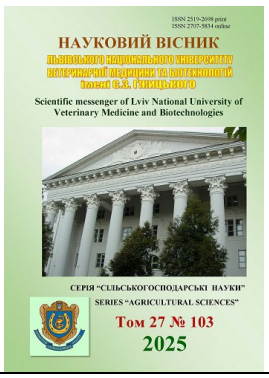
Wetzel, R. G. (2001). Limnology: Lake and River Ecosystems (3rd ed.). Academic Press, San Diego. 1006 p.

Yadav, N. K., Patel, A. B., Singh, S. K., Mehta, N. K., Anand, V., Lal, J., Dekari, D., & Devi, N. C. (2024). Climate change effects on aquaculture production and its sustainable management through climate-resilient adaptation strategies: a review. Environmental Science and Pollution Research, 31(22), 31731–31751. DOI: 10.1007/s11356-024-33397-5.

Yan, J., Xu, Z., Yu, Y., Xu, H., & Gao, K. (2022). Predicting aquaculture water quality using machine learning approaches. Water, 14(18), 2836. DOI: 10.3390/w14182836.

Yang, H., Feng, Q., Xia, S., Wu, Z., & Zhang, Y. (2025). AI-driven aquaculture: A review of technological innovations and their sustainable impacts. Artificial Intelligence in Agriculture, 15(3), 508–525. DOI: 10.1016/j.aiia.2025.01.012.

Zhang, Y., & Sun, L. (2025). Intelligent prediction and continuous monitoring of water quality in aquaculture: Integration of machine learning and Internet of Things for sustainable management. Water, 17(1), 82. DOI: 10.3390/w17010082.



Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького. Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences

ISSN 2519–2698 print
ISSN 2707-5834 online

doi: 10.32718/nvlvet-a10341
https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture

UDC 636.5.034.084.1

The effect of a phytobiotic supplement on the egg production of quails

R. A. Chudak, V. O. Alieksieiev✉

Vinnytsia National Agrarian University, Vinnytsia, Ukraine

Article info

Received 12.09.2025
Received in revised form 13.10.2025
Accepted 14.10.2025

Vinnytsia National Agrarian University, Soniachna Str., 3, Vinnytsia, 21000, Ukraine.
Tel.: +38-063-443-37-35
E-mail: dealingdep@gmail.com

Chudak, R. A., & Alieksieiev, V. O. (2025). The effect of a phytobiotic supplement on the egg production of quails. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 27(103), 336–340. doi: 10.32718/nvlvet-a10341

Phytobiotics are a group of feed additives used to increase productivity, reduce feed costs, and prevent animal diseases due to their positive effect on the body. The study lasted 180 days with the aim of establishing the effect of phytobiotic feed additives on the productivity and quality indicators of quail eggs. The introduction of the phytobiotic feed supplement "Liptosa Expert" into the diet of quails increased the gross egg yield in the 3rd group by 9.1 % and in the 4th group by 9.0 % compared to the control group. Under the action of the phytobiotic, the egg production rate increased by 9.2 % in the 3rd group and by 9.1% in the 4th group compared to the control indicator. The feed additive in the diet reduces feed consumption per 10 eggs by 5.1 % in the 2nd experimental group and by 7.7 % in the 3rd and 4th groups compared to the control analogues. The average egg weight also increased by 6.5 % in the 3rd group and by 4.8 % in the 4th group and, as a result, the egg mass obtained in the 3rd group was 16.3 % and in the 4th group 14.4 % higher than in the control group. With the use of phytobiotics, egg yolk weight increased by 25.7 % (P < 0.01) in group 3 and by 14.3 % in group 4, and egg white weight increased by 9.2% (P < 0.01) in the 3rd group and by 3.9 % in the 2nd group compared to the control indicator. Accordingly, the relative yolk mass increased by 18.1 % (P < 0.05) in the 3rd group and by 9.2 % in the 4th group, while the relative shell mass decreased by 16.6 % (P < 0.05) and in the 4th group by 15.2 % relative to the control. The use of phytobiotics in quail feeding increases the large egg diameter in the 3rd group by 3.3 % (P < 0.05) and in the 4th group by 2.3 %, and the small egg diameter in the 2nd group by 5.3 % (P < 0.01) and in the 3rd group by 5 % (P < 0.05) compared to the control group. Under the action of the phytobiotic, the height of the dense layer increased by 16.3 % in the 2nd group (P < 0.05) and by 14 % in the 3rd group, and the diameter of the yolk increased by 8.1 % in the 3rd group (P < 0.05) and by 4.1 % in the 4th group relative to the control.

Keywords: *phytobiotic, feeding, quail, productivity, egg quality, gross yield, egg production.*

Вплив фітобіотичної добавки на яєчну продуктивність перепілок

Р. А. Чудак, В. О. Алєксєєв✉

Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, Україна

Фітобіотики є групою кормових добавок, які використовуються для підвищення продуктивності, зменшення витрат корму та профілактики захворювань тварин завдяки своєму позитивному впливу на організм. Дослід тривав 180 діб з метою встановити вплив фітобіотичної кормової добавки на продуктивність та якісні показники перепелиних яєць. Уведення в раціон перепілок фітобіотичної кормової добавки "Liptosa Expert" збільшує валовий збір яєць в 3-й групі на 9,1 % та в 4-й на 9,0 %, порівняно з контролем. За дії фітобіотика збільшився показник несучості на 9,2 % в 3-й групі та на 9,1 % в 4-й групі порівняно з контрольним показником. Кормова добавка в раціоні зменшує витрати корму на 10 яєць на 5,1 % в 2-й дослідній групі та на 7,7 % в 3-й та 4-й групах проти контрольних аналогів. Також збільшується середня маса яйця на 6,5 % в 3-й групі та на 4,8 % в 4-й групі та, як наслідок, отримана яєчна маса в 3-й групі на 16,3 % та в 4-й групі на 14,4 % відносно контрольної групи. За використання фітобіотика маса жовтка зростає на 25,7 % (P < 0,01) в 3-й групі та на 14,3 % в 4-й групі та маса білка на 9,2 % (P < 0,01) в 3-й групі та на 3,9 % в 2-й групі порівняно з контрольним показником. Відповідно збільшується відносна маса жовтка в 3-й групі на 18,1 % (P < 0,05) та в 4-й групі на 9,2 % при зменшенні відносної маси шкаралупи в 3-й групі на 16,6 % (P < 0,05) та в 4-й групі на 15,2 % відносно контролю. Застосування фітобіотика в годівлі перепілок підвищує показники великого діаметру яйця в 3-й групі на 3,3 %

(P < 0,05) та в 4-й групі на 2,3 % і малого діаметру яйця в 2-й групі на 5,3 % (P < 0,01) та в 3-й групі на 5 % (P < 0,05) порівняно з контрольною групою. За дії фітобіотика збільшувалась висота щільного шару на 16,3 % у 2-й групі (P < 0,05) та на 14% в 3-й групі та діаметр жовтка на 8,1 % в 3-й групі (P < 0,05) та на 4,1 % в 4-й групі відносно контролю.

Ключові слова: *фітобіотик, годівля, перепілки, продуктивність, якість яєць, валовий збір, несучість.*

Вступ

З метою повноцінної реалізації генетичного потенціалу сучасних порід сільськогосподарських тварин та отримання високих показників якості та кількості продукції в раціони вводяться різноманітні кормові добавки (Polishchuk & Bulavkina, 2010). Вони зменшують негативний вплив виробничого стресу та посилюють резистентність організму, що позитивно впливає на продуктивність тварин (Bihun & Stoianovskyi, 2014; Shevchuk et al., 2018; Kupriianov & Shmaiun, 2025). Важливою вимогою до препаратів, що використовуються в виробництві продукції є безпечність для тварин, споживачів та екосистеми в цілому (Fallah et al., 2023).

Фітобіотики це група препаратів рослинного походження, які чинять комплексний вплив на організм та є безпечними, завдяки своєму природньому походженню та поступовій дії на організм (Yehorov & Makarynska, 2010; Biswas & Kim, 2025). Вони привернули увагу практиків і науковців після заборони використання кормових антибіотиків у ЄС в 2006 році та у зв'язку з орієнтацією європейського ринку на екологічну та органічну продукцію (Kotsiumbas et al., 2014; Zaikina et al., 2022).

Рослинні екстракти чинять комплексний вплив на стан шлунково-кишкового тракту, збільшуючи секрецію травних залоз, збільшуючи висоту ворсинок та модулюючи мікрофлору кишечника (Murugesan et al., 2015; Mohhamadi & Kim, 2017; Basit et al., 2020). Це забезпечує більш повноцінне розщеплення та засвоєння поживних речовин. В організмі тварин фітобіотики здатні зменшувати інтенсивність процесів окислювального стресу та позитивно впливати на імунний статус (Dotsenko et al., 2014; Zheng et al., 2016).

Завдяки впливу на біологічні процеси підвищується продуктивність тварин, поліпшується якість та біологічна цінність продукції (Chudak, 2019; Abdelli et al., 2021). Фітобіотики стимулюють обмін речовин, завдяки чому посилюється засвоєння поживних речовин та знижуються витрати корму (Kikusato, 2021). Як наслідок, збільшуються прирости живої маси, несучість та відбувається позитивний вплив на консистенцію, колір, смакові характеристики м'яса і яєць (Perić et al., 2010; Darmawan et al., 2022). Крім того, підвищується кількість мікроелементів, вітамінів, жирнота амінокислотний склад продукції (Jachimowicz et al., 2022).

Мета дослідження

Метою роботи було встановити вплив фітобіотичної кормової добавки на продуктивність та якісні показники перепелиних яєць.

Матеріал і методи досліджень

Дослід проводився в умовах віварію Вінницького національного аграрного університету. З 200 перепілок 42-денного віку було сформовано 4 групи по 50 голів в кожній за методом груп-аналогів (Ibatullin et al., 2017).

Дослід тривав 180 діб, серед них 15 – зрівняльний та 165 діб – основний період. Птиця контрольної групи отримувала повнораціонний комбікорм без добавок, в основний раціон дослідних груп вводилась фітобіотична добавка в різних дозах. Фітобіотик у своєму складі містить ефірні олії материнки (Origanum ulgare), гвоздики (Syzygium aromaticum) та коричного дерева (Cinnamomum verum) у вигляді порошку (табл. 1).

Таблиця 1
Схема досліду

Група	Кількість тварин у групі, гол.	Тривалість досліду, діб		Особливості годівлі
		зрівняльний період	основний період	
1-контрольна	50	15	165	ОР (повнораціонний комбікорм)
2-дослідна	50	15	165	ОР + Liptosa Expert (1,5 кг/т корму)
3-дослідна	50	15	165	ОР + Liptosa Expert (2 кг/т корму)
4-дослідна	50	15	165	ОР + Liptosa Expert (2,5 кг/т корму)

Отримані результати оброблялись біометрично за допомогою програми Microsoft Excel. Встановлювали вірогідність змін за критерієм Стьюдента з урахуванням рівнів достовірності: P < 0,05, P < 0,01 та P < 0,001.

Результати та їх обговорення

Отримані дані свідчать, що введення в раціон перепелів-несучок фітобіотичної кормової добавки "Liptosa Expert" збільшує валовий збір яєць в 2-й групі на 7,2 %, в 3-й на 9,2 % та в 4-й на 9,1 %, порівняно з контрольною групою (табл. 2).

Кормова добавка позитивно впливає на конверсію корму та зменшує витрати корму на 10 яєць на 5,1 % в 2-й дослідній групі та на 7,7 % в 3-й та 4-й групах відповідно, проти контрольних аналогів.

За дії фітобіотика збільшився показник несучості на 7,2 % в 2-й групі, на 9,2 % в 3-й групі та на 9,1 % в 4-й групі порівняно з контрольним показником.

Додаткове згодовування рослинної кормової добавки підвищує яєчну масу в 2-й групі на 14,1 %, в 3-й на 16,3 % та в 4-й на 14,4 %, відносно контролю.

Досліджуючи вплив кормової добавки на якість яєчної продукції відзначається тенденція до підвищення маси яйця в 2-й групі на 6,5 %, в 3-й групі на 6,5 % та в 4-й групі на 4,8 % порівняно з контролем, проте вірогідної різниці не виявлено. Крім того, збільшується маса білка і жовтка у перепілок 3-ї групи відповідно на 10,5 та 25,7 % (Р < 0,01), проти контрольного зразка (табл. 3).

Застосування фітобіотика в годівлі перепілок забезпечує збільшення великого діаметру яйця в 2-й групі на 3,9 % (Р < 0,05), в 3-й групі на 3,3 % (Р < 0,05) та в 4-й групі на 2,3 % і малого діаметру яйця в 2-й групі на 5,3 % (Р < 0,01), в 3-й групі на 5 % (Р < 0,05) та в 4-й групі на 3,8 %, відносно контролю.

Використання фітобіотичної кормової добавки “Liptosa Expert” підвищує відносну масу жовтка в 2-й групі на 5 %, в 3-й групі на 18,1 % (Р < 0,05) та в 4-й групі на 9,2 %, порівняно з контрольним показником. Водночас, відносна маса шкаралупи в 2-й групі на 11 %, в 3-й групі на 16,6 % (Р < 0,05) та в 4-й групі на 15,2%, нижча, ніж у контрольній групі (табл. 4).

Встановлено, що за додаткового згодовування рослинної кормової добавки збільшується співвідношення маси жовтка до білка на 6,1 % в 2-й та на 15,2 % в 3-й та 4-й групі, проти контролю.

Таблиця 2
Яєчна продуктивність перепілок

Показник	Група			
	1-контрольна	2-дослідна	3-дослідна	4-дослідна
Валовий збір яєць, шт.	6333	6788	6916	6909
Несучість за період досліду, шт.	126,7	135,8	138,3	138,2
Інтенсивність несучості, %	76,8	82,3	83,8	83,7
Яєчна маса, кг	78,5	89,6	91,3	89,8
Витрати корму на 10 яєць, кг	0,39	0,37	0,36	0,36
Збереженість поголів’я, %	96	96	98	98

Таблиця 3
Морфометричні показники яєць (M± m, n = 10)

Показник	1-контрольна	2-дослідна	3-дослідна	4-дослідна
Маса, г				
Яєць	12,4 ± 0,26	13,2 ± 0,3	13,2 ± 0,45	13 ± 0,21
Білка	7,6 ± 0,13	7,9 ± 0,09	8,4 ± 0,04**	7,6 ± 0,17
Жовтка	3,5 ± 0,18	3,9 ± 0,13	4,4 ± 0,12**	4,0 ± 0,23
Шкаралупи	1,8 ± 0,08	1,7 ± 0,06	1,6 ± 0,06	1,6 ± 0,08
Діаметр яйця, см				
Великий	3,36 ± 0,03	3,49 ± 0,04*	3,47 ± 0,03*	3,44 ± 0,02
Малий	2,61 ± 0,02	2,75 ± 0,03**	2,74 ± 0,04*	2,69 ± 0,04
Співвідношення діаметрів	1,29 ± 0,008	1,27 ± 0,010	1,26 ± 0,009	1,27 ± 0,008
Індекс форми, %	77,6 ± 0,6	78,8 ± 0,7	78,9 ± 0,8	78,2 ± 0,7

Таблиця 4
Відносна маса складових яєць, % (M± m, n = 10)

Показник	Група			
	1-контрольна	2-дослідна	3-дослідна	4-дослідна
Відносна маса, %				
Білка	61,3 ± 1,7	59,9 ± 1,5	62,9 ± 2,2	58,5 ± 1,6
Жовтка	28,2 ± 1,6	29,6 ± 1,2	33,3 ± 1,1*	30,8 ± 1,8
Шкаралупи	14,5 ± 0,7	12,9 ± 0,5	12,1 ± 0,5*	12,3 ± 0,7
Відношення маси жовтка до білка	0,46 ± 0,02	0,49 ± 0,02	0,53 ± 0,02	0,53 ± 0,03

За дії фітобіотика висота щільного шару збільшувалась на 16,3 % у 2-й групі (Р < 0,05), на 14 % в 3-й групі та на 7 % в 4-й групі, відносно контролю. Крім того, зростали показники великого діаметру щільного шару на 12,9 % в 2-й групі, на 18,5 % (Р < 0,01) в 3-й та на 9,3 % в 4-й та малого діаметру на 19,2 % в 2-й групі (Р < 0,01), на 16,7 % в 3-й (Р < 0,01) та на 4,8 % в 4- й, проти контрольного зназка (табл. 5).

За використання добавки Liptosa Expert діаметр жовтка збільшувався на 8,1 % (Р < 0,05) в 3-й групі, порівняно з контрольною групою.

Таким чином, додаткове згодовування фітобіотичної кормової добавки сприяє збільшенню яєчної продуктивності та підвищує якість перепелиних яєць.

Таблиця 5
Показники внутрішньої будови перепелиних яєць (M ± m, n = 10)

Показник	Група			
	1-контрольна	2-дослідна	3-дослідна	4-дослідна
Щільний шар білка				
Висота білка, см	4,3 ± 0,1	5,0 ± 0,27*	4,9 ± 0,29	4,6 ± 0,19
Великий діаметр, см	41,6 ± 1,28	47,0 ± 2,79	49,3 ± 1,42**	45,5 ± 3,1
Малий діаметр, см	33,4 ± 0,8	39,8 ± 1,37**	39,0 ± 0,76**	35,0 ± 0,55
Індекс білка	11,46 ± 0,42	11,49 ± 0,83	11,09 ± 0,71	11,42 ± 0,7
Жовток				
Висота жовтка, см	11,0 ± 0,35	10,9 ± 0,39	11,6 ± 0,29	10,3 ± 0,44
Діаметр, см	24,6 ± 0,48	25,4 ± 0,04	26,6 ± 0,65*	25,6 ± 0,88
Індекс жовтка	44,71 ± 1,67	42,91 ± 1,54	43,60 ± 1,52	40,23 ± 2,21
Товщина шкаралупи, мм	0,22 ± 0,05	0,21 ± 0,4	0,22 ± 0,03	0,21 ± 0,04

Висновки

Додаткове введення в раціон перепілок фітобіотичної кормової добавки “Liptosa Exper” збільшує валовий збір яєць в 3-й групі на 9,2 % та в 4-й на 9,1 %, проти контрольного значення. За використання фітобіотика збільшується інтенсивність несучості на 9,1% в 3-й групі та на 9,0 % в 4-й групі порівняно з контролем. Збільшується середня маса яйця на 6,5 % в 3-й групі та на 4,8 % в 4-й групі та, як наслідок, отримана яєчна маса в 3-й групі на 16,3 % та в 4-й групі на 14,4 % порівняно з аналогами. За використання фітобіотика маса жовтка зростає на 25,7 % (P < 0,01) в 3-й групі та на 14,3% в 4-й групі та маса білка на 9,2 % (P < 0,01) в 3-й групі та на 3,9 % в 2-й групі. Відповідно збільшується відносна маса жовтка в 3-й групі на 18,1 % (P < 0,05) та в 4-й групі на 9,2 % при зменшенні відносної маси шкаралупи в 3-й групі на 16,6 % (P < 0,05) та в 4-й групі на 15,2 % проти контрольних значень. Застосування фітобіотика в годівлі перепілок підвищує показники великого діаметру яйця в 3-й групі на 3,3 % (P < 0,05) та в 4-й групі на 2,3% і малого діаметру яйця в 2-й групі на 5,3 % (P < 0,01) та в 3-й групі на 5 % (P < 0,05) порівняно з контролем. Також зростають показники великого діаметру щільного шару на 18,5 % (P < 0,01) в 3-й групі та на 9,3 % в 4-й групі та малого діаметру на 19,2 % в 2-й групі (P < 0,01) та на 16,7 % в 3-й групі (P < 0,01) проти контрольних аналогів.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів.

References

Abdelli, N., Solà-Oriol, D., & Pérez, J. F. (2021). Phytogenic Feed Additives in Poultry: Achievements, Prospective and Challenges. Animals, 11(12), 3471. DOI: 10.3390/ani11123471.

Basit, M. A., Kadir, A. A., Loh, T. C., Abdul Aziz, S., Salleh, A., Zakaria, Z. A., & Banke Idris, S. (2020). Comparative Efficacy of Selected Phytobiotics with Halquinol and Tetracycline on Gut Morphology, Ileal Digestibility, Cecal Microbiota Composition and Growth Performance in Broiler Chickens. Animals, 10(11), 2150. DOI: 10.3390/ani10112150.

Bihun, Yu. P., & Stoianovskyi, V. H. (2014). Fiziolohichnyi stan orhanizmu ptytsi ta yii zberezhenist za vplyvu roslynnoho adaptohenu “Vitastymul” [Physiological state of the bird’s body and its preservation under the influence of the plant adaptogen “Vitastimul”]. Naukovyi visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu veterynarnoi medytsyny ta biotekhnolohii imeni S. Z. Gzhytskoho, 16(3-2), 27–33 (in Ukrainian).

Biswas, S., & Kim, I. H. (2025). A thorough review of phytogenic feed additives in non-ruminant nutrition: production, gut health, and environmental concerns. Journal of animal science and technology, 67(3), 497–519. DOI: 10.5187/jast.2025.e26.

Chudak, R. A. (2019). Produktyvnist′ ta retentsiia mineral′nykh elementiv u miasnykh perepeliv za dii ekstraktu ekhinatsei blidoi [Productivity and retention of mineral elements in meat quails under the influence of pale echinacea extract]. Ahrarna nauka ta kharchovi tekhnolohii. Seriia: Hodivlia tvaryn ta tekhnolohiia kormiv, 4(107), 60–73 (in Ukrainian).

Darmawan, A., Hermana, W., Suci, D. M., Mutia, R., Sumiati, Jayanegara, A., & Ozturk, E. (2022). Dietary Phytogenic Extracts Favorably Influence Productivity, Egg Quality, Blood Constituents, Antioxidant and Immunological Parameters of Laying Hens: A Meta-Analysis. Animals, 12(17), 2278. DOI: 10.3390/ani12172278.

Dotsenko, V. O., Pavlova, H. V., & Pospielov, S. V. (2014). Korektsiia klitynnoi ta humoralnoi lanok imunitetu u kurchat-broileriv ekstraktom ekhinatseii purpurovoi za eksperymentalnoho stafilokokozy [Correction of cellular and humoral immunity in broiler chickens with Echinacea purpurea extract under experimental staphylococcosis]. Veterynarna medytsyna, 98, 112–116 (in Ukrainian).

Fallah Fida Wani, Oyas Ahmad Asimi & Irfan Ahmad Khan (2023). Use of Feed Additives in Animal Nutrition. Journal of Scientific Research and Reports, 29(9), 82–87. DOI: 10.9734/jsrr/2023/v29i91787.

Ibatullin, I. I., Zhukorskyi, O. M., & Bashchenko, I. (2017). Metodolohiia ta orhanizatsiia naukovykh doslidzhen u tvarynnytstvi [Methodology and organization of scientific research in animal husbandry]. Kyiv: Ahrarna Nauka (in Ukrainian).

Kikusato, M. (2021). Phytobiotics to improve health and production of broiler chickens: functions beyond the

antioxidant activity. Animal bioscience, 34(3), 345–353. DOI: 10.5713/ab.20.0842.

Kotsiumbas, I. Ya., Muzyka, V. P., & Stetsko, T. I. (2014). Stan antybiotyko-rezystentnosti mikroorhanizmiv – zbudnykiv bakterialnykh zakhvoriuvan molodniaku velykoi rohatoyi khudoby i svynei [Antibiotic resistance status of microorganisms – causative agents of bacterial diseases in young cattle and pigs]. Naukovyi visnyk veterynarnoi medytsyny, 13, 117–120 (in Ukrainian).

Kupriianov, H. O., & Shmaiun, S. S. (2025). Tekhnolohichnyi ta biolohichnyi stres u ptytsi [Technological and biological stress in poultry]. In Molod – ahrarnii nautsi i vyrobnytstvu. Aktualni problemy veterynarnoi medytsyny: Vseukrainska naukovo-praktychna konferentsiia zdobuvachiv vyshchoi osvity (BNAU, 22–23 kvitnia 2025 r.) (pp. 41–43). Bila Tserkva (in Ukrainian).

Mohammadi Gheisar, M., & Kim, I. H. (2017). Phytobiotics in poultry and swine nutrition – a review. Italian Journal of Animal Science, 17(1), 92–99. DOI: 10.1080/1828051X.2017.1350120.

Murugesan, G. R., Syed, B., Haldar, S., & Pender, C. (2015). Phytogenic feed additives as an alternative to antibiotic growth promoters in broiler chickens. Frontiers in Veterinary Science, 2, 21. DOI: 10.3389/fvets.2015.00021.

Perić, L., Milošević, N., Žikić, D., Bjedov, S., Cvetković, D., Markov, S., Möhnl, M., & Steiner, T. (2010). Effects of probiotic and phytogenic products on performance, gut morphology and cecal microflora of broiler chickens. Archiv für Tierzucht = Archives Animal Breeding, 53, 350–359. DOI: 10.5194/aab-53-350-2010.

Polishchuk, A. A., & Bulavkina, T. P. (2010). Suchasni kormovi dobavky v hodivli tvaryn ta ptytsi [Modern feed additives in animal and poultry feeding]. Silske hospodarstvo. Tvarynnytstvo, 2, 63–70 (in Ukrainian).

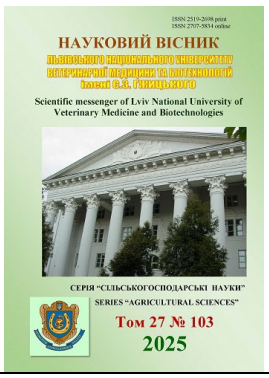
Shevchuk, M., Stoyanovskyy, V., & Kolomiiets, I. (2018). Technological stress in poultry. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences, 20(88), 63–68. DOI: 10.32718/nvlvet8811.

Jachimowicz, K., Winiarska-Mieczan, A., & Tomaszewska, E. (2022). The Impact of Herbal Additives for Poultry Feed on the Fatty Acid Profile of Meat. Animals, 12(9), 1054. DOI: 10.3390/ani12091054.

Yehorov, B. V., & Makarynska, A. V. (2010). Suchasni alternatyvy kormovym antybiotykam [Modern alternatives to feed antibiotics]. Zernovi produkty i kombikormy, 3, 27–34 (in Ukrainian).

Zaikina, A. S., Buryakov, N. P., Buryakova, M. A., Zagarin, A. Y., Razhev, A. A., & Aleshin, D. E. (2022). Impact of Supplementing Phytobiotics as a Substitute for Antibiotics in Broiler Chicken Feed on Growth Performance, Nutrient Digestibility, and Biochemical Parameters. Veterinary Sciences, 9(12), 672. DOI: 10.3390/vetsci9120672.

Zheng, X. C., Wu, Q. J., Song, Z. H., Zhang, H., Zhang, J. F., Zhang, L. L., Zhang, T. Y., Wang, C., & Wang, T. (2016). Effects of oridonin on growth performance and oxidative stress in broilers challenged with lipopolysaccharide. Poultry Science, 95(10), 2281–2289. DOI: 10.3382/ps/pew161.



Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького. Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences

ISSN 2519–2698 print
ISSN 2707-5834 online

doi: 10.32718/nvlvet-a10342
https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture

UDC 639.31.043

Comparative assessment of feeding *Aller Aqua* and *Vita Fisch* compound feeds to rainbow trout yearlings under the conditions of the "Western Fish Company" farm

V. Y. Bozhyk✉, P. Ya. Pukalo, V. V. Senechyn, D. F. Hufriy

Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, Lviv, Ukraine

Article info

Received 15.09.2025
Received in revised form 15.10.2025
Accepted 16.10.2025

Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv, Pekarska Str., 50, Lviv, 79010, Ukraine.
Tel.: +38-097-585-45-14
E-mail: vbr.bozyk@gmail.com

Bozhyk, V. Y., Pukalo, P. Ya., Senechyn, V. V., & Hufriy, D. F. (2025). Comparative assessment of feeding Aller Aqua and Vita Fisch compound feeds to rainbow trout yearlings under the conditions of the "Western Fish Company" farm. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 27(103), 341–348. doi: 10.32718/nvlvet-a10342

The study presents the results of research on feeding compound feeds produced by Aller Aqua and Vita Fisch to this year's rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) under the conditions of a full-cycle cold-water fish farm "Western Fish Company" in the Peremyshliany district, Lviv region. During the experimental work, all regulatory requirements regarding hydrochemical and fish-farming parameters were observed. Stocking density of this year's fish in the pools, water temperature, oxygen saturation, and pH levels were continuously monitored. The experiment was conducted in two pools with a water volume of 12 m³ by feeding compound feeds manufactured by Aller Aqua (Poland), produced using extrusion technology, and a domestically produced Vita Fisch feed formulated by fermenting the main ingredients according to a specific recipe for young trout and supplemented with a 2.5% premix. The study provides a comparative assessment of feeding rainbow trout with Aller Aqua and Vita Fisch compound feeds, which are commonly used on the Ukrainian market for the cultivation of salmonids. The aim was to establish their nutritional and productive effects, as well as their influence on growth intensity, growth rate, and accumulation of body weight in trout, and to determine the comparative economic efficiency of these feeds under the conditions of a specific farm. Special attention was paid to the residual amount of feed in the pools, water pollution, the presence of conditionally pathogenic microorganisms, and the ecological safety of wastewater released into the surrounding environment. According to the analysis of feeding Aller Aqua compound feed, it was found that during the feeding period, the average weight of this year's trout increased from 35.2 g to 62.9 g per fish, while the total biomass increased from 63.36 kg to 113.36 kg, with a feed conversion ratio (FCR) of 1.106. Upon completion of the experiments with Vita Fisch feed, which contains probiotic bacteria, it was shown that the feed had good digestibility and assimilation, demonstrated by a low feed conversion ratio of 1.18. The total biomass of this year's trout increased from 58.7 kg to 101.6 kg, and the average weight increased from 32.6 g to 56.4 g per fish. These compound feeds also improved bioremediation processes and water quality parameters in the fish-holding reservoirs and helped prevent the development of diseases. Analysis of feed intake confirmed the increase in ichthyomass and showed that feed consumption per 1 kg of weight gain in this year's rainbow trout remained within optimal and acceptable limits, with minor fluctuations in the feed conversion ratio. Therefore, when using specific compound feeds and developing formulations for their composition, it is necessary to take into account the developmental stages and age groups of fish. The results demonstrated the nutritional and productive effects of the feeds, their influence on growth intensity, growth rate, and body weight accumulation. The comparative nutritional value and economic efficiency of the tested feeds were established, and their influence on several key metabolic processes under the conditions of the specific farm and climatic zone was substantiated.

Keywords: *rainbow trout, yearlings, Aller Aqua, Vita Fisch, compound feeds, aquaculture, feed conversion ratio, fish growth, bioremediation, probiotics, water quality, economic efficiency, growth intensity.*

Порівняльна оцінка згодовування комбікормів фірми *Aller agua* та *Vita fisch* цьогорічкам форелі в умовах ФГ "Західна рибна компанія"

В. Й. Божик✉, П. Я. Пукало, В. В. Сенечин, Д. Ф. Гуфрій

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Ґжицького, м. Львів, Україна

У роботі проведено результати, досліджень по згодовуванню комбікормів фірми Aller agua та Vita Fisch, цьогорічкам райдужної форелі Oncorhynchus mykiss, в умовах повносистемного холодноводного фермерського господарства "Західна рибна компанія" Перемишлянського р-ну, Львівської області. В процесі виконання експериментальних досліджень дотримувались нормативних вимог, щодо гідрохімічних і рибоводних показників. Постійно стежили за щільністю цьогорічок у басейнах, температурою, насиченістю киснем, pH середовищем. Дослідна робота проведена у 2 басейнах об'ємом води 12 м^3, шляхом згодовування комбікормів фірм Aller agua Польського виробництва, які виготовлені методом екструзії та вітчизняного виробництва Vita Fisch, які виготовлені методом ферментації основних складників за відповідною рецептурою для молоді форелі з введенням 2,5% преміксу. У роботі висвітлено порівняльну оцінку згодовування комбікормів Aller aqua та Vita fisch, цьогорічкам райдужної форелі які на ринку України використовуються для вирощування лососевих риб. Встановити їх поживну і продуктивну дію та вплив на інтенсивність і темп росту, накопичення маси тіла форелі, з'ясувати порівняльну економічну ефективність кормів при годівлі форелі в умовах конкретного господарства. До уваги брали залишкову кількість кормів у басейнах, забрудненість води, наявність умовно патогенних мікроорганізмів та безпечність скидних вод на екологічні показники і оточуюче середовище. Згідно аналізу згодовування комбікормів фірми Aller agua, встановлено, що за час годівлі середня маса цьогорічок з 35,2 г зросла до 62,9 г/шт, відповідно загальна маса з 63,36 кг підвищилась до 113,36 кг, за кормового коефіцієнта 1,106. По завершенні дослідів за згодовування кормів Vita fisch, з включенням у їх склад пробіотичних бактерій, є хороша перетравність, засвоєність корму та невисокий кормовий коефіцієнт 1,18, при зростанні загальної маси цьогорічок форелі від 58,7 кг до 101,6 кг, та середньої наважки з 32,6 г до 56,4 г/шт. Дані комбікорми покращують біоремедіацію і параметри якості водойм з рибою, запобігають розвитку захворювань. Аналізом поїдання кормів підтверджено зростання іхтіомаси риби та встановлено, що витрати кормів на 1 кг приросту цьогорічок райдужної форелі знаходились в оптимальних та допустимих межах, з незначними коливаннями кормового коефіцієнта. Отже використовуючи певні комбікорми та розробляючи рецепти відносно їх складу, необхідно враховувати етапи та періоди розвитку згідно до вікових груп. В процесі згодовування кормів встановлено їх поживну і продуктивну дію, вплив на інтенсивність, темп росту, накопичення маси тіла. З'ясовано порівняльну поживність і економічну ефективність застосовуваних кормів та обгрунтовано їх вплив на ряд основних метаболічних процесів в умовах конкретного господарства та кліматичної зони.

Ключові слова: *райдужна форель, цьогорічки, Aller Aqua, Vita Fisch, комбікорми, рибництво, кормовий коефіцієнт, ріст риби, біоремедіація, пробіотики, якість води, економічна ефективність, інтенсивність росту.*

Вступ

Форелівництво сьогодні серед різних напрямків аквакультури є найбільш перспективним. Тож розглядаючи його, як виробничу галузь необхідно з'ясувати та детально вивчити деякі її ключові технологічні моменти.

Вирощування форелі в умовах аквакультури є найбільш перспективним та рентабельним напрямком холодноводного рибництва. Тому розглядаючи його як прибуткову виробничу галузь в умовах конкретних господарств, необхідно детально вивчати та аналізувати умови даної кліматичної зони, якість джерела водопостачання. Важливим також є стан водойм в яких вирощується риба, оптимальна температура води для кожної вікової групи, вміст розчиненого кисню, наявності вільної вуглекислоти, водневий показник води (pH), величини загальної мінералізації, прозорість води, освітленість басейнів та ставів, відсутність токсичних речовин (сірководню, заліза), а також ефективні технології вирощування у поєднанні з механізацією виробничих процесів та інше.

Оскільки природна кормова база при вирощуванні форелі в спеціально створених водоймах не відіграє особливого значення, тож високопродуктивна робота господарства залежить саме від ефективного режиму годівлі. Тому основним завданням форелеводів є підбір таких кормовових засобів, які б найбільш повно задовольняли природні потреби форелі.

Враховуючи те, що найбільш вагомим з економічної точки зору, трудомістким та дороговартісним процесом при вирощуванні форелі в умовах холодноводної аквакультури є годівля як найбільш затратна частина, якісна і поживна цінність кормів з низьким кормовим коефіцієнтом, особливості технології їх згодовування, а далі засвоєність, прирости маси риби на певних етапах росту. Тож ключове місце для виробників якісної товарної продукції і розвиток сучасного форелевого господарства тісно пов'язаний з питаннями раціоналізації годівлі і забезпеченнями господарств повноцінними кормами. Хоча не менш важливими є роботи з гібридизації і селекції форелі (Iehorov & Fihurska, 2012; Svyrydenko, 2014).

При інтенсивному форелівництві при годівлі штучними кормами, до якості і складу яких вона дуже вибаглива, необхідно ретельно підходити до системи годівлі, вчасно розпочинати підгодівлю, що згодом дозволить ефективніше та інтенсивніше застосовувати кормові засоби (Bobel & Pivtorak, 2018; Bozhyk et al., 2023).

Також методика годівлі форелі полягає у визначенні правильного дозування корму, який безпосередньо залежить від температури водного середовища та вмісту у воді розчиненого кисню. Відповідно до віку риби вибирається розмір крупки чи гранули, що є важливим до визначення раціональної кількості згодованого корму. Відомо, що надмірна годівля призводить до неефективних витрат корму, забруднення води та неповної реалізації потенційних можливостей

швидкості росту риби.

Не лише в Україні, але й у сучасних високорозвинених країнах, таких як, Німеччина, Дінія, Польща та Туреччина постають питанням високих витрат на виробництво кормів із порівняно низькою продуктивністю та неоднозначною ефективністю виробництва. Окрім цього, основними обмежувальними чинниками у розвитку форелівництва країн сходу, таких як Індія, є неефективний маркетинг та відсутність економічно вигідної сировини (Bozhyk et al., 2023).

Більшість передових комбікормових підприємств як основу форелевих комбікормів часто використовують рибне борошно, у складі якого наявний високий вміст ω-3 поліненасичених кислот. Це джерело високоякісного білка, яке містить незамінні амінокислоти такі як: метіонін, триптофан, треонін, лізин, а також велику кількість мінеральних речовин, у тому числі фосфор, кальцій та залізо.

Вже на протязі багатьох років у склад якісних гранульованих комбікормів, включають пробіотики, що значно сприяє рівню перетравності та засвоєності поживних речовин.

Однією із не менш важливих характеристик гранульованих кормів окрім поживної цінності є їх водостійкість і збереженність первинної структури до розмивання та набухання гранул, що сповільнює перетравність кормів. На сьогоднішній день високоефективними вважають корми, які дозволяють отримати кормовий коефіцієнт на рівні 0,6–1,1.

Комбікорми, які присутні на Українському ринку та добре зарекомендували себе, такі як Aller aqua, Biomar, Scretting, Coppens та ін., зарубіжного виробництва. Перспективність використання цих кормів у годівлі форелі зумовила необхідність вивчення їх впливу на ріст, фізіологічний стан риби, кормовий коефіцієнт, харчову та біологічну цінність. Аналіз якісних та поживних цінностей, а також підбір складників дозволяють вітчизняним підприємствам наблизитись до передових світових виробників комбікормів.

Протягом останніх декількох десятиліть глобальний сектор аквакультури постійно стрімко розвивається. Одночасно зростає якість кормів для риб з поступовою зміною складників від традиційних тваринних до кормів на рослинній основі, які поряд з тваринними та біологічно-активними добавками сприяють засвоєнню рослинних білків. Труднощі постачання всіх секторів аквакультури морськими ресурсами стали основною причиною заміни тваринних компонентів на зернові та зернобобові (Iehorov & Fihurska, 2011; Bobel & Pivtorak, 2018; Bozhyk et al., 2023).

Повна заміна тваринних компонентів на рослинні, для хижих видів риб, призводить до зниження показників росту, в основному за рахунок численних антипоживних факторів та незбалансованого амінокислотного профілю. Таким чином, існує нагальна потреба в альтернативних продуктах та джерелах тваринного білка, таких як комахи, мікроорганізми, мікроводорості та дріжджі. Окрім цього, враховуючи перспективу розвитку галузі, слід відмітити високу вартість кормів, особливо іноземних виробників. Тому, товаровиробники продукції лососевих риб зацікавлені в порівняльній оцінці якості і вартості кормів при їх закупівлі (Iehorov & Fihurska, 2012; Pivtorak & Bobel, 2017; Bobel & Pivtorak, 2019).

На практиці часто важко збалансувати максимальний та оптимальний рівні годівлі, щоб уникати нераціональних витрат кормів. Тому з метою максимального приросту, бажано у конкретних господарствах досліджувати норми годівлі риби та виходити на найбільш ефективні раціони. Так як інтенсивне вирощування форелі в умовах господарств України, передбачає виробництво повноцінних якісних комбікормів шляхом максимального осучаснення технологічних прийомів виробництва, шляхом запозичення методичних підходіву іноземних виробників.

У більшості Європейських країн виробництво комбікормів для форелі здійснюється в основному за технологією екструзії основних складників корму. Цей метод виготовлення комбікормів дозволяє за допомогою екструдера в суміш компонентів вводити значну кількість жиру – до 35–40 %, а рівень розщеплення крохмалю довести до 100 %. Екструдований корм характеризується однорідністю суміші кінцевого продукту, високою водостійкістю та довготривалою збереженістю щільності гранули, що вподальшому більш ефективно засвоюється рибою з низьким кормовим коефіцієнтом та незначним забрудненям води екскрементами (Zheltov et al., 2009; Pivtorak et al., 2017).

Виробництво комбікормів для лососевих риб в Україні – це основний необхідний напрям розвитку даної галузі, проте варто зазначити, що рибне борошно, риб'ячий жир, соєвий шрот, рослинний протеїн (наприклад гороховий) – все це доводиться купувати за кордоном. Також слід відмітити, що обсяги рибного борошна, риб'ячого жиру та інших джерел протеїну в світі з кожним роком зменшуються через зниження ресурсів Світового океану, а ціни на них ростуть. Тому Фінляндія, Норвегія та інші країни з розвиненою аквакультурою ведуть активний пошук альтернативних джерел протеїну, стимулюючи наукові дослідження в цьому напрямку, на що варто звернути увагу і нам.

Визначено, що перспективним напрямком досліджень є розробка ефективних кормових раціонів та програм годівлі, які дозволять отримати максимальні прирости форелі, якісну конкурентноспроможну товарну продукцію за мінімальні терміни та затрати в процесі вирощування (Zheltov et al., 2009; Bozhyk et al., 2023).

Маючи на ринку України значну кількість високоякісних і повноцінних комбікормів, але досить дороговартісних ряду закордонних фірм, з низьким кормовим коефіцієнтом та високою ефективністю їх згодовування, ми хотіли порівняти з комбікормами вітчизняного виробництва. В процесі вирощування форелі встановити ефективність годівлі, та їх вплив на прирости маси і продуктивні показники, а також економічність їх використання в умовах інтенсивної аквакультури.

Мета досліджень

Здійснити порівняльну оцінку згодовування ком-

бікормів Aller aqua – Польского виробництва та вітчизняних кормів Vita fisch, цьогорічкам райдужної форелі які на ринку України використовуються для вирощування лососевих риб. Встановити їх поживну і продуктивну дію та вплив на інтенсивність і темп росту, накопичення маси тіла форелі, з'ясувати порівняльну економічну ефективність застосовуваних кормів при годівлі форелі в умовах конкретного господарства.

Матеріал і методи досліджень

Дослідження проводили впродовж 2024–2025 рр. на базі господарства ФГ "Західна рибна компанія" Перемишлянського р-ну, Львівської області.

Об'єктом дослідження були цьогорічки райдужної форелі (*Oncorhynchus mykiss*). Для досліджень в умовах фермерського господарства "Західна рибна компанія", методом аналогів було сформовано 2 групи по 1800 особин у кожній. Цьогорічки форелі були посаджені у басейни об'ємом 12 м^3, які розташовані на одній лінії та забезпечуються водою з одного джерела при допомозі насоса з подальшим нагнітанням в систему пластикових труб та додатковим насиченням кисню через систему аероліфта.

Контрольна група отримувала комбікорм Польського виробництва фірми Aller aqua, який задавали згідно таблиць з урахуванням маси тіла та температури води у басейнах, відповідно до розмірів гранул корму на 1 кг маси риби.

Дослідна група отримувала комбікорми вітчизняного виробництва *Vita fisch.*

Перед початком дослідного згодовування комбікормів, басейни заповнились водою на рівні 1,0 м, а далі у них висадили цьогорічок форелі. Щільність посадки райдужної форелі становила 150 шт / м^3. Вода у басейни постійно подавалась по трубопроводу із джерела, яке розташоване на території господарства, вміст кисню підтримувався на рівні 10–12 мг/л, інколи знижувався до 8 мг/л. Контроль температури води та вмісту розчиненого у воді кисню проводили щоденно при допомозі оксиметра. Контроль приросту маси форелі, проводили шляхом зважування через кожні 10 діб годівлі. Обсяг вибірки під час контрольних зважувань був в межах 1 % від загальної кількості вирощуваної риби у басейні. При виявлені загибелі риби, враховували її кількість та масу, які надалі віднімали від загальної маси з поправкою на годівлю. Виживання риби виражали поштучно та масою у відсотках (від загальної кількості дослідних риб). На початкових етапах вирощування використовували гранульовані комбікорми відповідно до вікових груп форелі за розміру гранул 2 мм, а далі згодовували гранули діаметром 3 мм. Добову норму згодованого корму розраховували з урахуванням температури води та маси форелі.

Витрати корму протягом досліду розраховували, як відношення кількості корму внесеного у басейн до одиниці приросту маси (Hrytsyniak, 2007).

$$Зк = Ев/R \quad (1)$$

де Ев – кількість внесеного корму, кг;

R – отримана продукція, кг.

Для характеристики інтенсивності росту були використані показники абсолютного, відносного і середньодобового приросту, а також коефіцієнт вгодованості риби (Hrytsyniak, 2007). Дослідження форелі здійснювали за загальноприйнятими методиками у рибництві (Yevtushenko, 2013). Морфометричну оцінку проводили шляхом вимірювання та зважування риби, яку відбирали при клінічному огляді, безпосередньо після вилову. Основні рибогосподарські дослідження були проведені за загальноприйнятими у рибництві методиками (Pivtorak & Bobel, 2017).

Результати та їх обговореня

У наших дослідженях були використані комбікорми Польского виробництва, фірми *Aller aqua* які добре збалансовані за своїм складом, широко використовуються в умовах холодноводної аквакультури за рахунок хороших приростів та отримання якісної продукції форелі. Всі корми виробник виготовляє лише з органічної сировини, вони відповідають стандартам ЄС та постійно знаходяться під ветеринарним контролем.

Також нами досліджувались корми вітчизняного виробництва *Vita fisch,* які відповідають високим потребам форелі та забезпечують плановий ріст, низький кормовий коефіцієнт, високе виживання і низький рівень забруднення водного середовища. Комбікорми виробляються шляхом ферментації основних складників, які згідно рецептури зорієнтовані на якісні показники відносно екологічності і фізіологічного стану, харчової якості вирощуваної риби, а також рентабельності виробничого процесу. Годівля цим комбікормом сприяє високим добовим приростам, без явних ознак ожиріння.

До складу комбікорму входить білкова основа яка включає в себе м'ясокісткове борошно з відходів птиці, низькотемпературне рибне борошно та гемоглобін, які пройшли попередню ферментацію. Розкладені жири у вигляді амінокислот та жирних кислот і заключені в ліпосомальну емульсію. Завдяки даній технології риби легко засвоюють поживні речовини корму не затрачаючи енергії на перетравлення жирів і білків. У склад комбікорму також включений 2,5 % премікс, який додається перед грануляцією. Рибний комбікорм для цьогорічок форелі, збалансований за вмістом поживних речовин, енергетичною цінністю та хорошою засвоєністю і розподілом в організмі риб. Згідно поживної цінності комбікорму, встановлено що вміст протеїну був на рівні 43 %, жиру 15 %, вуглеводів біля 3 %, крім того даний корм володіє високою енергетичною цінністю 23,3 – 24,6 Мдж/кг (Bozhyk et al., 2023).

Відомо також, що в сучасній інтенсивній аквакультурі основною перевагою є застосування високоякісних повноцінних сухих гранульованих кормів, які містять у своєму складі всі необхідні поживні речовини та задовольняють потреби вирощуваної риби. Крім повноцінного складу комбікорми мають високу засвоюваність і забезпечують мінімальне забруднення у вигляді екскрементів і залишків корму. Отже успішний розвиток аквакультури базується на за-

стосуванні повноцінних кормів, вартість яких становить близько 60 % від суми витрат на цей вид господарської діяльності. Проблема забезпечення повноцінними комбікормами рибних господарств є однією з головних проблем, що визначають економічну раціональність аквакультури (Iehorov & Fihurska, 2012; Pivtorak et al., 2017; Bozhyk et al., 2023).

Годівлю цьогорічок райдужної форелі у період досліджень здійснювали із рівним інтервалом, у кількості, що відповідала вимогам до певної вікової групи риб, у денний період доби.

У годівлі використовувались гранульовані комбікорми *Aller Aqua* і *Vita fisch*, із діаметром гранул у відповідності до маси риби. Склад корму і його поживність відповідали масовим показникам вирощуваної риби. Добову норму корму розраховували відповідно до загальноприйнятих методик у рибництві із врахуванням температури води і маси риби.

Перед початком зариблення, басейни добре відмили від залишків бруду за допомогою кйорхера, надалі всю поверхню обробили розчином формаліну, після підсихання внутрішню поверхню побілили вапняним розчином. Набір води провели через добу, після очищення води і провели зариблення басейнів. Періодичні санітарно-профілактичні заходи дозволили вирощування форелі проводити без видимих клінічних проявів захворювань та відхилень у поведінці вирощуваної форелі.

При вирощуванні форелі годівлю проводили за інтенсивною технологією, 4 рази протягом світлового дня доби, згідно рекомендацій виробників комбікормів, з використанням таблиць і температурних та масових показників риби. Корми ділили на кратність даванок та роздавали у басейни по площі водного дзеркала, стежачи за поїданням, щоб недопустити перегодовування риби та надлишкових витрат кормів.

Годівлю вирощуваної форелі в умовах басейна №1 здійснювали гранульованими комбікормами вітчизняного виробництва *Vita fisch*, а у басейні №2 комбікормами Польского виробництва *Aller aqua Performa* та *Silver*. В процесі годівлі аналізували витрати штучних кормів, їх поїдання, чистоту води у басейнах, осади екскрементів, прирости індивідуальної маси цьогорічок форелі, що дозволило надалі більш раціонально згодовувати комбікорми до завершення експериментальних досліджень.

Aller Performa, 2 мм, застосовували цьоголіткам форелі до досягнення ними середньої маси 40 г/шт, енеретична цінність даних комбікормів складала 21,9 МДж, вміст протеїну становив 45 %, а рівень жиру у кормах складав 20 %, також 17,9 % вуглеводів, 7,1 % золи та 1 % фосфору. Що стосується складу корму, то у нього входить пір'я та борошно з домашньої птиці, а також соняшниковий і соєвий протеїн, кукурудзяна клейковина, мука сої та рапсове масло.

Надалі годівлю переводили на корми Aller Silver, з діаметром гранули 3 мм, це продукційний корм, енергетична цінність якого складає в середньому 22,5 Мдж. Вміст вуглеводів і жиру у даному кормі на рівні 20 %, вміст протеїну складає близько 45 %, а також 7 % золи та 1 % фосфору. У склад даної рецептури комбікормів входить рибне борошно та борошно з пір'я домашньої птиці, а також риб'ячий жир, соєвий і соняшниковий протеїн, вітаміни, мінерали, боби, кукурудзяна клейковина, рапс і рапсове масло, тритікале (Pivtorak & Bobel, 2017; Bobel & Pivtorak, 2018, 2019).

Проведена науково-порівняльна оцінка згодовування форелі комбікормів: Польського виробництва фірми *Aller agua* та вітчизняного виробництва *Vita fisch*. Досліди проводились в умовах форелевого господарства ФГ "Західна рибна компанія". Перед початком досліду підібрали два бетонних басейни, об'ємом води 12 м^3. Дані басейни роздільно постачаються джерельною водою за допомогою помпи через трубопровід, з додатковим насиченням киснем за сприяння аероліфта. Важливо відмітити, що вода подавалась у басейни з розрахунку 4 – 5 л/хв, на 1 м^3, за вмісту кисню на рівні не нижче 9 – 12 мг О/л.

За період досліду з 19 липня по 27 серпня 2025 року, згодовували форелі комбікорми у басейні № 1, фірми *Vita fisch*, а у басейні № 2, корми фірми *Aller agua* (рис. 1).

Рис. 1. Експериментальні басейни у яких згодовували комбікорми

У обидва басейни було розміщено підрощених цьогорічок які вирощувались у рівноцінних умовах скловолоконних лотків, а далі утримувались у бетонному басейні за площі 36 м^2. Згодовування кормів проводились чотирма даванками упродовж світлового дня, за температури води у басейнах від 8,9 до 12,5 °С.

Протягом періоду досліджень, кожні 10 діб здійснювали контрольний відлов форелі, для клінічного огляду, зважування з встановленням середніх показників приросту маси однієї особини, а також проводились лінійні проміри. Надалі підраховували загальну масу риби у басейні і щільність навантаження на 1 м^3. Знаючи кількість згодованих комбікормів та приріст за період годівлі, обраховували кормовий коефіцієнт.

Отже басейн № 1 та № 2, зариблено 16 липня 2025 року у рівних кількостях по 1800 шт, цьогорічок форелі.

У перший басейн розміщено цьогорічок за середньої маси 32,6 г/шт, при загальній масі риби 58,7 кг, що склало відповідно 4,89 кг/м^3 басейна.

Через три доби, після адаптації форелі до басейнів, годівлю розпочали з 19 липня 2025 року. Надалі протягом 10 днів, годівлю проводили комбікормами *Vita fisch*, згідно розроблених таблиць з урахуванням маси дослідної риби і температури води у кількості 1,4% від маси форелі у басейні. Протягом 10 діб згодовано 8 кг корму, відповідно загальна маса зросла до 65,7 кг, а середня наважка становила 36,5 г/екз, при цьому кормовий коефіцієнт склав 1,14.

Наступне зважування проведено 29 липня 2025 року, за цей період часу згодовано 9 кг корму, при зважуванні загальна маса цьогорічок форелі склала 73,5 кг, а приріст загальної маси 7.8 кг, Середня наважка риби була 40,8 г/екз, при кормовому коефіцієнті 1,15

Через 10 діб 8 серпня 2025 року, під час контрольного зважування встановлено, що середня наважка форелі склала 45,3 г/екз, при згодовуванні 10 кг корму, за загальної маси риби у басейні 81,6 кг, з приростом 8,1 кг, і відповідно кормового коефіцієнта 1,23.

Через 10 діб 17 серпня 2025 року, згодовано 11,5 кг досліджуваного корму. Після контрольного зважування встановлено середню наважку 50,6 г/екз, при загальній масі цьогорічок 91,2 кг, за приросту 9,6 кг та кормового коефіцієнта 1,2.

Далі зважування проводили через 10 діб, 27 серпня 2025 року. За цей період часу згодовано 12,5 кг корму. Встановлено що загальна маса цьогорічок форелі склала 101,6 кг, за середньої наважки – 56,4 г/екз, приросту 10,4 кг та кормовому коефіцієнті 1,2.

Через 50 діб дослідів за згодовування кормів Vita fisch, загальна маса цьогорічок форелі від 58,7 кг зросла до 101,6 кг, а середня наважка з 32,6 г до 56,4 г/шт. При середньому кормовому коефіцієнті за період годівлі 1,18 та згодовано 51,0 кг корму.

У басейні № 2 теж було посаджено 1800 шт. цьогорічок форелі за середньої наважки 35,2 г/шт, загальної маси 63,36 кг. Годівлю розпочато 19 липня 2025 року кормами *Aller agua*. За 10 днів згодовано 8 кг корму. Початкове навантаження на 1 м^3 склало 5,28 кг.

Через 10 днів годівлі загальна маса склала 70,56 кг, за приросту 7,2 кг, і середньої наважки 39,2 г/шт, за кормового коефіцієта 1.11, з середнім навантаженням 5.88 кг/м^3.

Наступне дослідження проведено через 10 днів, 29. 07. 2025 року. За цей період згодовано 10 кг кормів, по 1 кг на добу. При зважуванні встановлено, що середня наважка форелі зросла до 44,2 г/шт, відповідно загальна маса форелі у басейні склала 79,66 кг, за загального приросту 9,1 кг та кормового коефіцієнта 1,09. Відповідно навантаження цьогорічок форелі склало 6,63 кг/м^3.

Знову через 10 днів зважування проведено 8 серпня 2025 року. Встановлено, що середня наважка складала 49,6 г/шт, відповідно загальна маса риби 89,26 кг, при згодовуванні 11 кг корму. При цьому приріст був 9,6 кг, а кормовий коефіцієнт 1.14, з навантаженням – 7,44 кг/м^3.

Далі зважування проведено 17. 08. 2025 року. Встановлено, що середня наважка склала 55,8 г/шт. Загальна маса форелі у басейні склала 100,56 кг, за згодовування 12,5 кг корму. Відповідно загальний приріст був 11,3 кг. Тому кормовий коефіцієнт склав 1,10, а навантаження 8,38 кг/м^3.

Наступне зважування проведено 27. 08. 2025 року. Протягом 10 днів згодовано 14 кг корму. Середня наважка склала 62,9 г/шт, відповідно загальна маса форелі 113,36 кг. При цьому приріст склав 12,8 кг, звідси кормовий коефіцієнт – 1,09, з навантаженням 9,45 кг/м^3 басейна.

Отже проводячи аналіз згодовування комбікормів виробництва фірми Aller agua встановлено, що протягом 50 днів згодовано 55,5 кг комбікорму. При цьому середня маса цьогорічок з 35,2 г зросла до 62,9 г/шт, а загальна маса риби з 63,36 кг до 113,36 кг, за середнього кормового коефіцієнта 1,106 та навантаження з 5,88 кг до 9,45 кг/м^3 басейна.

Протягом усього періоду годівлі, дослідні групи цьогорічок форелі знаходились в рівноцінних умовах шляхом створення та дотримання оптимальних і стабільних технологічних вимог до вирощування. Проаналізувавши поїдання кормів з приростами іхтіомаси риби, можна заключити, що витрати кормів на 1 кг приросту маси цьогорічок райдужної форелі були на оптимальному рівні, що показано у таблиці 1. Також хочеться зазначити, що значних коливань кормового коефіцієнта протягом всього періоду вирощування форелі відзначено не було.

Таблиця 1

Результати дослідів по згодовуванню комбікормів *Aller agua* та *Vita fisch* у виробничих умовах басейнів ФГ "Західна рибна компанія"

№ басейна	Кількість шт форелі	Середня вага 1 шт при зариблені, г	Загальна маса при зариблені,кг	Через 50 днів згодовування корму				
				Середня вага, 1 шт/г	Загальна маса форелі/кг	Згодовано корму, кг	Корм. коеф.	Назва корму
Басейн №1	1800	32,6	58,7	56,4	101,6	51,0	1,2	*Vita fish*
Басейн №2	1800	35,2	63,36	62,9	113,36	55,5	1,106	*Aller agua*

Висновки

Як відомо комбікорми і їх якісний склад впливають на метаболічні процеси в технології вирощуваних риб, інтенсивність росту та розвитку, а також якість отриманої продукції. У вітчизняному виробництві форелі науковці і виробничники постійно вивчають та аналізують якісний склад комбікормів в умовах певних виробництв, а також їх вплив на морфологічні, фізіологічні, продуктивні і економічні показники.

Значна увага приділяється питанням складу і поживності кормових сумішей в залежності від умов господарства. В першу чергу постійно стежать за температурними показниками джерела водопостачання та дотриманням оптимальних режимів кисню для певної вікової групи риб.

По завершенні дослідів за згодовування кормів *Vita fisch*, які виготовлені методом ферментації з включенням у їх склад пробіотичних бактерій, вказують на хорошу перетравність, засвоєність корму та невисокий кормовий коефіцієнт 1,18, при зростанні загальної маси цьогорічок форелі від 58,7 кг до 101,6 кг, та підвищення середньої наважки з 32,6 г до 56,4 г/шт. Дані комбікорми покращують біоремедіацію водойм з рибою, запобігають розвитку захворювань і покращення параметрів якості води.

Згідно аналізу згодовування комбікормів фірми *Aller agua*, які виготовлені шляхом еструзії, встановлено, що за час годівлі середня маса цьогорічок з 35,2 г зросла до 62,9 г/шт, відповідно загальна маса з 63,36 кг до 113,36 кг, за кормового коефіцієнта 1,106.

Провівши аналіз поїдання кормів відносно зростання іхтіомаси риби встановлено, що витрати кормів на 1 кг приросту цьогорічок райдужної форелі були в оптимальних та допустимих межах, з незначними коливаннями кормового коефіцієнта.

Тому використовуючи певні комбікорми та розробляючи рецепти відносно їх складу, необхідно враховувати етапи розвитку та вікові групи, а також періоди розвитку форелі. В процесі згодовування кормів необхідно стежити за їх поживністю і продуктивною дією, впливом на інтенсивність і темп росту, накопичення маси тіла. З'ясувати порівняльну поживність і економічну ефективність застосовуваних кормів та вивчити їх вплив на ряд основних метаболічних процесів в умовах конкретного господарства.

Отже у проведених дослідження прослідковується необхідність щодо можливості подальшого вивчення використання і впливу годівлі на різновікових груп форелі та інших об'єктів холодноводного рибництва якісними високопродуктивними комбікормами вітчизняних та закордонних фірм які присутні на ринку України в умовах аквакультури за інтенсивної форми вирощування. На сьогодні більшість високопродуктивних комбікормів виготовляється шляхом еструзії, тому прослідковується необхідність подальшого вивчення впливу годівлі всіх вікових груп лососевих та інших видів риб. Особливу увагу треба надавати комбікормам які виготовлені шляхом ферментації, з введенням в їх склад пробіотичних препаратів. Протягом згодовування вивчати морфо-функціональний стан риби, темп росту, а також товарно-якісні показники рибопродукції в умовах ставового та аквакультурного вирощування.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів.

References

Bobel, I. Y., & Pivtorak, J. I. (2018). Strategy for trout feeding with Aller aqua feeds. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 20(84), 88–92. DOI: 10.15421/nvlvet8416 (in Ukrainian).

Bobel, I. Y., & Pivtorak, J. I. (2019). Morphometric estimation of Rainbow Trout for feeding Aller Aqua and Aquafeed Fischfutter. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 21(90), 21–25. DOI: 10.32718/nvlvet-a9004 (in Ukrainian).

Bozhyk, V., Kychun, I., & Yaninovych, J. (2023). The technology of growing rainbow trout in the conditions of PE "Western Fish Company" by feeding Vita Fisch compound feed. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 25(99), 200–205. DOI: 10.32718/nvlvet-a9933 (in Ukrainian).

Iehorov, B. V., Fihurska, L. V. (2011). Osoblyvosti vyrobnytstva ta zghodovuvannia kombikormiv dlia ryb. Materialy mizhnarod. konferentsii «Kombikormy», 1- 2 chervnia 2010 r. K., 23–26 (in Ukrainian).

Iehorov, B. V., & Fihurska, L. V. (2012). Osoblyvosti formuvannia retseptiv kombikormiv dlia foreli. Zernovi produkty i kombikormy, 1, 13–18 (in Ukrainian).

Grynevych, N., Sliusarenko, A., Dyman, T., Sliusarenko, S., Gutyj, B., Kukhtyn, M., Hunchak, V., & Kushnir, V. (2018). Etiology and histopathological alterations in some body organs of juvenile rainbow trout Oncorhynchus mykiss (Walbaum, 1792) at nitrite

poisoning. Ukrainian Journal of Ecology, 8(1), 402–408. DOI: 10.15421/2018_228.

Hrytsyniak, I. I. (2007). Naukovo-praktychni osnovy ratsionalnoi hodivli ryb. K.: Rybka moia (in Ukrainian).

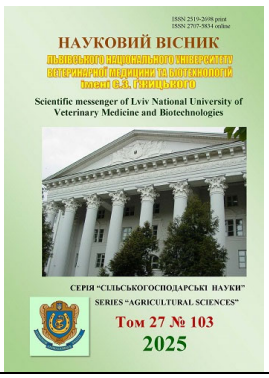
Zheltov, Yu. O., Borbat, M. O., & Bezkrovna, N. I. (2009). Rezultaty vyroshchuvannia raiduzhnoi foreli na kombikormakh iz zmenshenym vmistom rybnoho boroshna. Rybohospodarska nauka Ukrainy, 4, 85–89 (in Ukrainian).

Pivtorak, J. I., & Bobel, I. Y. (2017). Intensity of growth and development of rainbow trout using feeds Aller Aqua and Aquafeed Fischfutter. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 19(79), 73–77. DOI: 10.15421/nvlvet7915 (in Ukrainian).

Pivtorak, Ya. I., Bobel, I. Yu., & Bozhyk, O. V. (2017). Perspektyvy vykorystannia kormiv «Aller aqua» u zhyvlenni raiduzhnoi foreli. Naukovyi visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu veterynarnoi medytsyny ta biotekhnolohii imeni S. Z. Gzhytskoho. Seriia: Silskohospodarski nauky, 19(74), 95–98. DOI: 10.15421/nvlvet7421 (in Ukrainian).

Svyrydenko, N. P. (2014). Metodychni vkazivky do vykonannya laboratomyx robit z dyscypliny Rozvedennya ta selekciya ryb dlya studentiv OKR “Bakalavr” napryamu 6.090201 “Vodni bioresursy ta akvakultura” (in Ukrainian).

Yevtushenko, M. Y. (2013). Metodyka doslidzhen u rybnytstvi. Metodychnyi posibnyk dlia pidhotovky bakalavriv za spetsialnistiu 6.090201 – “Vodni bioresursy ta akvakultura” (in Ukrainian).



Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького. Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences

ISSN 2519–2698 print
ISSN 2707-5834 online
doi: 10.32718/nvlvet-a10343
https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture

UDC 636.085.4:547.466.1

Methionine metabolism and the effectiveness of its use as a feed additive

O. O. Korytko✉

Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, Lviv, Ukraine

Article info

Received 16.09.2025
Received in revised form 16.10.2025
Accepted 17.10.2025

Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv, Pekarska Str., 50, Lviv, 79010, Ukraine.
Tel.:+38-096-256-00-84
E-mail: olenaop0205@ukr.net

Korytko, O. O. (2025). Methionine metabolism and the effectiveness of its use as a feed additive. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 27(103), 349–357. doi: 10.32718/nvlvet-a10343

A summary of the main aspects of the properties and practical application of methionine, which are usually covered in monographs and scientific papers on this topic, is presented. The issue related to the metabolism of methionine in the mammalian body, its properties, and practical application is relevant. Methionine (Met, Met) is an essential sulfur-containing L-α-amino acid that plays a key role in protein synthesis and many biological processes. The most important metabolic function of methionine is its conversion to S-adenosylmethionine (SAM), which is the main biological donor of the methyl group (-CH3). The key element of the methionine molecule is sulfur, which, together with the methyl group, is crucial for its structural and metabolic functions. Methionine is needed to build molecules important for the functioning of cells and DNA, is a component of most proteins, and is used to synthesize various compounds: creatine, choline, adrenaline, cyanocobalamin, folic acid, and polyamines. In mammals, methionine is a precursor in the biosynthesis of cysteine, another sulfur-containing amino acid. Cysteine is used to synthesize glutathione (GSH), an important cellular antioxidant and detoxifying compound. Methionine stimulates the synthesis of glutathione, helps increase its intracellular concentration, and therefore has an antioxidant and detoxifying effect, protects the liver from damage, and helps restore its functions and strengthen immunity. Methionine plays a key role in metabolism, better assimilation of proteins and fats in feed, and increases the productivity of animals and poultry. Intensive growth is possible with an optimal level of methionine in the diet, and its deficiency causes growth retardation, a decrease in live weight, reduces the use of feed nitrogen, disrupts the normal course of a number of biochemical processes and physiological functions. The article presents the results of our own research on the effect of feeding broiler chickens a diet supplemented with a peat-based biosubstrate with an appropriate methionine content on the growth and development of birds, live weight gains and product quality. Feeding broiler chickens a biosubstrate obtained by incubating peat with sodium sulfate (0.3% of the peat mass) in an appropriate dose during the fattening period as a feed supplement to the main diet improved the growth and development of birds during the fattening period, provided higher live weight gains and higher product quality.

Keywords: *methionine, metabolism, essential amino acids, synthesis, proteins, methyl group, vitamin B_{12}, antioxidants, microorganisms, broiler chickens, live weight gain.*

Обмін метіоніну і ефективність його застосування в якості кормової добавки

О. О. Коритко✉

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Ґжицького, м. Львів, Україна

Представлено узагальнення основних аспектів властивостей і практичного застосування метіоніну, які зазвичай висвітлюються в монографіях та наукових роботах з цієї тематики. Питання, пов'язане з метаболізмом метіоніну в організмі ссавців, його властивостями, практичним застосуванням, є актуальним. Метіонін (Met, Met) — це незамінна сірковмісна L-α-амінокислота, яка відіграє ключову роль у синтезі білка і багатьох біологічних процесах. Найбільш важлива метаболічна функція

метіоніну – перетворення на S-аденозилметіонін (SAM), який є основним біологічним донором метильної групи (-CH_3). Ключовим елементом молекули метіоніну є сірка, яка разом з метильною групою має вирішальне значення для його структурних та метаболічних функцій. Метіонін потрібний для побудови молекул, важливих для функціонування клітин та ДНК, входить до складу більшості білків, використовується для синтезу різних сполук: креатину холіну, адреналіну, ціанкобаламіну, фолієвої кислоти, поліамінів. У ссавців метіонін попередник в біосинтезі цистеїну – іншої сірковмісної амінокислоти. Цистеїн використовується для синтезу глютатіону (GSH) – важливого клітинного антиоксиданту та детоксикуючої сполуки. Метіонін стимулює синтез глютатіону, сприяє підвищенню його внутрішньоклітинної концентрації, тому має антиоксидантний та детоксикуючий вплив, захищає печінку від пошкоджень і сприяє відновленню її функцій, зміцненню імунітету. Метіоніну належить ключова роль в обміні речовин, кращому засвоєнні білків та жирів корму, підвищенні продуктивності тварин і птиці. Інтенсивний ріст можливий за оптимального рівня метіоніну в раціоні, а його нестача викликає затримку росту, зниження живої маси, зменшує використання азоту корму, порушує нормальний перебіг ряду біохімічних процесів і фізіологічних функцій. У статті наведено результати власних досліджень з вивчення впливу згодовування курчатам-бройлерам раціону, доповненого біосубстратом, одержаним на основі торфу, з відповідним вмістом метіоніну, на ріст і розвиток птиці, прирости живої маси і якість продукції. Згодовування біосубстрату, одержаного інкубуванням торфу зі сульфатом натрію (0.3% від маси торфу) у відповідній дозі курчатам-бройлерам протягом відгодівельного періоду в якості кормової добавки до основного раціону покращило ріст і розвиток птиці за період відгодівлі, забезпечило вищі прирости живої маси і вищу якість продукції.

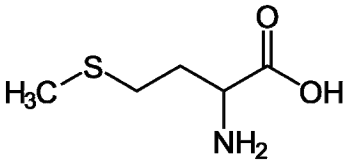
Ключові слова: *метіонін, метаболізм, незамінні амінокислоти, синтез, білки, метильна група, вітамін B_{12}, антиоксиданти, мікроорганізми, біосубстрат, курчата-бройлери, прирости живої маси.*

Вступ

Метіонін (скор. Met, Мет, від грецьк. mɪˈθaɪəniːn methy – метил і theion – сірка), незамінна сірковмісна L-α-амінокислота, яку організм ссавців та птиці не синтезує, а тому вона обов'язково повинна надходити з раціоном. Входить до складу більшості білків, ферментів та майже всіх тканин і є важливою складовою раціону хребетних. Метіонін – важливе джерело сірки в організмі, а також попередник інших сірковмісних амінокислот. Як протеїногенна амінокислота, метіонін відіграє ключову роль у синтезі білка, має вирішальне значення для різних метаболічних функцій організму, включаючи енергетичний обмін, підтримку окисно-відновного балансу та модифікацію метилювання. Метіонін бере участь у диференціації клітин, розвитку тканин, використовується для побудови молекул, важливих для функціонування клітин та ДНК. Основний метаболіт метіоніну, S-аденозилметіонін (SAM), бере участь у процесі метилювання ДНК, РНК, ліпідів, гістонів та інших білків (Ma et al., 2025). Метіонін необхідний для синтезу креатину і карнітину, холіну, адреналіну, ціанкобаламіну, аскорбінової і фолієвої кислот, засвоєння, транспортування та біодоступності цинку та селену в організмі (Brosnan et al., 2007). Багато рослинних білків бідні на метіонін.

Результати та їх обговорення

Вперше метіонін виділив американський біохімік і бактеріолог Джон Говард Мюллер (1922 р.) при вивченні факторів росту стрептокока, припустивши помилку у визначенні молекулярної формули амінокислоти. У 1925 р. японський дослідник Сатору Одаке виправив формулу амінокислоти і запропонував назвати речовину з хімічною формулою $CH_3S(CH_2)_2CH(NH_2)COOH$ "метіоніном". Інша назва цієї амінокислоти 2-аміно-4-(метилтіо)бутанова або α-аміно-γ-метилтіомасляна кислота. У 1928 році хіміки Г. Барджер і Ф. П. Койн остаточно встановили хімічну структуру метіоніну, здійснивши її синтез.



Метіонін є неполярною аліфатичною амінокислотою, молекула якої містить карбоксильну групу (депротоновану форму $-COO^-$ за біологічних умов pH) і аміногрупу (в протонованій формі $-NH^{+3}$ за біологічних умов pH), розташовану в α-положенні відносно карбоксильної групи. Сірка є центральним атомом S-метилтіоефіру, в якому метильна група (CH_3-) ковалентно зв'язана з атомом сірки. Така структура метіоніну пояснює його назву: метильна група і сірка мають вирішальне значення для його структурних та метаболічних функцій. Неполярний бічний ланцюг (CH_3–S–CH_2–CH_2–) зумовлює гідрофобність метіоніну, тому амінокислота завжди знаходиться всередині молекули білка (Finkelstein, 1990; Brosnan et al., 2007).

Унікальна роль метіоніну в структурі та функціях білків пов'язана з ініціацією синтезу білка, окисненням сірки та гідрофобністю. Порівняно з іншими амінокислотами, метіонін відіграє особливо важливу біосинтетичну роль, служить ініціатором синтезу практично всіх еукаріотичних білків, який кодується кодоном AUG (Brosnan et al., 2007; Colovic et al., 2018).

Високий рівень метіоніну можна знайти в яйцях, м'ясі та рибі; насінні кунжуту, бразильських горіхах, зернових та деяких інших рослинних культурах. Більшість фруктів та овочів містять його дуже мало. Більшість бобових, хоча й містять багато білка, мають низький вміст метіоніну.

Рівень метіоніну в організмі, отриманого з раціону, може суттєво впливати на його клітинний метаболізм. Цей процес стосується низки клітинних функцій, включаючи реакції метилювання, підтримку окисно-відновних процесів, синтез поліамінів та зв'язаних з метаболізмом фолатів (Sanderson et al., 2019). Метаболізм метіоніну починається з його активації до S-аденозилметіоніну (SAM), який утворюється за участю кінцевої метильної групи

метіоніну та високоенергетичної сполуки – АТФ (аденозинтрифосфату). S-аденозилметіонін (активний метіонін) містить метильну групу (-CH_3), яку метилтрансферази використовують для метилування різних субстратів у процесах ферментативного метилювання. SAM як основний клітинний донор активної метильної групи, є незамінним в утворенні різних гормонів, нейромедіаторів та інших критично важливих молекул організму людини і тварин (Courtney-Martin & Pencharz, 2016; Parkhitko et al., 2019). Катаболізм метіоніну та синтез відбувається завдяки взаємопов'язаним та строго регульованим механізмам.

Важлива роль метіоніну або його похідних пов'язана з фундаментальними біологічними процесами, які включають залежні від S-аденозилметіоніну численні реакції трансметилювання; утворення поліамінів спермідину та сперміну; синтез цистатіоніну, цистеїну та інших метаболітів шляху транссульфурації. Як проміжний продукт у метаболізмі метіоніну утворюється гомоцистеїн – сірковмісна амінокислота, ключовий метаболіт метіоніну (не входить до складу білків). Гомоцистеїн необхідний для метаболізму внутрішньоклітинних фолатів та катаболізму холіну (Finkelstein, 1990; Grimble & Grimble, 1998; Brosnan & Brosnan, 2006), сприяє синтезу глутатіону та підтримує окисно-відновний гомеостаз шляхом транссульфурації. Гомоцистеїн, поліаміни та SAM, 5-метилтіоаденозин (MTA) сприяють ендогенному синтезу метіоніну (Finkelstein & Martin, 1986; Ma et al., 2025). Шляхом реметилювання гомоцистеїн може бути перетворений до метіоніну, що відбувається за участі B_{12}-залежного ензиму метіонінсинтетази. Донором метильної групи в цій реакції є 5-метилтетрагідрофолат, який утворюється в фолатному циклі (Yurchenko, 2016).

Найважливішими реакціями метилювання за участю метіоніну є утворення холіну, етаноламіну, карнозину, норадреналіну, нікотинаміду, ансерину, адреналіну. В організмі існує тісний зв'язок між обміном метіоніну, фолієвої кислоти та вітаміну B_{12}, через синтез, перенесення і використання метильних груп. Шляхом метилювання метіонін знешкоджує деякі токсичні речовини, позитивно впливає на стан нирок, знижує токсичність багатьох отруйних речовин, сприяє відновленню функцій печінки, створенню неорганічної сірки у організмі (Bohdan, 2013).

Тривалі дослідження властивостей метіоніну показують, що його використання виходить за рамки простого ініціювання синтезу білка. Встановлено низку властивостей метіоніну, які розширюють його роль у білках та клітинах, що є наслідком включення атома сірки амінокислотою, а також у стабільності внутрішньоклітинних білків (Zauhar et al., 2000).

В обміні речовин метіонін тісно пов'язаний з іншими амінокислотами. У ссавців метіонін – джерело сірки в біосинтезі іншої сірковмісної амінокислоти – цистеїну. Виявлено, що метіонін має спільні функції з цистеїном, зокрема, антиоксидантні, стабілізуючі та клітинно-білкові модуляторні. Цистеїн, завдяки своїй здатності утворювати дисульфідні зв'язки, відіграє вирішальну роль у структурі білків та їх згортанні, а також може перетворюватися на сірковмісну амінокислоту L-таурин (продукт катаболізму цистеїну), використовуватися як ключовий елемент глютатіону (GSH). Глютатіон, або γ-глутамілцистеїнілгліцин – трипептид, важливий клітинний антиоксидант та детоксикуюча сполука (Brosnan & Brosnan, 2006; Nimni et al., 2007), синтезується з амінокислот, які входять до його складу, шляхом послідовної дії γ-глутамілцистеїнсинтетази та GSH-синтетази (Ditscheid et al., 2005). L-Метіонін як попередник L-цистеїну дозволяє підтримувати рівень GSH в умовах, які могли би зумовити виснаження GSH та цитотоксичність (Griffith, 1999), сприяє підвищенню внутрішньоклітинної концентрації глютатіону, а отже і антиоксидантному захисту клітин та окисно-відновній регуляції. Результати досліджень свідчать, що зниження антиоксидантної активності метіоніну пов'язане зі старінням клітин та деякими захворюваннями (Levine et al., 1996; Gabbita et al., 1999).

Метіонін служить модулятором клітинної активності під час оксидативного стресу і запобігає подальшому пошкодженню клітин. Завдяки цьому цистеїн може підмінити функції метіоніну у стабілізації білка, окисно-відновній сигналізації та антиоксидантній функції. Таким чином, метіонін, крім ініціації синтезу білка, також діє як важливий антиоксидант зменшує оксидативний стрес у клітинах, є потужним регулятором ферментативної активності та виконує низку життєво важливих захисних функцій у клітинах (Savino et al., 2022). Нестача сірковмісних амінокислот порушує синтез глутатіону більшою мірою, ніж синтез білка в печінці, а отже і антиоксидантний захист. Функціонування Т-клітин залежить від внутрішньоклітинної концентрації глутатіону, а також може залежати від недостатності сірковмісних амінокислот (Grimble & Grimble, 1998).

Через ряд перетворень з метіоніну утворюється цистин – дисульфід цистеїну. Тому метіонін може замінювати цистин у синтезі білка (Bohdan, 2013). У дослідах на щурах встановлено, що цистин може замінити у раціоні до 70 % потреби в метіоніні (Finkelstein & Martin, 1984).

Більшість залишків метіоніну, особливо в глобулярних білках, часто заховані в гідрофобному ядрі, а частина амінокислотних залишків перебуває на поверхні білків. Ці залишки розглядаються як ендогенні антиоксиданти в білках завдяки їхній схильності до окиснення, що захищає решту білка. В окисно-відновному циклі відкриті залишки метіоніну поглинають активні форми кисню і окиснюються до метіонінсульфоксиду. Ферментний пептид, метіонінсульфоксидредуктаза (MsrA), перетворює метіонінсульфоксид назад до метіоніну, який знову здатний поглинати оксидант (Gabbita et al., 1999; Brosnan et al., 2007). Це стабілізує структуру білка або може служити регуляторним "перемикачем" для контролю функції білка. MsrA відповідає за

відновлення метіонінсульфоксиду in vivo, а також in vitro в еукаріотичних клітинах. Результати досліджень підтверджують припущення, що MsrA має антиоксидантну функцію. Здатність MsrA відновлювати оксидативні пошкодження in vivo може мати виняткове значення, якщо залишки метіоніну служать антиоксидантами (Moskovitz et al., 1997). Порушення активності ферменту та подальше накопичення залишків метіонінсульфоксиду пов'язують зі старінням, нейродегенерацією та скороченням тривалості життя (Levine et al., 1996; Brosnan & Brosnan, 2006).

Метіонін та цистеїн – це дві канонічні протеїногенні сірковмісні амінокислоти, які входять до складу білка, сприяють цілісності клітинних систем, впливають на їх окисно-відновний стан та здатність знешкоджувати токсичні сполуки, вільні радикали та активні форми кисню. Ці сполуки проявляють вплив на клітинний пул органічної сірки та гомеостаз сірки, є частиною клітинної антиоксидантної системи, відіграють важливу роль у підтримці нормальних клітинних функцій та здоров'я. Генетичні дефекти ферментів, що регулюють пули сірки, є причиною різноманітних патологій людини, включаючи гомо- та цистинурію, гомо- та цистеїнемію. Тіоловий дисбаланс зумовлює захворювання судин, хворобу Альцгеймера, ВІЛ та рак (Townsend et al., 2004).

У процесі метаболізму метіоніну та цистеїну утворюється не менше двох десятків проміжних і кінцевих продуктів. Для здійснення деяких біохімічних перетворень необхідна сірка, яку містять сірковмісні амінокислоти, і без якої ці перетворення були би неможливі. Метаболізм метіоніну ініціюється утворенням S-аденозилметіоніну, сульфонієвої сполуки, в якій кожен з атомів вуглецю, приєднаний до сірки, активується до нуклеофільної атаки. Сірка цистеїну, який синтезується ссавцями, походить від метіоніну (Griffith, 1987).

Сірковмісні амінокислоти можуть бути хелатуючими агентами для важких металів, забезпечують їх виведення, тому ці амінокислоти можна застосовувати під час хелатної терапії. Природні сірковмісні ліганди є ефективними та безпечними детоксикуючими агентами, які часто використовуються для запобігання впливу токсичних іонів металів та їх накопичення в організмі людини, а також діють як антиоксидантні агенти проти вільних радикалів. Описано захисну дію сірковмісних лігандів проти токсичної дії іонів важких та перехідних металів, а також їхню реактиваційну роль у пригніченні ферментів (Colovic et al., 2018).

Опосередковано метіонін бере участь в обміні ліпідів. Нестача метіоніну стримує утворення лабільних ліпопротеїдних комплексів, порушує синтез холіну та транспорт ліпідів із печінки у кров. Як ліпотропна речовина метіонін перешкоджає ожирінню печінки, регулює та нормалізує жировий обмін (Bohdan, 2013).

Метіонін сприяє прискоренню росту, тому широко використовується для виготовлення комбікормів та преміксів у свинарстві, птахівництві і при відгодівлі ВРХ. Дослідження показали, що додавання лише одного метіоніну до раціону тварин збільшувало темпи росту тварин подібно до тих, яких годували раціонами з додаванням цистеїну і метіоніну. Цистеїн здатний замінити метіонін у всіх функціях, за винятком ініціації синтезу білка, може компенсувати нестачу метіоніну в раціоні і забезпечити нормальні темпи росту тварин. Фізіологічні потреби в цистеїні можуть бути задоволені за рахунок цистеїну з раціону або надлишку метіоніну з раціону. Перетворення сірки метіоніну на цистеїнову становить 100 %. Метіонін повністю здатний забезпечити потребу організму у сірці, за винятком вітамінів тіаміну та біотину, які також містять сірку у своєму складі (Nimni et al., 2007; Savino et al., 2022).

Предметом численних досліджень є вивчення пливу різних джерел метіоніну на показники продуктивності тварин і птиці. Для збагачення раціонів широко використовують як синтетичний, так і природний метіонін. Синтетичний метіонін часто додають тваринам до кормів на основі сої (соєвого шроту) та інших раціонів для покращення харчового профілю. Соя – цінне джерело рослинного білка, що забезпечує більшість незамінних амінокислот. Однак харчова якість соєвого білка обмежена низькою концентрацією метіоніну, яка є першою лімітуючою амінокислотою у ньому, лімітує повне використання інших амінокислот цього білка (Baker & Boebel, 1980; Petrychenko et al., 2008). Останнім часом роль важливої форми L-метіоніну в дієтичних добавках займає SAM (Bohdan, 2013).

Метіоніну належить ключова роль в обміні речовин, рості та розвитку птиці, кращому засвоєнні білків та жирів корму, покращенні продуктивності. Інтенсивний ріст птиці можливий за оптимального рівня метіоніну в раціоні, що покращує ефективність використання корму. Метіонін ініціює синтез білків, які впливають на формування і ріст м'язової маси бройлерів. Встановлено, що використання комбікормів із вмістом синтетичного метіоніну 0,50 % у перший період (1–10 діб) вирощування курчат-бройлерів (крос Кобб-500), 0,48 % – у другий (11–22 доби) та 0,47 % – у третій (23–42 доби) період забезпечує збільшення продуктивності птиці на 1,4–3,4 % за витрат кормів на 1 кг приросту живої маси – 1,853 кг. Нестача метіоніну у раціоні молодняку птиці викликає затримку росту, зниження живої маси, зменшує використання азоту корму, порушує нормальний перебіг ряду біохімічних процесів і фізіологічних функцій (Ibatullin et al., 2013).

Результати досліджень на молодняку кролів показали, що оптимальний вміст метіоніну у повнораціонних комбікормах для цих тварин віком 45–60, 61–90 та 91–120 діб становив відповідно 0,70, 0,7 та 0,75 %, що сприяло підвищенню їх передзабійної маси на 0,93–4,93 %; 2,14–7,98 % та 2,18–8,01 %, відповідно (Bohdan, 2013).

Раціон птиці завжди доповнюють метіоніном/цистеїном для посилення росту. Додавання суміші метіоніну та цистеїну до раціону курчат, дефіцитного на сірку і сірковмісні амінокислоти, пришвидшує ріст та ефективність

годівлі більшою мірою, ніж будь-яка інша добавка. Сульфат сприяв покращенню продуктивності так само, як будь-яке протестоване джерело сірки, зокрема, таурин, сульфіт, тіосульфат та сірка (Anderson et al., 1975).

У курей-несучок із збільшенням живої маси зростає маса яєць, де переважає білкова частина. Нестача сірковмісних амінокислот у курей часто супроводиться розкльовуванням і канібалізмом. Для нормального білкового живлення курей необхідно нормувати в комбікормі незамінні амінокислоти, забезпечити оптимальний вміст лімітуючих амінокислот, які визначають використання всіх інших. Продуктивність дорослої птиці та швидкість росту молодняку визначається нестачею лімітуючої амінокислоти, а не загальним рівнем надходження протеїну. Дослідженнями встановлено, що рівень та співвідношення метіоніну і треоніну у комбікормах курей впливають на їх продуктивність та якість інкубаційних яєць (Ibatullin et al., 2013).

Проведено дослідження з метою вивчення впливу метіоніну до раціонів бройлерів на ріст м'язів, регуляцію молекулярних шляхів, пов'язаних із синтезом та деградацією білка, залежно від джерела метіоніну. Добових бройлерів-самців породи Cobb-500 вигодовували трьома різними базовими раціонами на основі пшенично-соєвого шроту протягом 1–10, 11–21 та 22–35 днів. Базові раціони (група Met, концентрація Met+Cys на 15 % нижча за рекомендації NRC) доповнювали 0,10 % та 0,40 % Met або у формі DL-Met (DLM), або DL-2-гідрокси-4-(метилтіо)бутанової кислоти (DL-HMTBA). Вага грудних м'язів була нижчою в групі з базовим раціоном порівняно з усіма групами, які отримували добавку Met, і у групі з добавкою 0,10 % DL-HMTBA, порівняно з іншими дослідними групами. Отримано дані, які вказують на те, що синтез білка не зазнав впливу на молекулярному рівні (Zeitz et al., 2019).

Білки без достатньої кількості метіоніну є повноцінними. Різні джерела метіоніну мають різний вплив на живу масу та прирости тварин. У годівлі тварин застосовують препарати синтетичного метіоніну. Це високо очищений препарат, де масова частка речовини L-метіоніну складає не менше 98,5 %. Рацемічний метіонін (DLM), синтетичне джерело (часто використовують в комбікормах для бройлерів) – суміш з 50 % L-метіоніну (засвоювана форма) та 50% D-метіоніну (стає доступною тільки після біологічної трансформації). При вивченні впливу згодовування молодим курчатам соєвого білку з дефіцитом сірки та сірковмісних амінокислот або раціонів з кристалічними амінокислотами для оцінки відносної ефективності D - та L-ізомерів метіоніну та 2-гідрокси-4-(метилтіобутирату)Ca(OH-метіоніну), встановлено, що DL-метіонін за реакцією є ближчим до L-, ніж до D-метіоніну (Baker & Boebel, 1980).

L-метіонін застосовують для профілактики рецидивних інфекцій сечовивідних шляхів, спричинених підкисленням сечі. Відмічається значне підвищення ниркової екскреції метіоніну та гомоцистеїну під час прийому L-метіоніну. Оптимальне додавання вітамінів, особливо фолієвої кислоти, може запобігти такому збільшенню (Grimble & Grimble, 1998). Однак, високе споживання метіоніну з раціоном підвищує рівень гомоцистеїну в плазмі, незважаючи на достатнє споживання вітамінів групи B (Nimni et al., 2007). DL-метіонін додають до кормів для домашніх тварин для нейтралізації запаху сечі, профілактики утворення каменів у нирках і сечовому міхурі собак (Park, 2020), лікування захворювань кішок, свиней, коней.

Результати низки досліджень з вивчення впливу харчування білком та сірковмісними амінокислотами на продукцію волокна британськими кашеміровими козами та ангорськими козами показали постійне збільшення виходу та діаметру волокна у ангорських кіз, які отримували якісні білкові добавки або метіонін, захищений від розкладу у рубці. Додавання метіоніну у раціон позитивно впливало на вихід кашеміру. Результати дослідження in vitro показали, що метіонін може підтримувати ріст кашемірового волокна за відсутності цистеїну та цистину (Galbraith, 2000).

Відмічено вплив раціону, доповненого метіоніном, на твердість рогу корів голштинсько-фризької породи. Телиць годували протягом усієї вагітності контрольним раціоном та раціоном, доповненим метіоніном (5–6 г/день) або 25 мг мелатоніну. Встановлено, що дієтичні добавки спричинили значні відмінності щодо твердості рогу, які були пов'язані з вищими концентраціями цистеїну та нижчими концентраціями метіоніну у зразках рогу (Galbraith et al., 2006).

Проведено дослідження на лактуючих коровах голштинської породи для вивчення впливу згодовування гідроксианалогу метіоніну разом з основним раціоном на темпи росту копит. Вимірювання проводили протягом чотирьох періодів: літо-осінь, осінь-зима, зима-весна та весна-літо. Корови, яких годували протягом 11 місяців гідрокси-аналогом метіоніну, мали менше цистеїну та проліну в копитах, ніж контрольні корови, та більше метіонінлізину, тирозину та глутамінової кислоти, що свідчить про зменшення дисульфідних зв'язків в тканині копит. Такі корови виробляли більше молока, молочного жиру та молока з корекцією на 4 % жиру, ніж контрольні (Clark & Rakes, 1982).

Додавання 0,5 % D- або L-метіоніну чи L-цистеїну до раціону щурів, що містив 1 % парацетамолу, відновлювало затримку росту. Додавання L-метіоніну до питної води було також ефективним, на відміну від D-цистеїну і сульфату натрію. D- та L-метіонін попереджував токсичну дію парацетамолу (McLean et al., 1989).

Сірковмісні амінокислоти (САК) мають складний метаболічний шлях і привертають все більшу увагу завдяки таким метаболітам як гомоцистеїн, який синтезується з метіоніну; глутатіону, який синтезується з цистеїну; сірководню (H_2S), який виробляється ендогенно з цистеїну і є важливою сигнальною молекулою. Утворення цих метаболітів залежить від споживання метіоніну та цистеїну з раціоном. Важливим прогностичним маркером серцево-судинних захворювань є

гіпергомоцистеїнемія, а рівень GSH – важливого внутрішньоклітинного антиоксиданту пов'язаний з поганим прогнозом при захворюваннях, тоді як H_2S бере участь у регуляції артеріального тиску, серцевій функції, нейромодуляції, запаленні, клітинній енергетиці та апоптозі. Надмірне споживання метіоніну, донора метильної групи в метилюванні ДНК, пов'язане з ростом раку (Courtney-Martin & Pencharz, 2016).

Метіонін бере участь у диференціації клітин, розвитку тканин, функції органів та прогресуванні ожиріння та раку. Результати досліджень показали, що більшість ракових клітин мають підвищену потребу в метіоніні, що є поширеним явищем метаболічного перепрограмування. Ракові клітини не можуть вижити без метіоніну через зупинений клітинний цикл та посилений апоптоз, навіть за умови додавання гомоцистеїну (Ma et al., 2025). Нормальні клітини відносно стійкі до екзогенного обмеження метіоніну, проте багато видів ракових клітин та первинні пухлини людини абсолютно потребують цю амінокислоту. Вивчення терапевтичного ефекту дієти без метіоніну або повної парентеральної годівлі тварин без метіоніну показало регресію різних пухлин. Експериментальні результати трьох останніх десятиліть свідчать про те, що обмеження метіоніну може сприяти лікуванню раку, особливо у поєднанні з хіміотерапією (Cellarier et al., 2003). Сірковмісні амінокислоти можна застосовувати для захисту від ряду побічних ефектів певних протипухлинних засобів (Rosic et al., 2016).

Внаслідок іонізуючого випромінювання утворюються шкідливі активні форми кисню, які пошкоджують клітини та ведуть до їх загибелі. Механізми надзвичайної стійкості до іонізуючого випромінювання, яка є наслідком захисту критично важливих білків від окиснювальної інактивації, виявлено у Deinococcus radiodurans. Встановлено, що невеликі пептиди, які містять гістидин і метіонін, забезпечують ферментам захист від інактивації іонізуючим випромінюванням. Синтезовано гексапептид His-Met-His-Met-His-Met, який забезпечує значно підвищений захист від опромінення (Berlett & Levine, 2014).

При культивуванні клітини HL60 на середовищі з метіоніном або тіолактоном L-гомоцистеїну і 5-метилтетрагідрофолатом або птероїлглутаміновою кислотою встановлено, що у середовищі з тіолактоном L-гомоцистеїну, 5-метилтетрагідрофолатом та діалізованою сироваткою ціанокобаламін викликав загибель клітин. Метіонін повністю захищав клітини від ціанокобаламіну протягом культивування до 4 місяців. Модель є цінною для дослідження біохімічної патології гемопоезу з дефіцитом вітаміну B_{12} (Matthews, 1997).

Екологічні та клітинні фактори стресу можуть порушувати гомеостаз білків, їх правильне згортання і структуру. Цистеїн і метіонін білків особливо чутливі до окиснення активними формами кисню та хлору. У процесі еволюції бактерії, життєдіяльність яких зазнає впливу широкого спектру мінливих умов, набули складних систем для підтримки структури та функції білка. Стреси навколишнього середовища можуть викликати агрегацію білків як наслідок порушень гомеостазу. Внаслідок оксидативного стресу залишки метіоніну перетворюються на метіонінсульфоксид (Met-O). Усі живі клітини мають складну мережу систем відновлення, що контролюють окисно-відновний стан схильних до окиснення аміноацильних залишків. Система метіонінсульфоксидредуктаз Msr є своєрідним центром контролю якості білка, зберігає функції білка під час оксидативного стресу завдяки координації з мережами шаперонів – білків, які допомагають іншим білкам правильно згортатись, сприяють захисту, запобігаючи агрегації, яка веде до втрати функції, що погіршує клітинні функції. Накопичення білкових агрегатів пов'язують зі старінням та іншими патологіями у еукаріотів, а у бактерій – зі змінами швидкості росту, стійкості до стресу та вірулентності (Schramm et al., 2020; Aussel & Ezraty, 2021).

Метіонін білків, перетворюючись на метіонінсульфоксид, викликає втрату біологічної активності білка. S-(ліві) та R- (праві) діастереомери метіонінсульфоксиду, які при цьому утворюються, можуть відновлюватись під дією (Msr). Стереоспецифічність до S-форми та R-форми проявляють метіонінсульфоксидредуктази MsrA та Msr, відповідно, тоді як MsrP відновлює обидві ізоформи. Вільний L-Met-RO зв'язується та вибірково відновлюється за участю fRMsr. У стійкості до оксидативного стресу Corynebacterium glutamicum важливу роль відіграє CgMsrA, яка може відновлювати MetO та дисульфідний зв'язок Cys204-Cys213 (Boschi-Muller & Branlant, 2014; Si et al., 2015). Оксидоредуктазний комплекс MsrPQ відновлює білки, що містять MetO в оболонці бактеріальної клітини – ділянці, особливо схильній до впливу реактивних форм кисню та хлору. Ферментативна система MsrPQ здатна відновлювати S- та R-діастереоізомери метіонінсульфоксиду. Відкрито великий клас бактерій з єдиним нестереоспецифічним ферментативним комплексом, який захищає залишки метіоніну від окиснення (Gennaris et al., 2015).

Метіонін як амінокислота з антиоксидантною функцією може захищати організм від оксидативного стресу, викликаного нікелем – поширеним забруднювачем в промислових зонах. При вивченні впливу метіоніну на нікелевий оксидативний стрес кишківника та зміни у кишковій мікробіоті мишей відмічено зростання вмісту продукту кишкового окиснення (MDA) і послаблення активності антиоксидантних ферментів під дією $NiCl_2$. Виявлено зміни в кишковій мікробіоті, а саме порушення структури кишкової флори. Додатково згодований мишам розчин метіоніну (0,5 мг/мл) пом'якшував вплив $NiCl_2$ на кишківник, посилюючи активність антиоксидантних ферментів та збільшуючи кількість кишкових бактерій з антиоксидантною здатністю. Отримані дані вказують на можливе застосовання метіоніну для лікування отруєння нікелем та для відновлення мікробіоти (Wu et al., 2022).

Метіонін отримують шляхом гідролізу більшості поширених білків. У мікроорганізмів метіонін

синтезується з амінокислот цистеїну та аспарагінової кислоти (попередник метіоніну – гомоцистеїн у мікроорганізмів синтезується з аспарагінової кислоти).

Багато корисних для здоров'я людини сполук привертають все більшу увагу в сучасному житті і стимулюють розробку нових способів виробництва, більш ефективних, ніж традиційні способи, пов'язаних з хімічним синтезом або екстракцією з природних тканин. Виробництво таких сполук як амінокислоти та вітаміни шляхом мікробіологічного синтезу має важливе значення (Wu et al., 2020).

Нами були проведені дослідження з метою стимулювання мікробіологічного синтезу амінокислоти метіонін у біосубстраті, виготовленого на основі торфу. Для цього відібрано зразки торфу з місцевого родовища. У зразках торфу встановлено наявність ряду амінокислот. Вміст метіоніну в зразках торфу становив 1,55 мг/г натуральної речовини. Для стимулювання мікробіологічного синтезу амінокислот було внесено неорганічну сірку у складі сульфату натрію в кількості 0.3 % від маси торфу. Внаслідок інкубації торфу зі сульфатом натрію протягом 72 годин при температурі 18 °С вміст метіоніну зріс до 2,9 мг/г натуральної речовини. Також встановлено зростання вмісту метіоніну у дослідних зразках торфу в результаті інкубування при температурі 25 °С до 2,1 мг/г натуральної речовини. Таким чином, інкубування торфу зі сульфатом натрію сприяло біосинтезу метіоніну у торфі за участю симбіотичних мікроорганізмів.

Згодовування біосубстрату, одержаного інкубуванням торфу зі сульфатом натрію (0.3 % від маси торфу) у відповідній дозі курчатам-бройлерам протягом відгодівельного періоду в якості кормової добавки до основного раціону покращило ріст і розвиток птиці за період відгодівлі, забезпечило вищі прирости живої маси і вищу якість продукції. В результаті проведених досліджень встановлено доцільність стимулювання життєдіяльності симбіотичної асоціації мікроорганізмів у торфі для підвищення вмісту амінокислот, включно з метіоніном. Одержану біодобавку доцільно згодовувати курчатам-бройлерам разом з основним раціоном. Запропонований спосіб виготовлення кормової добавки може бути актуальним у зв'язку з виробництвом амінокислот шляхом використання природного субстрату і неорганічного джерела сірки.

Висновки

Метіоніну належить ключова роль в обміні речовин, кращому засвоєнні білків та жирів корму, підвищенні продуктивності. Оптимальний рівень метіоніну в раціоні забезпечує інтенсивний ріст птиці, підвищення живої маси, покращує ефективність використання корму. Згодовування метіоніну у складі біосубстрату, одержаного інкубуванням торфу зі сульфатом натрію (0.3 % від маси торфу) у відповідній дозі курчатам-бройлерам протягом відгодівельного періоду як кормової добавки до основного раціону покращило ріст і розвиток птиці, підвищило прирости живої маси і якість м'ясної продукції.

Відомості про конфлікт інтересів

Автор стверджує про відсутність конфлікту інтересів.

References

Anderson, J. O., Warnick, R. E., & Dalai, R. K. (1975). Replacing dietary methionine and cystine in chick diets with sulfate or other sulfur compounds. Poultry science, 54(4), 1122–1128. DOI: 10.3382/ps.0541122.

Aussel, L., & Ezraty, B. (2021). Methionine Redox Homeostasis in Protein Quality Control. Frontiers in Molecular Biosciences, 8. DOI: 10.3389/fmolb.2021.665492.

Baker, D. H., & Boebel, K. P. (1980). Utilization of the D- and L-isomers of methionine and methionine hydroxy analogue as determined by chick bioassay. The Journal of nutrition, 110(5), 959–964. DOI: 10.1093/jn/110.5.959.

Berlett, B. S., & Levine, R. L. (2014). Designing antioxidant peptides. Redox report : communications in free radical research, 19(2), 80–86. DOI: 10.1179/1351000213Y.0000000078.

Bohdan, Yu. A. (2013). Vplyv vmistu metioninu na zabiini yakosti molodniaku kroliv za znyzhenykh rivniv proteinu u kombikormakh. Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy, 190, 16–22 (in Ukrainian).

Boschi-Muller, S., & Branlant, G. (2014). Methionine sulfoxide reductase: chemistry, substrate binding, recycling process and oxidase activity. Bioorganic chemistry, 57, 222–230. DOI: 10.1016/j.bioorg.2014.07.002.

Brosnan, J. T., & Brosnan, M. E. (2006). The sulfur-containing amino acids: an overview. The Journal of nutrition, 136(6 Suppl), 1636S–1640S. DOI: 10.1093/jn/136.6.1636S.

Brosnan, J. T., Brosnan, M. E., Bertolo, R. F. P., & Brunton, J. A. (2007). Methionine: A metabolically unique amino acid. Livestock Science, 112(1-2), 2–7. DOI: 10.1016/j.livsci.2007.07.005.

Cellarier, E., Durando, X., Vasson, M. P., Farges, M. C., Demiden, A., Maurizis, J. C., Madelmont, J. C., & Chollet, P. (2003). Methionine dependency and cancer treatment. Cancer treatment reviews, 29(6), 489–499. DOI: 10.1016/s0305-7372(03)00118-x.

Clark, A. K., & Rakes, A. H. (1982). Effect of methionine hydroxy analog supplementation on dairy cattle hoof growth and composition. Journal of dairy science, 65(8), 1493–1502. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(82)82373-4.

Colovic, M. B., Vasic, V. M., Djuric, D. M., & Krstic, D. Z. (2018). Sulphur-containing Amino Acids: Protective Role Against Free Radicals and Heavy Metals. Current medicinal chemistry, 25(3), 324–335. DOI: 10.2174/0929867324666170609075434.

Courtney-Martin, G., & Pencharz, P. B. (2016). Sulfur Amino Acids Metabolism From Protein Synthesis to Glutathione. The Molecular Nutrition of Amino Acids and Proteins, 265–286. Elsevier. DOI: 10.1016/b978-

0-12-802167-5.00019-0.

Ditscheid, B., Fünfstück, R., Busch, M., Schubert, R., Gerth, J., & Jahreis, G. (2005). Effect of L-methionine supplementation on plasma homocysteine and other free amino acids: a placebo-controlled double-blind cross-over study. European journal of clinical nutrition, 59(6), 768–775. DOI: 10.1038/sj.ejcn.1602138.

Finkelstein, J. D. (1990). Methionine metabolism in mammals. The Journal of nutritional biochemistry, 1(5), 228–237. DOI: 10.1016/0955-2863(90)90070-2.

Finkelstein, J. D., & Martin, J. J. (1984). Methionine metabolism in mammals. Distribution of homocysteine between competing pathways. The Journal of biological chemistry, 259(15), 9508–9513. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6746658.

Finkelstein, J. D., & Martin, J. J. (1986). Methionine metabolism in mammals. Adaptation to methionine excess. The Journal of biological chemistry, 261(4), 1582–1587. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3080429.

Gabbita, S. P., Aksenov, M. Y., Lovell, M. A., & Markesbery, W. R. (1999). Decrease in peptide methionine sulfoxide reductase in Alzheimer's disease brain. Journal of neurochemistry, 73(4), 1660–1666. DOI: 10.1046/j.1471-4159.1999.0731660.x.

Galbraith, H. (2000). Protein and sulphur amino acid nutrition of hair fibre-producing Angora and Cashmere goats. Livestock Production Science, 64(1), 81–93. DOI: 10.1016/s0301-6226(00)00177-9.

Galbraith, H., Rae, M., Omand, T., Hendry, K. A., Knight, C. H., & Wilde, C. J. (2006). Effects of supplementing pregnant heifers with methionine or melatonin on the anatomy and other characteristics of their lateral hind claws. The Veterinary record, 158(1), 21. DOI: 10.1136/vr.158.1.21.

Gennaris, A., Ezraty, B., Henry, C., Agrebi, R., Vergnes, A., Oheix, E., Bos, J., Leverrier, P., Espinosa, L., Szewczyk, J., Vertommen, D., Iranzo, O., Collet, J. F., & Barras, F. (2015). Repairing oxidized proteins in the bacterial envelope using respiratory chain electrons. Nature, 528(7582), 409–412. DOI: 10.1038/nature15764.

Griffith, O. W. (1999). Biologic and pharmacologic regulation of mammalian glutathione synthesis. Free radical biology & medicine, 27(9-10), 922–935. DOI: 10.1016/s0891-5849(99)00176-8.

Griffith, O. W. (1987). Mammalian sulfur amino acid metabolism: An overview. У Methods in Enzymology, 366–376. Elsevier. DOI: 10.1016/0076-6879(87)43065-6.

Grimble, R. F., & Grimble, G. K. (1998). Immunonutrition: role of sulfur amino acids, related amino acids, and polyamines. Nutrition (Burbank, Los Angeles County, Calif.), 14(7-8), 605–610. DOI: 10.1016/s0899-9007(98)80041-5.

Ibatullin, I. I., Ilchuk, I. I., Kryvenok, M. Ya., Holota, M. A. (2013). Produktyvnist kurchat-broileriv za riznykh rivniv metioninu u kombikormi. Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy: Seriia: Tekhnolohiia vyrobnytstva i pererobky produktsii tvarynnytstva, 190, 84–89 (in Ukrainian).

Ibatullin, I. I., Kryvenok, M. Ya., & Ilchuk, I. I. (2013). Efektyvni rivni ta spivvidnoshennia metioninu i treoninu u ratsionakh yaiechnykh kurei batkivskoho stada Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy, 190, 90–95 (in Ukrainian).

Levine, R. L., Mosoni, L., Berlett, B. S., & Stadtman, E. R. (1996). Methionine residues as endogenous antioxidants in proteins. Proceedings of the National Academy of Sciences, 93(26), 15036–15040. DOI: 10.1073/pnas.93.26.15036.

Ma, C., Xu, A., Zuo, L., Li, Q., Fan, F., Hu, Y., & Sun, C. (2025). Methionine Dependency and Restriction in Cancer: Exploring the Pathogenic Function and Therapeutic Potential. Pharmaceuticals, 18(5), 640. DOI: 10.3390/ph18050640.

Matthews, J. H. (1997). Cyanocobalamin [c-lactam] inhibits vitamin B12 and causes cytotoxicity in HL60 cells: methionine protects cells completely. Blood, 89(12), 4600–4607. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9192785.

McLean, A. E., Armstrong, G. R., & Beales, D. (1989). Effect of D- or L-methionine and cysteine on the growth inhibitory effects of feeding 1% paracetamol to rats. Biochemical pharmacology, 38(2), 347–352. DOI: 10.1016/0006-2952(89)90048-8.

Moskovitz, J., Berlett, B. S., Poston, J. M., & Stadtman, E. R. (1997). The yeast peptide-methionine sulfoxide reductase functions as an antioxidant in vivo. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 94(18), 9585–9589. DOI: 10.1073/pnas.94.18.9585.

Nimni, M. E., Han, B., & Cordoba, F. (2007). Are we getting enough sulfur in our diet?. Nutrition & metabolism, 4, 24. DOI: 10.1186/1743-7075-4-24.

Park, G. (2020). DL-Methionine for dogs Dog Treatments. URL: https://wagwalking.com/treatment/dl-methionine.

Parkhitko, A. A., Jouandin, P., Mohr, S. E., & Perrimon, N. (2019). Methionine metabolism and methyltransferases in the regulation of aging and lifespan extension across species. Aging cell, 18(6), e13034. DOI: 10.1111/acel.13034.

Petrychenko, V. F., Kulyk, M. F., Velychko, I. M. (2008). Efektyvnist vykorystannia soi riznykh tekhnolohii pererobky v hodivli silskohospodarskykh tvaryn Kormy i kormovyrobnytstvo. Mizhvidomchyi tematychnyi naukovyi zbirnyk, 63, 16–21 (in Ukrainian).

Rosic, G., Joksimovic, J., Selakovic, D., Jakovljevic, V., Zivkovic, V., Srejovic, I., Djuric, M., & Djuric, D. (2018). The Beneficial Effects of Sulfur-containing Amino Acids on Cisplatininduced Cardiotoxicity and Neurotoxicity in Rodents. Current medicinal chemistry, 25(3), 391–403. DOI: 10.2174/0929867324666170705114456.

Sanderson, S. M., Gao, X., Dai, Z., & Locasale, J. W. (2019). Methionine metabolism in health and cancer: a nexus of diet and precision medicine. Nature reviews. Cancer, 19(11), 625–637. DOI: 10.1038/s41568-019-0187-8.

Savino, R. J., Kempisty, B., & Mozdziak, P. (2022). The Potential of a Protein Model Synthesized Absent of Methionine. Molecules, 27(12), 3679. DOI: 10.3390/molecules27123679.

Schramm, F. D., Schroeder, K., & Jonas, K. (2020). Protein aggregation in bacteria. FEMS microbiology reviews, 44(1), 54–72. DOI: 10.1093/femsre/fuz026.

Si, M., Zhang, L., Chaudhry, M. T., Ding, W., Xu, Y., Chen, C., Akbar, A., Shen, X., & Liu, S. J. (2015). Corynebacterium glutamicum methionine sulfoxide reductase A uses both mycoredoxin and thioredoxin for regeneration and oxidative stress resistance. Applied and environmental microbiology, 81(8), 2781–2796. DOI: 10.1128/AEM.04221-14.

Townsend, D. M., Tew, K. D., & Tapiero, H. (2004). Sulfur containing amino acids and human disease. Biomedicine & pharmacotherapy = Biomedecine & pharmacotherapie, 58(1), 47–55. DOI: 10.1016/j.biopha.2003.11.005.

Vogt W. (1995). Oxidation of methionyl residues in proteins: tools, targets, and reversal. Free radical biology & medicine, 18(1), 93–105. DOI: 10.1016/0891-5849(94)00158-g.

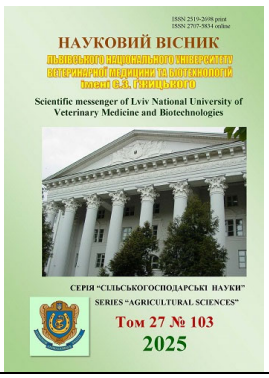
Wu, B., Liu, Y., Zhen, J., Mou, P., Li, J., Xu, Z., & Song, B. (2022). Protective effect of methionine on the intestinal oxidative stress and microbiota change induced by nickel. Ecotoxicology and environmental safety, 244, 114037. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2022.114037.

Wu, X., Zha, J., & Koffas, M. A. (2020). Microbial production of bioactive chemicals for human health. Current Opinion in Food Science, 32, 9–16. DOI: 10.1016/j.cofs.2019.12.007.

Yurchenko, P. O. (2016). Rol systemy hidrohen sulfidu v mekhanizmakh urazhennia mozku za umov hiperhomotsysteinemii Dysertatsiia na zdobuttia naukovoho stupenia kandydata medychnykh nauk. Vinnytsia (in Ukrainian).

Zauhar, R. J., Colbert, C. L., Morgan, R. S., & Welsh, W. J. (2000). Evidence for a strong sulfur-aromatic interaction derived from crystallographic data. Biopolymers, 53(3), 233–248. DOI: 10.1002/(SICI)1097-0282(200003)53:3<233::AID-BIP3>3.0.CO;2-4.

Zeitz, J. O., Mohrmann, S., Käding, S. C., Devlikamov, M., Niewalda, I., Whelan, R., Helmbrecht, A., & Eder, K. (2019). Effects of methionine on muscle protein synthesis and degradation pathways in broilers. Journal of animal physiology and animal nutrition, 103(1), 191–203. DOI: 10.1111/jpn.13026.



Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького. Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences

ISSN 2519–2698 print
ISSN 2707-5834 online

doi: 10.32718/nvlvet-a10344
https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture

UDC 636.2.084:612.017.3

Feeding cows according to their physiological condition and lactation phases

O. O. Ivannikov[1]✉, M. T. Failevych[2], Ye. D. Baranovskyi[3]

[1]*Lvivagropromproduktivnist branch of the Ukragropromproduktivnist Research Institute, Lviv, Ukraine*
[2]*Volynagropromproductivity branch of the Ukragropromproductivity Research Institute, Lutsk, Ukraine*
[3]*Odesa National University of Technology, Odesa, Ukraine*

Article info

Received 18.09.2025
Received in revised form 20.10.2025
Accepted 21.10.2025

Lvivagropromproduktivnist branch of the Ukragropromproduktivnist Research Institute, Lviv, Ukraine.
Tel.:+38-050-407-69-31
E-mail: ivannikov_a@ukr.net

Volynagropromproductivity branch of the Ukragropromproductivity Research Institute, Lutsk, Ukraine.

Odesa National University of Technology, Kanatna Str., 112, Odesa, 65039, Ukraine.

Ivannikov, O. O., Failevych, M. T., & Baranovskyi, Ye. D. (2025). Feeding cows according to their physiological condition and lactation phases. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 27(103), 358–362. doi: 10.32718/nvlvet-a10344

The relevance of the study is determined by the need to optimize feeding systems for high-yield dairy cows in the context of intensified production and global climate change, since the genetic potential of modern breeds is only 33–40 % realized, while feeding and maintenance factors determine 60–67 % of productivity. The aim of the work is to develop a scientifically based feeding system for cows, taking into account their physiological state and lactation phases to ensure optimal metabolic efficiency, high productivity, and animal health during critical periods of the productive cycle. The study was conducted on dairy farms using experimental groups of high-yielding Holstein cows in different physiological states. A set of methods was used: biochemical blood analysis to determine glucose, β-hydroxybutyrate, free fatty acids, and antioxidant status; microbiological examination of rumen content to determine pH, volatile fatty acid concentration, and microflora composition; monitoring of physiological parameters in the context of the temperature-humidity index; statistical processing of data using methods of variance analysis. It was found that the use of the functional feed additive DairyPilot with FlavoVital, containing plant components with antioxidant properties, B vitamins, and live Saccharomyces cerevisiae yeast, during the transition period reduces the risk of ketosis by 35–40 %, stabilizes rumen pH within the range of 6.0–6.4, improves the acetate:propionate ratio to 2.8 ± 0.2 compared to 2.1 ± 0.3 in the control group, and increases milk productivity by 8–12 %. It has been proven that organic selenium has 30–35 % higher bioavailability compared to inorganic forms, which reduces the somatic cell count in milk by 15–20 %. Under heat stress conditions at temperatures above 24 °C and humidity above 70 %, functional additives partially compensate for the negative impact on physiological parameters. An improvement in reproductive function has been observed, with a reduction in the service period by 15–20 days and a decrease in culling by 25-30%. The economic efficiency is 1:3.5, which confirms the high return on investment. The practical value lies in the implementation of scientifically based feeding systems to maximize the genetic potential of dairy cattle, minimize metabolic disorders, and ensure the sustainable development of the industry in the face of climate challenges.

Keywords: *dairy cattle breeding, physiological condition, lactation, feed additives, metabolic efficiency, heat stress.*

Годівля корів з урахуванням фізіологічного стану і фаз лактації

О. О. Іванніков[1]✉, М. Т. Файлевич[2], Є. Д. Барановський[3]

[1]*"Львівагропромпродуктивність" НДІ "Украгропромпродуктивність", м. Львів, Україна*
[2]*"Волинагропромпродуктивність" НДІ "Украгропромпродуктивність", м. Луцьк, Україна*
[3]*Одеський національний технологічний університет, м. Одеса, Україна*

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю оптимізації систем годівлі високопродуктивних молочних корів в умовах інтенсифікації виробництва та глобальних кліматичних змін, оскільки генетичний потенціал сучасних порід реалізується лише на 33–40 %, тоді як фактори годівлі та утримання визначають 60–67 % продуктивності. Метою роботи є розробка науково

обґрунтованої системи годівлі корів з урахуванням фізіологічного стану та фаз лактації для забезпечення оптимальної метаболічної ефективності, високої продуктивності та збереження здоров'я тварин у критичні періоди продуктивного циклу. Дослідження проводилось на базі молочно-товарних ферм з використанням експериментальних груп високопродуктивних корів голштинської породи у різних фізіологічних станах. Застосовано комплекс методів: біохімічний аналіз крові з визначенням глюкози, β-гідроксибутирату, вільних жирних кислот та антиоксидантного статусу; мікробіологічне дослідження рубцевого вмісту з визначенням pH, концентрації летючих жирних кислот та складу мікрофлори; моніторинг фізіологічних параметрів у контексті температурно-вологісного індексу; статистична обробка даних методами дисперсійного аналізу. Встановлено, що використання функціональної кормової добавки DairyPilot з FlavoVital, що містить рослинні компоненти з антиоксидантними властивостями, вітаміни групи B та живі дріжджі Saccharomyces cerevisiae, у транзитний період знижує ризик розвитку кетозу на 35–40 %, стабілізує pH рубця у межах 6,0–6,4, покращує відношення ацетат:пропіонат до 2,8 ± 0,2 проти 2,1 ± 0,3 у контролі та збільшує молочну продуктивність на 8–12 %. Доведено, що органічний селен має на 30–35 % вищу біодоступність порівняно з неорганічними формами, що забезпечує зниження вмісту соматичних клітин у молоці на 15–20 %. В умовах теплового стресу при температурі понад 24 °C та вологості понад 70% функціональні добавки частково компенсують негативний вплив на фізіологічні параметри. Виявлено покращення репродуктивної функції зі скороченням сервіс-періоду на 15–20 днів та зниження вибракування на 25–30 %. Економічна ефективність складає 1:3,5, що підтверджує високу рентабельність інвестицій. Практична цінність полягає у впровадженні науково обґрунтованих систем годівлі для максимальної реалізації генетичного потенціалу молочної худоби, мінімізації метаболічних розладів та забезпечення сталого розвитку галузі в умовах кліматичних викликів.

Ключові слова: *молочне скотарство, фізіологічний стан, лактація, кормові добавки, метаболічна ефективність, тепловий стрес.*

Вступ

Сучасне молочне скотарство характеризується постійним зростанням продуктивності корів, що створює додаткові виклики для системи їх годівлі та утримання (Halchynska et al., 2005; Riznychuk, 2015, 2016; Ilchyshyn et al., 2025; Slivinska et al., 2025).

Генетичний потенціал молочної продуктивності сучасних порід корів зріс значно завдяки селекційній роботі, проте цей прогрес супроводжується підвищеними вимогами до якості кормової бази та точності балансування раціонів (Fedak et al., 2025; Mykhailiutenko et al., 2025). За даними наукових досліджень, вплив генетичного фактора на підвищення молочної продуктивності корови складає від 33 до 40 %, тоді як внесок годівлі і умови утримання становить від 60 до 67 % (Riznychuk, 2016; Yulevych & Dekhtiar, 2017; Provatorov & Provatorova, 2022).

Особливого значення набувають критичні періоди у фізіологічному циклі корів, зокрема сухостійний період та рання лактація, коли організм тварин зазнає максимальних метаболічних навантажень (Hnoievyi et al., 2005; Petrenko, 2010; Kalinchyk et al., 2013; Riznychuk et al., 2023).

Додатковим фактором стресу для високопродуктивних корів є підвищення температури навколишнього середовища, особливо актуальне в контексті глобальних кліматичних змін. Тепловий стрес виникає при температурі вище 20 °C та високій вологості повітря і призводить до суттєвого зниження споживання корму, молочної продуктивності та погіршення репродуктивної функції тварин (Lidfors et al., 2005; Polsky & von Keyserlingk, 2017; Yemelianenko et al., 2022; Mylostyvyi et al., 2024).

Мета дослідження

Метою дослідження є розробка науково обґрунтованої системи годівлі корів з урахуванням їх фізіологічного стану та фаз лактації, що забезпечить оптимальну метаболічну ефективність, високу продуктивність та збереження здоров'я тварин у критичні періоди продуктивного циклу. Для досягнення мети поставлено наступні *завдання*:

- дослідити вплив функціональних кормових добавок на метаболічні процеси та продуктивність корів у транзитний період;
- визначити ефективність використання рослинних компонентів з антиоксидантними властивостями та живих дріжджів для стабілізації рубцевого середовища та профілактики метаболічних розладів;
- вивчити адаптаційні механізми високопродуктивних корів в умовах теплового стресу та розробити заходи щодо мінімізації його негативного впливу;
- оцінити біодоступність та ефективність органічних форм мікроелементів у порівнянні з неорганічними формами;
- провести економічний аналіз ефективності впровадження функціональних кормових добавок у системи годівлі молочної худоби.

Матеріал і методи досліджень

Дослідження проводилось на базі молочно-товарних ферм з поголів'ям високопродуктивних корів голштинської породи. Для вивчення впливу різних систем годівлі на метаболічну ефективність та продуктивність корів було сформовано експериментальні групи тварин, які знаходились в різних фізіологічних станах: сухостійні корови (за 60 днів до отелення), новотільні корови (перші 0–40 днів лактації) та корови в період піку лактації.

Основним предметом дослідження стала ефективність використання функціональної кормової добавки DairyPilot з FlavoVital, що містить унікальний комплекс біологічно активних речовин з відібраних фруктів і трав (FlavoVital), вітаміни групи B та живі дріжджі *Saccharomyces cerevisiae*. Дослідження включало аналіз впливу даної добавки на основні фізіологічні показники корів, зокрема рівень pH рубця, споживання сухої речовини, молочну продуктивність та показники метаболізму.

Для оцінки ефективності систем годівлі в умовах теплового стресу було проведено окреме дослідження з визначенням температурно-вологісного індексу (THI) та його впливу на фізіологічні параметри тварин. Моніторинг включав вимірювання ректальної

температури, частоти дихання, споживання води та корму, а також аналіз якісних показників молока.

Біохімічні дослідження крові проводились для визначення концентрації глюкози, β-гідроксибутирату (маркер кетозу), вільних жирних кислот та показників антиоксидантного статусу організму. Мікробіологічний аналіз рубцевого вмісту включав визначення pH, концентрації летючих жирних кислот та складу мікрофлори.

Статистичну обробку результатів проводили з використанням методів дисперсійного аналізу з визначенням середніх значень, стандартних відхилень та рівня достовірності відмінностей між групами ($P < 0,05$).

Під час проведення досліджень дотримано всіх принципів біоетики та вимог гуманного поводження з тваринами відповідно до Європейської конвенції про захист хребетних тварин, що використовуються для дослідних та інших наукових цілей, Закону України "Про захист тварин від жорстокого поводження" та міжнародних стандартів проведення експериментів на сільськогосподарських тваринах, при цьому всі маніпуляції виконувались кваліфікованим персоналом з мінімізацією стресових впливів на піддослідних тварин.

Результати та їх обговорення

Експериментальні дослідження показали, що використання функціональних кормових добавок на основі рослинних компонентів з антиоксидантними властивостями суттєво покращує адаптаційні можливості корів у критичні періоди продуктивного циклу. Зокрема, встановлено, що застосування DairyPilot з FlavoVital в транзитний період, що включає три тижні до і три після отелення, характеризується інтенсивними адаптаційними змінами в організмі, які часто супроводжуються розвитком метаболічних розладів та зниженням імунного статусу, сприяє стабілізації метаболічних процесів та знижує ризик розвитку кетозу на 35–40 % порівняно з контрольною групою.

Аналіз результатів годівлі корів в умовах теплового стресу виявив критичні температурні межі, при яких відбувається суттєве погіршення фізіологічних показників. При температурі навколишнього середовища вище 24 °C та вологості понад 70 % у корів спостерігалось підвищення ректальної температури до 39,4 °C, збільшення частоти дихання до 80–100 рухів за хвилину та зниження споживання корму на 10–25 %. Водночас, використання кормових добавок з антиоксидантними властивостями дозволяло частково компенсувати негативний вплив високих температур.

Дослідження рубцевого середовища показало, що використання DairyPilot з FlavoVital сприяє підтриманню оптимального pH рубця в межах 6,0–6,4, що є критично важливим для профілактики підгострого ацидозу. Живі дріжджі *Saccharomyces cerevisiae* в складі добавки забезпечують стабілізацію мікрофлори рубця, сприяють утилізації молочної кислоти та оптимізації процесів бродіння.

Таблиця 1
Вплив теплового стресу на фізіологічні показники корів

Показник	Норма	Помірний стрес	Тяжкий стрес
Ректальна температура, °C	38,5–39,0	39,2–39,4	>39,4
Частота дихання, рух/хв	20–40	80–90	90–100
Зниження споживання корму, %	0	10	25
Споживання води (збільшення), %	0	15–20	29

Таблиця 2
Показники рубцевого середовища при використанні функціональних добавок

Група тварин	pH рубця	Концентрація ЛЖК, ммоль/л	Відношення ацетат: пропіонат
Контрольна	5,6 ± 0,2	120 ± 15	2,1 ± 0,3
Експериментальна	6,2 ± 0,1*	135 ± 12*	2,8 ± 0,2*

Примітка: *$P < 0,05$ порівняно з контрольною групою

Особливу увагу в дослідженні було приділено вивченню антиоксидантної системи організму корів в умовах різних стресових факторів. Встановлено, що тепловий стрес завжди супроводжується розвитком оксидативного стресу, що призводить до пошкодження клітинних мембран та зниження імунного статусу тварин. Використання кормових добавок з високим вмістом антиоксидантів, зокрема селену в органічній формі (селенометіонін), вітамінів Е та С, дозволяє значно покращити адаптаційні можливості організму.

Дослідження показали, що органічний селен має найвищу біодоступність і не руйнується мікрофлорою рубця, вбудовуючись в білки тіла корови та створюючи депо для потреб організму. Забезпечення організму корови високоефективним антиоксидантом – селеном – веде до зниження вмісту соматичних клітин у молоці на 15–20 %, нормалізації роботи імунної системи та ефективної боротьби організму з наслідками теплового стресу.

Комплексний підхід до годівлі корів в транзитний період включав використання електролітів (натрій, калій, хлорид) для підтримки водного балансу, омега-3 жирних кислот для зменшення запальних процесів та вітамінів групи В для підтримки енергетичного метаболізму та функціонування нервової системи.

Результати досліджень продуктивності показали, що корови, які отримували збалансовані раціони з функціональними добавками в критичні періоди,

демонстрували вищі надої молока (на 8–12 %), кращі показники відтворення (скорочення сервіс-періоду на 15–20 днів) та нижчий відсоток вибракування (зменшення на 25–30 % порівняно з контрольною групою).

Аналіз економічної ефективності показав, що інвестиції в функціональні кормові добавки повністю окупаються за рахунок збільшення молочної продуктивності, покращення якості молока та зменшення витрат на ветеринарне обслуговування. Розрахункова рентабельність використання DairyPilot з FlavoVital становить 1:3,5, тобто кожна гривня, вкладена в добавку, приносить 3,5 гривні прибутку.

Дослідження впливу рослинних компонентів на організм корів виявило синергічний ефект від використання спеціально відібраних фруктів і трав. Поліфеноли, що містяться в складі FlavoVital, демонструють потужні антиоксидантні та протизапальні властивості, що особливо важливо в умовах інтенсивного метаболізму високопродуктивних корів.

Мікробіологічні дослідження підтвердили позитивний вплив живих дріжджів на склад мікрофлори рубця. *Saccharomyces cerevisiae* сприяють розвитку корисних бактерій, що здійснюють розщеплення клітковини, та пригнічують ріст патогенних мікроорганізмів. Це призводить до покращення конверсії корму на 12–15 % та збільшення синтезу мікробного білка.

Вивчення адаптаційних механізмів корів в умовах теплового стресу показало важливість комплексного підходу до управління мікрокліматом у тваринницьких приміщеннях. Контроль температурно-вологісного індексу (THI) в межах менше 72 одиниць є критично важливим для збереження продуктивності та здоров'я тварин. При перевищенні цих значень необхідно застосовувати додаткові заходи з охолодження тварин та корекції раціонів.

Результати досліджень показали, що корови в умовах теплового стресу змінюють свою харчову поведінку, віддаючи перевагу кормам з меншою теплопродукцією (зернові та білкові концентрати) та споживаючи більшу частину раціону в нічний час, коли температура довкілля нижча. Це необхідно враховувати при організації системи годівлі в літній період.

Дослідження біохімічних показників крові корів в різні фази лактації виявило характерні зміни в енергетичному метаболізмі. В перші 30 днів після отелення спостерігається негативний енергетичний баланс, що супроводжується підвищенням концентрації вільних жирних кислот та β-гідроксибутирату в крові. Використання функціональних кормових добавок дозволяє скоротити тривалість цього критичного періоду та мінімізувати ризик розвитку кетозу.

Таблиця 3

Біохімічні показники крові корів в транзитний період

Показник	Контрольна група	Експериментальна група	Норма
Глюкоза, ммоль/л	2,8 ± 0,3	3,4 ± 0,2*	2,5–4,2
β-гідроксибутират, ммоль/л	1,8 ± 0,4	1,1 ± 0,2*	<1,2
Вільні жирні кислоти, мекв/л	0,85 ± 0,15	0,52 ± 0,08*	<0,7
Загальний білок, г/л	68 ± 5	74 ± 4*	70–85

Примітка: *P < 0,05 порівняно з контрольною групою

Аналіз репродуктивної функції корів показав пряму залежність між якістю годівлі в транзитний період та подальшими показниками відтворення. Корови, які отримували збалансовані раціони з функціональними добавками DairyPilot з FlavoVital, демонстрували кращу інволюцію матки після отелення, вищий відсоток плідних осіменінь та коротший сервіс-період.

Вивчення впливу різних форм селену на антиоксидантний стан корів підтвердило переваги органічних форм цього мікроелемента. Дріжджовий селенометіонін показав на 30–35 % вищу біодоступність порівняно з неорганічними формами селену, що призводило до більш ефективного захисту клітин від оксидативного стресу.

Дослідження якості молока від корів, що отримували функціональні кормові добавки, виявило покращення його технологічних властивостей. Зокрема, спостерігалось збільшення вмісту жиру на 0,15–0,20 % та білка на 0,10–0,12 %, що має важливе економічне значення для молочних підприємств.

Мікрокліматичні дослідження підтвердили критичну важливість забезпечення корів достатньою кількістю якісної води, особливо в умовах високих температур. При підвищенні температури з 18 до 30 °C споживання води коровами збільшується на 29 %, що необхідно враховувати при плануванні систем водопостачання.

Результати досліджень показали ефективність використання природних адаптогенів рослинного походження для підвищення стійкості корів до стресових факторів. М'ята, евкаліпт та чебрець, що входять до складу DairyPilot з FlavoVital, демонструють антиоксидантні, протимікробні та протизапальні властивості, що робить їх перспективними компонентами функціональних кормових добавок.

Висновки

Проведені дослідження підтвердили критичну важливість індивідуального підходу до годівлі корів з урахуванням їх фізіологічного стану та фаз лактації. Транзитний період, що включає три тижні до і після отелення, є найкритичнішим етапом продуктивного циклу, що вимагає особливої уваги до якості та збалансованості раціонів.

Використання функціональних кормових добавок на основі рослинних компонентів з антиоксидантними властивостями, живих дріжджів та органічних форм мікроелементів дозволяє суттєво покращити адаптаційні можливості корів та знизити ризик розвитку

метаболічних розладів. Зокрема, застосування DairyPilot з FlavoVital показало зниження частоти кетозів на 35–40%, покращення показників рубцевого середовища та збільшення молочної продуктивності на 8–12 %.

Тепловий стрес є серйозною проблемою для високопродуктивних молочних корів, особливо в контексті глобальних кліматичних змін. Контроль температурно-вологісного індексу та використання кормових добавок з адаптогенними властивостями дозволяють мінімізувати негативний вплив високих температур на продуктивність та здоров'я тварин.

Комплексний підхід до годівлі корів, що включає оптимізацію основного раціону, використання функціональних добавок та контроль мікроклімату, забезпечує максимальну реалізацію генетичного потенціалу сучасних порід молочної худоби. Економічна ефективність таких систем годівлі підтверджується високою рентабельністю інвестицій та зменшенням витрат на ветеринарне обслуговування.

Результати досліджень свідчать про перспективність подальшого розвитку функціональних кормових добавок на основі природних компонентів як ефективного інструменту для підвищення продуктивності, збереження здоров'я та покращення благополуччя високопродуктивних молочних корів. Впровадження науково обґрунтованих систем годівлі з урахуванням фізіологічного стану тварин є ключовим фактором сталого розвитку сучасного молочного скотарства.

Перспективи подальших досліджень включають вивчення молекулярних механізмів дії біологічно активних речовин рослинного походження, розробку персоналізованих систем годівлі на основі індивідуальних особливостей тварин та створення інноваційних кормових технологій для максимальної реалізації продуктивного потенціалу молочних корів в умовах мінливого клімату та підвищених вимог до якості продукції.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів.

References

Fedak, V., Gutyj, B., Polulikh, M., Stadnytska, O., Bezaltychna, O., Kitaeva, A., Kibenko, N., Shevchenko, O., & Slepokura, O. (2025). Milk productivity of first-born cows of the brown Carpathian breed of different types of constitution. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 27(102), 157–163. DOI: 10.32718/nvlvet-a10223.

Halchynska, I. A., Koval, A. I., & Dubin, A. M. (2005) Complete feeding and milking of cows to record productivity. Rozvedennia i henetyka tvaryn, 39, 64–71 (in Ukrainian).

Hnoievyi, V. I., Trishyn, O. K., Hnoievyi, I. V., & Popova, H. N. (2005) Combined rations for cows in summer period. Kormy i kormovyrobnytstvo, 55, 152–160 (in Ukrainian).

Ilchyshyn, M., Hryshchuk, I., Gutyj, B., Kalinin, I., Hryshchuk, A., Zhurenko, O., & Karpovskyi, V. (2025). Correction of protein metabolism in cows using nanoaquachelates taking into account vegetative regulation. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences, 27(117), 179–184. DOI: 10.32718/nvlvet11724.

Kalinchyk, M. V., Alieksieienko, I. M., & Lysenko, K. O. (2013). Optimization of feeding rations for cows during milking period. Ahrosvit, 4, 28–32 (in Ukrainian).

Lidfors, L., Berg, C., & Algers, B. (2005). Integration of natural behavior in housing systems. Ambio, 34(4-5), 325–330. DOI: 10.1639/0044-7447(2005)034[0325:ionbih]2.0.co;2.

Mykhailiutenko, S. M., Kuzmenko, L. M., Gutyj, B. V., & Mykhailiutenko, Y. E. (2025). Seasonal fluctuations in individual milk parameters in free-range cows. Ukrainian Journal of Veterinary and Agricultural Sciences, 8(1), 85–89. DOI: 10.32718/ujvas8-1.12.

Mylostyvyi, R. V., Wrzecińska, M., Samardžija, M., Gutyj, B. V., Yefimov, V. H., Skliarov, P. M., & Lieshchova, M. O. (2024). Impact of heat stress on blood serum cortisol level in dairy cows. Theoretical and Applied Veterinary Medicine, 12(4), 3–8. DOI: 10.32819/2024.12016.

Petrenko, V. (2010). Feeding cows in transition period. Tvarynnytstvo Ukrainy, 1, 34–38 (in Ukrainian).

Polsky, L., & von Keyserlingk, M. A. G. (2017). Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare. Journal of Dairy Science, 100(11), 8645–8657. DOI: 10.3168/jds.2017-12651.

Provatorov, H., & Provatorova, V. (2022). Feeding of farm animals. Sumy: «Universytetska knyha» (in Ukrainian).

Riznychuk, I. (2015). Feeding cows with intensive milk production technology. Tvarynnytstvo Ukrainy, 11, 30–35 (in Ukrainian).

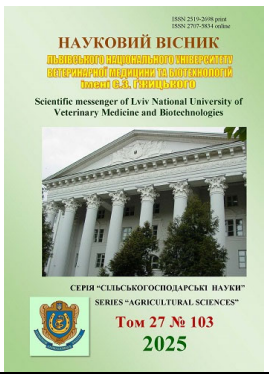
Riznychuk, I. (2016). Feeding cows with intensive milk production technology. Tvarynnytstvo Ukrainy, 6, 8–13 (in Ukrainian)

Riznychuk, I., Nikolenko, I., Kyshlaly, O., Mazhylovska, K., & Harbar, A. (2023) Cow feeding program by periods of production cycle. Ahrarnyi visnyk Prychornomoria, 107, 99–104. DOI: 10.37000/abbsl.2023.107.15 (in Ukrainian).

Slivinska, L., Shcherbatyi, A., Gutyj, B., Pundiak, T., Simonov, M., Leskiv, K., & Petryshak, S. (2025). Metabolic profile of the blood of cows with microelement deficiency. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences, 27(118), 10–16. DOI: 10.32718/nvlvet11802.

Yemelianenko, A. A., Shmaiun, S. S., Nishchemenko, M. P., Poroshynska, O. A., Stovbetska, L. S., & Kozii, V. I. (2022) Behavior of cows under different physiological conditions and keeping methods. Naukovyi visnyk veterynarnoi medytsyny, 2, 89–100. DOI: 10.33245/2310-4902-2022-176-2-89-100 (in Ukrainian).

Yulevych, O. I., & Dekhtiar, Yu. F. (2017) Use of optimized monorations in cow feeding. Ahrarna nauka ta kharchovi tekhnolohii, 2(96), 125–132 (in Ukrainian).



Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького. Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences

ISSN 2519–2698 print
ISSN 2707-5834 online

doi: 10.32718/nvlvet-a10345
https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture

UDC 636.6.087.7:577.1

Effectiveness of feeding quail with a stabilized vermiculture-based supplement in compound feeds

I. I. Hermanska, S. V. Merzlov✉

Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

Article info

Received 20.09.2025
Received in revised form 20.10.2025
Accepted 21.10.2025

Bila Tserkva National Agrarian University, 8/1 Soborna sq., Bila Tserkva, 09117, Ukraine.
Tel.: +38-098-660-90-85
E-mail:0986609085@ukr.net

Hermanska, I. I., & Merzlov, S. V. (2025). Effectiveness of feeding quail with a stabilized vermiculture-based supplement in compound feeds. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 27(103), 363–369. doi: 10.32718/nvlvet-a10345

Modern poultry feeding technologies aim to maximize the genetic potential of birds, which requires the supply of biologically available proteins, lipids, carbohydrates, vitamins, and macro- and microelements. Considering the need to improve the efficiency of nutrient conversion and to find economically advantageous and environmentally safe feed additives, the use of invertebrate biomass and vermiculture products is highly relevant. The biomass of hybrids of red Californian worms is of interest as a promising source of protein, essential amino acids, lipids, enzymes, and other biologically active substances. The low cost of substrates for their cultivation, high reproductive capacity, and the possibility of obtaining an accompanying product – vermicompost – determine the economic attractiveness of this technology. In the laboratory of the Institute of Animal Science and Food Technologies of Bila Tserkva NAU, a stabilized extract from vermiculture biomass was developed. It contains a complex of biologically active components and protective substances inherent to worms. Scientific literature provides almost no data on the effectiveness of its use in quail feeding, which justified the need for this study. The aim of the work was to determine the effect of different doses of the stabilized vermiculture biomass extract in compound feeds on the live weight of Pharaoh quail juveniles, growth dynamics, feed conversion, and selected biochemical parameters of the liver. The experiment lasted 45 days and included a control group and four experimental groups of 110 quail each, with the inclusion of 0.02 %, 0.03 %, 0.04 %, and 0.05 % of the stabilized vermiculture extract in the diets. It was found that the inclusion of 0.04 % of the stabilized extract ensured an increase in live weight (by 4.6 % compared with the control) and average daily gains (by 4.7 %), as well as the lowest feed consumption per unit of gain (a decrease of 6.3 %). Biochemical analysis of the birds' liver indicated no negative effect of the supplement on the quail organism: aminotransferase activity and the concentrations of total protein and uric acid corresponded to physiological norms. A moderate increase in protein metabolism indicators in the groups receiving 0.04–0.05 % extract indicates a potential metabolic-stimulating effect. Thus, a dose of 0.04 % of the stabilized vermiculture biomass extract in compound feeds is optimal and safe for improving quail productivity.

Keywords: *worms, quail body weight, aminotransferases, total protein, uric acid, biologically active substances.*

Ефективність згодовування перепелам стабілізованої біодобавки на основі вермикультури у складі комбікормів

І. І. Германська, С. В. Мерзлов✉

Білоцерківський національний аграрний університет, м. Біла Церква, Україна

Сучасні технології годівлі птиці орієнтовані на максимальну реалізацію її генетичного потенціалу, що потребує надходження з кормами біологічно доступних білків, ліпідів, вуглеводів, вітамінів, макро - та мікроелементів. З огляду на необхідність підвищення ефективності конверсії поживних речовин та пошук економічно вигідних, екологічно безпечних кормових добавок, актуаль-

ним є використання біомаси безхребетних і продуктів вермикультивування. Біомаса гібридів червоних каліфорнійських черв'яків становить інтерес як перспективне джерело білка, незамінних амінокислот, ліпідів, ензимів та інших біологічно активних речовин. Вартість субстратів для їх вирощування, висока плодючість та можливість одержання супутнього продукту – біогумусу – визначають економічну привабливість цієї технології. У лабораторії Інституту тваринництва та харчових технологій Білоцерківського НАУ було розроблено стабілізований екстракт із біомаси вермикультури, що містить комплекс біологічно активних компонентів та захисні речовини черв'яків. У доступній науковій літературі практично відсутні дані щодо ефективності його використання в годівлі перепелів, що зумовило доцільність проведення даного дослідження. Метою роботи було встановити вплив різних доз стабілізованого екстракту з біомаси вермикультури у складі комбікормів на живу масу молодняку перепелів породи фараон, динаміку приростів, конверсію корму та окремі біохімічні показники печінки. Експеримент тривав 45 діб і передбачав формування контрольної та чотирьох дослідних груп перепелів по 110 голів у кожній, із включенням до комбікормів 0,02; 0,03; 0,04 та 0,05 % стабілізованого екстракту із вермикультури. Встановлено, що введення 0,04 % стабілізованого екстракту забезпечувало підвищення живої маси (на 4,6 % порівняно з контролем) і середньодобових приростів (на 4,7 %), а також найнижчі витрати корму на одиницю приросту (зменшення на 6,3 %). Біохімічний аналіз у печінці птиці засвідчив відсутність негативного впливу добавки на організм перепелів: активність амінотрансфераз та концентрацію загального білка й сечової кислоти відповідали фізіологічним нормам. Помірне підвищення показників білкового обміну у групах, що отримували 0,04–0,05 % екстракту, свідчить про потенційний метаболічний стимулювальний ефект. Таким чином, доза стабілізованого екстракту з біомаси вермикультури 0,04 % у комбікормах є оптимальною та безпечною для підвищення продуктивності перепелів.

Ключові слова: *черв'яки, маса тіла перепелів, амінотрансферази, загальний білок, сечова кислота, біологічно активні речовини.*

Вступ

Для реалізації генетичного потенціалу птиці остання має щоденно із кормами отримувати достатню кількість, в біологічно доступній формі, білків, ліпідів, вуглеводів, вітамінів, макро- і мікроелементів. Для цього комбікорми балансують за поживними речовинами і біологічно активними речовинами. Згідно ринкових вимог постійно проводяться дослідження і пошуки нових кормових добавок, застосування яких сприяє підвищенню конверсії поживних речовин і енергії із комбікормів у продукцію птахівництва (м'ясо, яйця пух тощо). Крім того, ці добавки мають бути доступними і конкурентоспроможними з вартісної точки зору.

Перспективними методами одержання вищезгаданих кормових добавок є використання нетрадиційних технологій виробництва амінокислотних та біологічно активних речовин. Одними із привабливих технологій виробництва ефективних кормових добавок є вирощування і переробка біомаси безхребетних і личинок комах (Vovkohon & Merzlov, 2014; Zhang et al., 2016; Chia et al., 2021; Kovtun & Merzlov, 2024).

Для одержання біомаси безхребетних використовують багатощетинкових черв'яків земляних або гнойових. Значний розвиток останніми роками відмічено в технології вирощування гнойових черв'яків та їх гібридів. Найбільшої популяції набув гібрид червоних каліфорнійських черв'яків.

Привабливість одержання біомаси гнойових черв'яків полягає в тому, що для їх вирощування необхідні рослинні рештки (солома, полова, гниюча трава), відходи овочів, фруктів, харчової промисловості, лісопереробної промисловості, гній тварин, послід птиці, відходи технології вирощування грибів, квітів тощо. Дані складові поживного середовища для черв'яків є доступними і дешевими За технології гібрида червоних каліфорнійських черв'яків можливо отримати біогумус – цінне екологічно чисте, органічне добриво для рослин, багате гуміновими, фульвокислотами, доступними макро- і мікроелементами та корисною мікрофлорою і біомасою вермикультури.

Червоні каліфорнійські черв'яки були виведені у Сполучених Штатах Америки і на даний час розводяться в багатьох країнах світу в тому числі і в Україні. Дана вермикультура належить до Oligocheta. Довжина статевозрілих особин досягає 85,0–125 мм, товщина – 3,4–5,8 мм. Маса тіла гібрида може коливатись від 0,42 до 1,7 г. Даний гібрид характеризується високою плодючістю. Тому за переробки 1 т збалансованих органічних відходів (гній сільськогосподарських тварин + гниючі рослинні рештки) можливо за сезон отримати від 25,0 до 55,0 кг біомаси вермикультури.

Біомаса гібрида червоних каліфорнійських черв'яків містить значну концентрацію ліпідів, білків, металів-біотиків, коензимів, ензимів, вітамінів. Білки черв'яків містять значну кількість незамінних амінокислот. Хімічний склад біомаси вермикультури в значній мірі залежить від поживного середовища на якому її вирощують. За потрапляння у несприятливі умови або механічного впливу на черв'яків (дотик, стискання) останні виділяють мутну жовтуватого кольору рідину (їдку рідину). Дана рідина (захисна) містить захисті сполуки та феромони страху (Herasymenko et al., 2006; Zhang et al., 2016; Chia et al., 2021; Kovtun & Merzlov, 2024).

В лабораторії Інституту тваринництва та харчових технологій Білоцерківського національного аграрного університету було одержано кормові добавки стабілізованого екстракту із біомаси вермикультури із вмістом біологічно активних сполук та захисної рідини черв'яків. В доступній літературі не зустрічається даних щодо ефективності використання такої кормової добавки в годівлі птиці.

Мета дослідження

Тому метою роботи було дослідження впливу різних доз стабілізованого екстракту із біомаси вермикультури у складі комбікормів на масу тіла перепелів та деякі біохімічні показники у їх організмі.

Матеріал і методи досліджень

Дослідження впливу кормової добавки стабілізованого екстракту вермикультури у складі комбікормів на масу тіла перепелів проводили в умовах віварію

Білоцерківського НАУ. Для дослідження використовували молодняк перепелів породи фараон. Із дводобових перепелят формували п'ять груп по 110 голів у кожній – одну контрольну і чотири дослідні. Співвідношення самок до півників було 50:50.

Молодняк перепелів з першої доби експерименту утримували в одноярусних кліткових батареях. Показники мікроклімату (температура, вологість вміст газів) у приміщені віварію відповідали встановленим санітарно-гігієнічним нормам.

До комбікормів (стартер, гравер і фінішер) екстракт біомаси вермикультури стабілізований на модифікованій сухій сироватці вносили перед гранулюванням. Екстракт отримували із біомаси вермикультури вирощеної на ферментованому посліді птиці.

До комбікормів для птиці із контрольної групи не вводили стабілізованого екстракту із біомаси вермикультури. Для молодняку птиці із I дослідної групи у склад комбікорму вводили 0,02 % за масою стабілізованого екстракту із біомаси вермикультури. У II дослідній групі комбікорми містили по 0,03 % стабілізованого екстракту. Перепели із III дослідної групи споживали комбікорми із вмістом 0,04 % екстракту із біомаси вермикультури. У IVдослідній групі птиця отримувала комбікорми, які містили 0,05 % кормової добавки.

Напування і годівлю перепелів проводили застосовуючи бункерні годівниці і вакуумні напувалки (табл. 1).

Таблиця 1
Схема експерименту

Група	Кількість перепелів у групі, гол	Умови експерименту
Контрольна	110	Повнораціонні комбікорми (ПК) без вмісту стабілізованого екстракту вермикультури
I дослідна	110	ПК із вмістом 0,02 % стабілізованого екстракту вермикультури
II дослідна	110	ПК із вмістом 0,03 % стабілізованого екстракту вермикультури
III дослідна	110	ПК із вмістом 0,04 % стабілізованого екстракту вермикультури
IV дослідна	110	ПК із вмістом 0,05 % стабілізованого екстракту вермикультури

Експеримент із встановленням ефективності використання різних доз стабілізованого екстракту вермикультури у складі комбікормів тривав 45 діб. На кінець досліджень із кожної групи відбирали по 6 перепелів (3 самки і 3 півники), проводили за дотримання чинних вимог біоетики та закону України щодо захисту тварин забій застосовуючи анастезію (Yevropeiska konventsiia, 2000; Zakon Ukrainy, 2006) і відбір тканин та органів для проведення хімічних і біохімічних досліджень.

У печінці молодняку перепелів досліджували ряд показників білкового обміну. Для проведення біохімічних досліджень із печінки виготовляли гомогенат із фізіологічним розчином. Вміст загального білка досліджували за використанням стандартної методики O.H. Lowry et al. (1951), показники активності ензимів (амінотрансферази) визначали за методикою S. Reitman, S. Frrancel (1957), вміст сечової кислоти визначали за методикою (Instruktsiia, 2003).

Результати

За згодовування молодняку перепелів комбікормів без додавання стабілізованого екстракту вермикультури середня маса тіла птиці на 45 добу становила 217 г. Використання комбікормів із вмістом 0,02 % стабілізованого екстракту вермикультури (I дослідна група) сприяло підвищенню маси тіла перепелів на 1,8 % відносно контрольної групи. Різниця була в межах похибки (табл. 2).

За споживання комбікормів, які містили 0,03 % стабілізованого екстракту вермикультури маса тіла молодняку перепелів збільшувалась на 2,7 %. Різниця у порівняні із показником у контролі носила характер тенденції. Найбільша маса тіла перепелів була в III дослідній групі де птиці до складу комбікормів вводили 0,04 % стабілізованого екстракту із біомаси вермикультури. Різниця була статистично значущою і у порівняні із контролем становила 4,6 %. Доведено, що за вмісту у комбікормах 0,05 % кормової добавки маса тіла перепелів із IV дослідної групи була більшою на 4,1 % відносно контролю. Різняця була статистично значущою.

Таблиця 2
Показники маси тіла та приростів птиці

Група	Маса тіла перепелів на кінець досліду, г	Середньодобові прирости птиці, г
Контрольна	217 ± 2,1	4,66 ± 0,032
I дослідна	221 ± 3,5	4,75 ± 0,045
II дослідна	223 ± 4,4	4,80 ± 0,068
III дослідна	227 ± 2,0**	4,88 ± 0,068**
IV дослідна	226 ± 2,8*	4,86 ± 0,063**

Примітка: * – P < 0,05; ** – P < 0,01

Встановлено вплив додавання різних доз стабілізованого екстракту вермикультури до комбікормів на середньодобові прирости дослідних перепелів. Найменші середньодобові прирости перепелів за період експерименту були в контрольній групі. За споживання комбікормів із вмістом 0,02 % кормової добавки із вермикультури середньодобові прирости птиці були вищими на 1,9 % відносно контролю. Різниця не мала статистичної значущості. Доведено, що в межах тенденції підвищуються середньодобові прирости перепелів, яким згодовували комбікорм до якого додавали 0,03 % екстракту із біомаси вермикультури у порівняні із контрольною групою. Середньодобові прирости птиці із III дослідної групи були вищими на 4,7 % відносно контролю. Різниця була статистично значу-

щою. На статистично значущу величину підвищені середньодобові прирости відносно контрольної групи у перепелів, які споживали комбікорми із вмістом 0,05 % стабілізованого екстракту біомаси вермикультури. Різниця між групами становила 4,3 %. Найбільші середньодобові прирости були у перепелів, яким згодовували комбікорми із вмістом 0,04 % стабілізованого екстракту із вермикультури.

Встановлено вплив використання в годівлі перепелів стабілізованого екстракту із біомаси вермикультури на витрати корму на одиницю маси тіла перепелів. У І дослідній групі витрати комбікорму були меншими на 0,82 % відносно контролю. Різниця була в межах похибки. За додавання до комбікормів 0,03 % стабілізованого екстракту із біомаси вермикультури витрати останніх на одиницю маси тіла птиці зменшуються на 1,9 % відносно контрольної групи. Різниця не була статистично значущою (рис. 1).

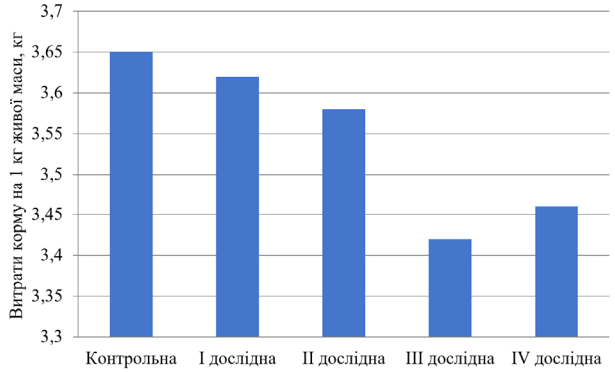


Рис. 1. Показники витрат корму на одиницю маси тіла перепелів

У IV дослідній групі витрати комбікормів на одиницю маси тіла перепелів були статистично нижчими відносно контролю. Різниця між групами була в межах 5,2 %. Найменші витрати комбікормів були у молодняку перепелів, яким згодовували раціони із вмістом 0,04 %. Показник був нижчим ніж у контролі на 6,3 % ($P < 0,05$).

У печінці перепелів досліджували вплив згодовування останнім комбікормів із вмістом стабілізованого екстракту із біомаси вермикультури на деякі показники білкового обміну. Активність аспартатамінотрансферази у печінці перепелів із контрольної групи був на рівні 11,4 мкмоль/год/г. За згодовування птиці із І дослідної групи комбікормів із вмістом 0,02 % стабілізованого екстракту із біомаси вермикультури підвищення активності аспартатамінотрансферази у печінці біло в межах 0,8 %. Різниця була в межах похибки. Встановлено, що активність ензиму у печінці перепелів із ІІ дослідної групи була вищою у порівняні із контролем на 2,6 %. Різниця не була статистично значущою. Доведено, що підвищення активності аспартатамінотренсферази у печінці перепелів, які споживали комбікорми із вмістом 0,04 та 0,05 % не мало статистичної значущості (рис. 2).

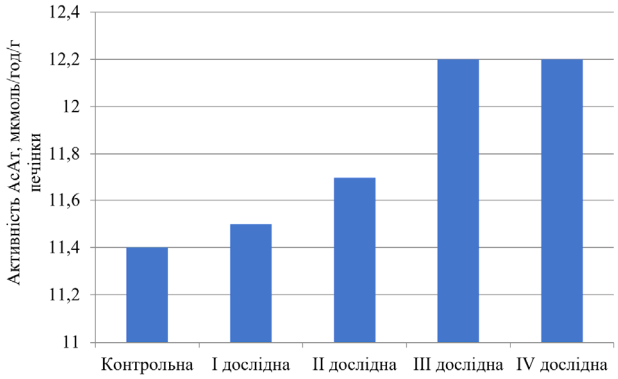


Рис. 2. Показники активності аспартатамінотрансферази у печінці перепелів

Досліджуючи активність аланінамінотрансферази встановлено, що у печінці перепелів із І дослідної групи зниження показника не перевищувало значення похибки і не мало статистичної значущості. За згодовування птиці комбікормів із вмістом стабілізованого екстракту із біомаси вермикультури 0,03 % активність аланінамінотрансферази була вищою у порівняні із контролем на 3,7 %. Різниця не була статистично значущою. Споживання перепелами комбікормів із IV дослідної групи викликало тенденцію щодо підвищення активності аланінамінотрансферази у їх печінці у порівняні із контрольною групою. За додавання до комбікормів 0,04 % стабілізованого екстракту із біомаси вермикультури активність ензиму у печінці птиці із ІІІ дослідної групи була найвищою. Різниця не була статистично незначущою (рис. 3).

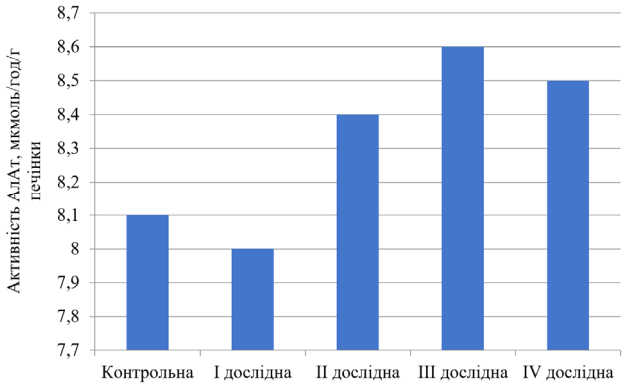


Рис. 3. Показники активності аланінамінотрансферази у печінці перепелів

На 45 добу експерименту вміст загального білка у печінці перепелів із контрольної групи був на рівні 38,3 мг/г. За введення до комбікормів 0,02 % стабілізованого екстракту із біомаси вермикультури вміст загального білка у печінці птиці був вищим відносно контролю на 1,3 %. Різниця була в межах похибки. Встановлено, що на нестатистичну величину був підвищений вміст загального білка у печінці перепелів із ІІ дослідної групи. За споживання перепелами комбікормів із вмістом 0,04 % стабілізованого екстракту із біомаси вермикультури вміст загального білка у їх печінці перепелів підвищується на 9,9 % відносно контролю. Показник відповідав фізіологічним нормам. Різниця мала статистичну значущість. За вико-

ристання найвищої дози кормової добавки у складі комбікормів вміст загального білка у печінці перепелів був вищим ніж у контролі на 9,3 %. Різниця мала характер тенденції (рис. 4).

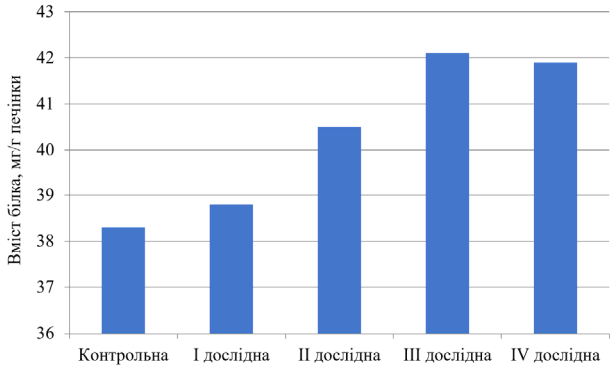


Рис. 4. Показники вмісту білка у печінці перепелів

Уміст сечової кислоти у печінці перепелів із дослідних груп відповідав фізіологічним нормам. За включення до комбікормів 0,02 % стабілізованого екстракту із біомаси вермикультури не виявлено збільшення або зменшення вмісту сечової кислоти у печінці перепелів із I дослідної групи, показник був на рівні контролю (рис. 5).

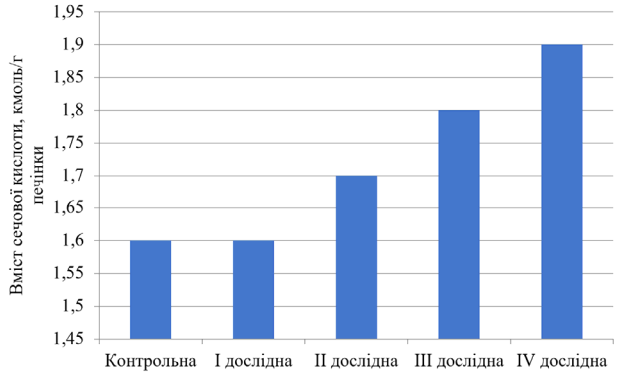


Рис. 5. Показники вмісту сечової кислоти в печінці перепелів

За споживання комбікормів із вмістом кормової добавки 0,03 % підвищення вмісту сечової кислоти у печінці дослідної птиці було на рівні 6,2 %. Різниця не була статистично значущою. Підвищення вмісту сечової кислоти у печінці перепелів із III та IV дослідної групи мало характер тенденції відносно контролю.

Обговорення

Отримані в дослідженні результати свідчать, що використання стабілізованого екстракту з біомаси вермикультури в комбікормах для перепелів позитивно впливає на приріст маси тіла, ефективність використання корму й білковий обмін у печінці. Такі висновки узгоджуються з деякими зарубіжними дослідженнями, хоча способи і форми введення черв'якової біомаси можуть суттєво відрізнятися.

За включення до складу комбікормів 0,04 % за масою стабілізованого екстракту із біомаси вермикультури на статистично значущу величину підвищується маса тіла перепелів, що може пояснюватись вмістом у кормовій добавці біодоступних амінокислот, коензимів ензимів та інших біологічно активних речовин. Так у дослідженнях (Daş et al., 2024) було показано, що додавання 1,0 % вермикомпосту у комбікорми бройлерів підвищувало споживання корму. Це може свідчити про стимулювання апетиту, завдяки вмісту позитивних бактерій або фармакологічних компонентів гумусу та біомаси черв'яків. Дослідження показало, що додавання 6 % борошна з дощових черв'яків до раціону перепелів підвищує забійний вихід і вміст білка в м'ясі без негативного впливу на його текстуру чи фізико-хімічні показники (Morón-Fuenmayor et al., 2008). Також автори досліджень (Heuzé et al., 2020) відзначають позитивний ефект використання, економічно вигідних дуже низьких доз біомаси вермикультури, (0,2–0,4 %) обгрунтовуючи це можливим пробіотичним впливом.

Зустрічаються дані досліджень щодо можливості використання продукції вермикультивування в годівлі перепелів. Наприклад, Nazeri R. et al. (2021) вивчали включення mealworm meal (EW) та біогумусу (VH) в раціон перепелів, яких утримували для одержання яєць. Найкращі показники живої маси, споживання корму й маси яєць отримали за включення до комбікормів за масою 1,5 % борошна із вермикультури + 0,8 % біогумусу. Проте, за вищих доз кормових добавок (2,5 %) спостерігалось зменшення товщини шкаралупи; це вказує на поріг, після якого ефект може бути неефективним. Адже і в наших дослідженнях доза стабілізованого екстракту із біомаси вермикультури у комбікормах 0,05 % з господарської точки зору не була ефективнішою для перепелів ніж доза 0,04 %.

Встановлені нами дані щодо відсутності порушень білкового обміну (вміст загального білка, активність амінотрансфераз, вміст сечової кислоти) у печінці перепелів за згодовування їм комбікормів із вмістом стабілізованого екстракту із біомаси вермикультури є підтвердженням, що кормова добавка не викликає ознак токсичності, а навпаки – може стимулювати метаболічну активність. У подібному дослідженні на бройлерах (Bahadori et al., 2017; Chashmidaria et al., 2021) показали, що застосування у складі комбікормів борошна із вермикультури та біогумусу сприяє поліпшенню продуктивності птиці без проявів токсичної дії.

Можливим механізмом стимулюючої дії стабілізованого екстракту вермикультури на прирости перепелів може бути не лише наявність амінокислот, а й дія інших біологічно активних речовин, феромонів страху і пробіотиків через механізм активування метаболічних процесів. Дослідники Arshad et al., (2023) стверджують, що біомаса черв'яків багата на незамінні амінокислоти і метали-біотики. Вони наголошують на тому, що білок вермикультури може бути екологічною альтернативою традиційним джерелам білка в годівлі птиці.

Крім того, екстракт із біомаси вермикультури стабілізований на сухій сироватці – може мати переваги

порівняно із нативними кормовими добавками із черв'яків. Автори (Heuzé et al., 2020) зазначають, що стабілізація може зменшити мікробне навантаження, втрату активних сполук, підвищити безпеку продукту.

Ganapathy et al. (2025) у своїх працях підкреслюють, що екстракт з біомаси черв'яків, включно з гуміновими сполуками вермікомпосту, має широкий біологічний потенціал – не лише як поживна добавка, а й як функціональний інгредієнт. Це доповнює наше ствердження, що не тільки поживна цінність, а й функціональні властивості екстракту відіграють роль в стимулюванні приросту птиці. Перспективність використання продуктів із вермикультури підтверджується у публікаціях (Sogbesan & Ugwumba, 2008). Де стверджується, що використання елементів вермикультури (біомаса вермикультури і вермікомпосту) може бути стійким рішенням — черв'яки переробляють відходи, знижуючи витрати і забруднення, і одночасно дають цінний компонент для кормів.

Отже, наші дослідження підтверджують ефективність використання стабілізованого екстракту із біомаси вермикультури в годівлі перепелів в загальному не розбігаються із науковими результатами отриманими іншими авторами і є певним доповнення до них.

Висновки

Доведено, що за згодовування молодняку перепелів комбікормів із вмістом стабілізованого екстракту із біомаси вермикультури 0,04 % маса тіла птиці на 45 добу та середньодобові прирости збільшуються, відповідно, на 4,6 та 4,7 % відносно перепелів, яким згодовували комбікорми без вмісту стабілізованого екстракту із біомаси вермикультури.

Додавання до комбікормів стабілізованого екстракту із біомаси вермикультури у дозі 0,04 % сприяє зниженню витрат корму на одиницю маси тіла перепелів на 6,3 % у порівняні із контрольною групою.

Споживання перепелами комбікормів із вмістом стабілізованого екстракту із біомаси вермикультури у дозі 0,04 % не викликає порушення білкового обміну у їх печінці.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів.

References

Arshad, M., Abbas, G., Jaffery, S., Hashmi, A. H., Hussain, I., Mustafa, A., Rehman, A., Iqbal, A., Khan, R., Mahmood, A., Mahmood, T., Javed, S., Mahmood, R., Alvi, M. A., Haq, A. U., Ali, M. H., Rehman, M. S., Iqba, T. A., Mehboob, U., Khan, S., Saleem, M. M., Hassan, S. E., assnain Munir, & Qureshi, R. A. M. (2023). Earthworm meal: a novel non-conventional feed ingredient for sustainable poultry production. Pakistan Journal of Science, 74(4), 3830391. DOI: 10.57041/vol74iss4pp%25p.

Bahadori, Z., Esmaielzadeh, L., Karimi-Torshizi, M. A., Seidavi, A., Olivares, J., Rojas, S., Salem, A. Z. M., Khusro, A., & López, S. (2017). The effect of earthworm (Eisenia foetida) meal with vermi-humus on growth performance, hematology, immunity, intestinal microbiota, carcass characteristics, and meat quality of broiler chickens. Livestock Science, 202, 74–81. DOI: 10.1016/j.livsci.2017.05.010.

Castillo, A. E., Benito, S. G., & Iglesias, M. C. (2005). Influence of earthworms on organic waste composting and characterisation of vermicompost end products. Spanish journal of agricultural research, 3(1), 145. DOI: 10.5424/sjar/2005031-134.

Chashmidari, Y., Esmaielzadeh, L., Karimi-Torshizi, M. A., Seidavi, A., da Silva Araujo, C. S., & Araujo, L. F. (2021). Feed supplementation with vermi-humus and earthworm (Eisenia foetida) powder on broiler productivity. Italian Journal of Animal Science, 20(1), 1054–1062. DOI: 10.1080/1828051X.2021.1932615.

Chia, S. Y., Tanga, C. M., Osuga, I. M., Alaru, A. O., Mwangi, D. M., Githinji, M., Dubois, T., Ekesi, S., van Loon, J. J. A., & Dicke, M. (2021). Black soldier fly larval meal in feed enhances growth performance, carcass yield and meat quality of finishing pigs. Journal of Insects as Food and Feed, 7(4), 433–447. DOI: 10.3920/JIFF2020.0072.

Daş, G., Brameld, J. M., Parr, T., Seyedalmoosavi, M. M., Görs, S., & Metges, C. C. (2024). Effects of feeding earthworm or vermicompost on early life performance of broilers under challenging dietary conditions. Poultry science, 103(12), 104341. DOI: 10.1016/j.psj.2024.104341.

Ganapathy, N. R. V., Elango, A. C., Balaji, G., Sankaranarayanan, M., & Sharma, M. (2025). A comprehensive review of earthworm-derived vermiproducts and their role in sustainable agriculture. Discover Applied Science, 7, 995. DOI: 10.1007/s42452-025-07614-w.

Herasymenko, V. H., Herasymenko, M. O., & Tsvilikhovskyi, M. I. (2006). Biotekhnolohiia: Pidruchnyk. K.: Firma "INKOS" (in Ukrainian).

Heuzé, V., Tran, G., Sauvant, D., Bastianelli, D., & Lebas, F. (2020). Earthworm meal. Feedipedia, a programme by INRAE, CIRAD, AFZ and FAO. Last updated on November 3, 2020. URL: https://www.feedipedia.org/node/665.

Instruktsiia do naboru reaktyviv dlia vyznachennia sechovoi kysloty v biolohichnykh ridynakh (kat. № NR017.01.) Zatverdzhena Instytutom AMN Ukrainy vid 10 zhovtnia 2003 roku. K. (in Ukrainian).

Kovtun, P. V., & Merzlov, S. V. (2024) Masa tila Sherax Quadricarinatus ta pokaznyky vmistu HS-hrup u yikh pechintsi za vkliuchennia u ratsiony riznykh doz biomasy vermykultury. Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy, 1/107. DOI: 10.31548/dopovidi.1(107).2024.016.

Lowry, O. H., Rosebrough, N. J., Farr, A. L., & Randall, R. J. (1951). Protein measurement with the Folin phenol reagent. The Journal of biological chemistry, 193(1), 265–275. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14907713.

Morón-Fuenmayor, O. E., Diaz, D., Pietrosemoli, S., Barrera, R., Gallardo, N., Peña, J., & Leal, M. (2008). Efecto de la inclusión de harina de lombriz sobre el rendimiento en canal, en cortes y calidad físico-química de la carne de codorniz (coturnix coturnix japonica). Revista de la Facultad de Agronomía, 25(4), 674–684.

Nazeri, R., Esmaielzadeh, L., Karimi-Torshizi, M.-A., Seidavi, A., & Zangeronimo, M. G. (2021). Use of earthworm meal with vermi-humus in diet for laying quail. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 56. DOI: 10.1590/s1678-3921.pab2021.v56.02453.

Reitman, S., & Frankel, S. (1957). A colorimetric method for the determination of serum glutamic oxalacetic and glutamic pyruvic transaminases. American journal of clinical pathology, 28(1), 56–63. DOI: 10.1093/ajcp/28.1.56.

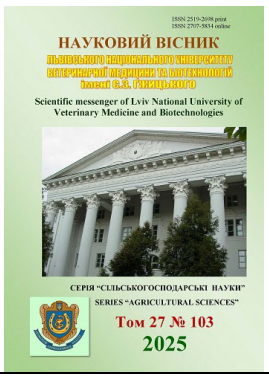
Sogbesan, A., & Ugwumba, A. (2008). Nutritional Evaluation of Termite (Macrotermes subhyalinus) Meal as Animal Protein Supplements in the Diets of Heterobranchus longifilis (Valenciennes, 1840) Fingerlings. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 8, 149–158. URL: https://www.trjfas.org/uploads/pdf_603.pdf.

Vovkohon, A. H., & Merzlov, S. V. (2014). Vplyv riznykh dzherel ta doz Yodu na naroshchuvannia biomasy hibryda chervonykh kaliforniiskykh cherviakiv. Seriia: Tekhnolohiia vyrobnytstva i pererobky produktsii tvarynnytstva. Naukovyi visnyk NUBiP Ukrainy, 202, 63–67 (in Ukrainian).

Yevropeiska konventsiia pro zakhyst khrebetnykh tvaryn, shcho vykorystovuiutsia dlia doslidnykh ta inshykh naukovykh tsilei (Strasburh, 1986). Zbirka dohovoriv Rady Yevropy. Kyiv : Parlamentske vyd-vo, 2000. 57 s. (in Ukrainian).

Zakon Ukrainy “Pro zakhyst tvaryn vid zhorstokoho povodzhennia” (2006). Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy, 27, 990 (in Ukrainian).

Zhang, H., Li, G., Gu, J., Wang, G., Li, Y., & Zhang, D. (2016). Influence of aeration on volatile sulfur compounds (VSCs) and NH_3 emissions during aerobic composting of kitchen waste. Waste management, 58, 369–375. DOI: 10.1016/j.wasman.2016.08.022.



Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького. Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences

ISSN 2519–2698 print
ISSN 2707-5834 online

doi: 10.32718/nvlvet-a10346
https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture

UDC 636.4:636.084.1:615.331

The effectiveness of the use of a bacterial preparation in feeding early weaned young pigs

E. G. Trachuk✉

Vinnytsia National Agrarian University, Vinnytsia, Ukraine

Article info

Received 20.09.2025
Received in revised form 20.10.2025
Accepted 21.10.2025

Vinnytsia National Agrarian University, Soniachna Str., 3, Vinnytsia, 21000, Ukraine.
Tel.: +38-097-111-28-47
E-mail: evgentrachuk2205@gmail.com

Trachuk, E. G. (2025). The effectiveness of the use of a bacterial preparation in feeding early weaned young pigs. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 27(103), 370–376. doi: 10.32718/nvlvet-a10346

One of the main reasons for the death of young pigs is diseases associated with disorders of the gastrointestinal tract, the causative agents of which are conditionally pathogenic microflora. The current situation has forced us to reconsider methodological approaches to the prevention and treatment of diseases caused by conditionally pathogenic microflora, and to recognize the need to develop a new generation of environmentally safe drugs that can take their place in the system of measures to ensure the biological protection of animals. Probiotic drugs that include live bacteria from among the main representatives of the normal intestinal biocenosis, such as lactobacilli, bifidobacteria, streptococci, most fully meet these requirements. As a result of the research, the effect of the bacterial drug "Enterofors" on the productive qualities of early-weaned young pigs, changes in live weight, digestibility of nutrients and energy metabolism was studied. As a result of the study of the effect of different doses of the drug on the productivity of early weaned young animals, an increase in the average daily gain in the experimental groups by 50 and 35 %, as well as live weight by 33.3 % and 23.8 %. At the same time, feed consumption per kilogram of gain decreased in the first and second experimental groups by 10.3 % and 6.2 %, respectively. It was established that feeding the bacterial drug "Enterofors" at a dose of 4 g/head/day, significantly contributes to an increase in the digestibility of dry matter of feed by 5.2 %, the digestibility of crude protein by 3.8 %, crude fat by 0.2 %, crude fiber by 2.3 % and BER by 8.2 %. The digestibility of calcium and phosphorus when feeding the studied preparation in doses of 4 and 6 ml/head/day was higher by 2.9 % and 4.4 %, respectively. Studies of metabolic processes in the body of the experimental young animals showed that the amount of energy excreted with feces and urine in the control group was higher by 23.4 % and 39.4 %, respectively, the amount of energy absorbed in the experimental group was higher by 8.9 %. Feeding "Enterofors" in a dose of 4 ml/head/day contributed to an increase in the level of metabolic energy by 2.75 MJ or 23.2 %, which has an undoubtedly positive effect on the productive indicators of the experimental animals.

Keywords: *bacterial preparation, pigs, young pigs, feeding, productivity, digestibility of nutrients, energy metabolism.*

Ефективність застосування бактеріального препарату в годівлі ранньовідлученого молодняку свиней

Є. Г. Трачук✉

Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, Україна

Однією з основних причин відходу молодняку свиней є захворювання, пов'язані з порушеннями діяльності шлунково-кишкового тракту, збудниками яких є умовно-патогенна мікрофлора. Ситуація, що склалася, змусила переглянути методологічні підходи до профілактики та лікування захворювань, що викликаються умовно-патогенною мікрофлорою, і визнати необхідність розробки нового покоління екологічно безпечних препаратів, здатних зайняти своє місце в системі заходів щодо забезпечення біологічного захисту тварин. Найбільш повно цим вимогам відповідають пробіотичні препарати, до складу яких входять живі бактерії з числа основних представників нормального кишкового біоценозу, такі як лактобацили, біфідобактерії, стрептококи. В результаті

проведення досліджень було вивчено вплив бактеріального препарату "Ентерофорс" на продуктивні якості ранньовідлученого молодняку свиней, зміну живої маси, перетравність поживних речовин та обмін енергії. В результаті дослідження впливу різних доз препарату на продуктивність ранньовідлученого молодняку встановлено збільшення середньодобового приросту в дослідних групах на 50 і 35 %, а також живої маси на 33,3 % та 23,8 %. При цьому витрати кормів на кілограм приросту знизились у першій і другій дослідних групах на 10,3 % та 6,2 % відповідно. Встановлено що згодовування бактеріального препарату "Ентерофорс" в дозі 4 г/гол./добу, вірогідно сприяє підвищенню перетравності сухої речовини корму на 5,2 %, перетравності сирого протеїну на 3,8 %, сирого жиру на 0,2 %, сирої клітковини на 2,3 % та БЕР на 8,2 %. Перетравність кальцію і фосфору при згодовуванні досліджуваного препарату в дозах 4 і 6 мл/гол/добу була вищою на 2,9 % і 4,4 % відповідно. Дослідженнями обмінних процесів в організмі піддослідного молодняку було встановлено, що кількість виведеної з калом і сечею енергії в контрольній групі була вищою на 23,4 % та 39,4 % відповідно, кількість засвоєної енергії в дослідній групі була вищою на 8,9 %. Згодовування "Ентерофорсу" в дозі 4мл/гол/добу сприяло підвищенню рівня обмінної енергії на 2,75 МДж або 23,2 %, що має безперечно позитивний вплив на продуктивні показники піддослідних тварин.

Ключові слова: *бактеріальний препарат, свині, молодняк свиней, годівля, продуктивність, перетравність поживних речовин, обмін енергії.*

Вступ

Травний тракт тварин являє собою мікробіоценоз, що забезпечує захист і розвиток організму. З перших хвилин життя в шлунково-кишковий тракт надходить безліч різноманітних груп мікроорганізмів, однак не всі вони приживаються в кишечнику. У процесі еволюційного розвитку сформувався певний мікробіоценоз кишечнику, обумовлений постійною нормальною або резидентною мікрофлорою.

Кишечник тварин заселяється чужорідною мікрофлорою, проте кишкова імунна система зберігає нормальний гомеостаз і фактично толерантна до більшості кишкових мікроорганізмів. Толерантність відображає переваги властиві постійній кишковій мікрофлорі, що забезпечує організм господаря деякими поживними речовинами, включаючи жирні кислоти, а також вітамінами К і групи В, амінокислоти.

Основні представники мікробіоценозів кишечнику – молочнокислі та біфідобактерії. Популяції цих бактерій розташовані на поверхні оболонки слизової, приєднуючись до мембран ентероцитів, або локалізовані в безпосередній близькості від поверхні епітелію, в шарі муцина, що покриває мембрани епітеліальних клітин. З урахуванням цього принципу мікроорганізми, асоційовані зі слизовою оболонкою, становлять мукозну мікрофлору (М-флору), а ті, що локалізуються в просвіті кишок – порожнинну (П-флору).

Встановлено, що склад П- і М- мікрофлори травного тракту може істотно відрізнятися за кількісними та якісними характеристиками і по-різному змінюватися залежно від раціону годівлі та зовнішніх впливів (Razanova, 2018).

Більшість авторів зазначають, що постійна присутність в кишечнику адгезованих на його стінці резидентних мікроорганізмів запобігає розмноженню патогенів, їх входженню в ентероцити і проходженню через кишкову стінку. Кишкові бактерії захищають господаря від патогенів, а також формують передню лінію захисту слизової. Завдяки успішній конкуренції за необхідні поживні речовини або за епітеліальні ділянки прикріплення, бактерії кишечнику запобігають колонізації кишечнику патогенними мікроорганізмами. Утворюючи антимікробні сполуки, енергозалежні жирні та хімічно модифіковані жовчні кислоти, бактерії кишечнику створюють локальне навколишнє середовище, несприятливе для розвитку патогенних мікроорганізмів. Резидентна кишкова мікрофлора стимулює відновлення імунних клітин підслизового шару, які утворюють другий шар захисту.

Аналіз наявних літературних даних свідчить про багатогранний вплив пробіотиків на мікроекологію травного тракту тварини.

Найбільш важливими аспектами взаємодії пробіотичних штамів з мікрофлорою кишечнику й організмом тварини є утворення антибактеріальних речовин, конкуренція за поживні речовини і місце адгезії, зміна мікробного метаболізму (збільшення або зменшення ферментативної активності), стимуляція імунної системи тощо.

Пробіотики використовують для стимуляції неспецифічного імунітету, профілактики і лікування при змішаних шлунково-кишкових інфекціях, розладах травлення аліментарної етіології (дисбактеріози, гострі молочно-кислі ацидоз та ін.), що виникають внаслідок різкої зміни складу раціону, порушень режимів годівлі, технологічних стресів та інших причин, перевстановленні мікробіоценозу травного тракту після лікування антибіотиками та іншими антибактеріальними хіміотерапевтичними засобами, заміни антибіотиків в комбікормах, поліпшення процесів травлення, прискорення адаптації тварин до високоенергетичних раціонів і небілкових азотистих речовин, підвищення ефективності використання корму і продуктивності тварин.

Пробіотики мають різнобічну фармакологічну дію. Позитивний ефект пробіотиків обумовлений їхньою участю в процесах травлення і метаболізму організму-господаря, біосинтезу і засвоєнням білка і багатьох інших біологічно активних речовин, забезпеченням резистентності макроорганізму. Нормальна діяльність багатьох систем і органів тварин значною мірою залежить від видового складу та міжвидового співвідношення мікроорганізмів, що заселяють їх з моменту народження (Vovk et al., 2021; Hutsol et al., 2023; Kolechko et al., 2023).

Участь симбіонтних мікроорганізмів в азотистому (білковому) харчуванні є однією з основних їх функцій. В результаті складних біохімічних процесів, що протікають в шлунково-кишковому тракті господаря, мікроорганізми, засвоюючи поживні речовини, що надходять розмножуються, ростуть і швидко збільшують свою біомасу. Відмираючи, вони перетравлюються і засвоюються організмом, будучи джерелом білка.

Симбіонта флора завдяки ферментаційній активності здатна синтезувати багато біологічно активних речовин: органічні кислоти, спирти, ліпіди, вітаміни, особливо групи В, сполуки тетрапірольної структури. Всмоктуючись у кровоносне русло, багато хто з них активно беруть участь в енергетичному і вітамінному обміні, відіграючи важливу роль в життєзабезпеченні організму господаря (Petrychenko & Kulyk, 2005).

Органічні кислоти посилюють перистальтику і секрецію кишечнику, чим сприяють перетравленню корму і підвищують резорбцію кальцію і заліза. Поліфосфати бактерій беруть участь в перенесенні цукрів в клітини, виконуючи функцію гексокінази.

Разом з тим симбіонти здатні синтезувати метаболіти, що володіють антитоксичною дією. Так, молочнокислі бактерії виробляють речовину, здатну нейтралізувати ентеротоксин кишкової палички, патогенної для свиней. Пробіотична мікрофлора бере участь і в інактивації надлишку деяких травних ферментів, детоксикації окремих ендогенних і екзогенних речовин.

Іншою функцією молочнокислих бактерій є захист від патогенної мікрофлори, яка забезпечується різними механізмами. Неспецифічний захист кишечнику від патогенних бактерій і вірусів, що володіють генетично детермінованими інвазійними властивостями, місцева мікрофлора виконує шляхом створення антагоністичного бар'єру, так званої колонізаційної резистентності кишечнику. Вступаючи в тісний контакт зі слизовою оболонкою кишечнику і покриваючи поверхню товстим шаром, вона механічно оберігає її від проникнення патогенних мікроорганізмів.

Антибактеріальна активність молочнокислих бактерій обумовлена здатністю продукувати спирти, перекис водню, молочну, оцтову та інші органічні кислоти, синтезувати лізоцим і антибіотики широкого спектру дії (лактолін, низин, ацидофілін, лактоцид і ін.). Вони можуть пригнічувати ріст інших видів також за рахунок більш високого біологічного потенціалу, швидкого розмноження, зміни pH або окислювально відновного потенціалу середовища.

Антагонізм кишкової палички забезпечується також продукцією бактеріоцинів. Кілька бактеріоцинів виявили у *L. acidophilus*, описали два бактеріоцини: лактацін В і лактацін F.

Крім лактобацил бактеріоцини утворюють грамнегативні кишкові бактерії, ентерококи, стрептококи і багато інших груп мікроорганізмів. Серед бактерій рубця бактеріоциногенію виявили у *Streptococcus bovis* і анаеробів роду *Butyrivibrio*.

Бактеріоциногенія в екосистемі травного тракту птиці і тварин є важливою проблемою, яка потребує пильної уваги дослідників.

У ряді досліджень показано, що кишковий мікробіоциноз може змінювати рівень холестерину в сироватці крові. У безмікробних тварин, що утримуються на збагачених холестерином раціонах, акумулюється приблизно в 2 рази більше холестерину в крові, ніж у тварин з нормальною мікрофлорою. Останні екскретують холестерину в фекаліях більше, ніж безмікробні тварини, і це дає підстави вважати, що кишкова мікрофлора перешкоджає його всмоктуванню з кишечнику (Razanova, 2018).

Відомо, що дослідження з чистими культурами лактобацил показали, що вони здатні асимілювати холестерин. Автори встановили, що *L. acidophilus* в присутності жовчі і в анаеробних умовах активно видаляла холестерин з лабораторних середовищ.

Згубну дію на патогенні мікроорганізми симбіонти можуть проявляти за рахунок активації ферментів слини і підшлункової залози, а також секреції залоз шлунка і кишечнику, деконьюгації солей жовчних кислот.

Найбільшою мірою антагоністична активність виражена у ацидофільних бактерій, біфідобактерій, молочнокислого стрептокока та ін.

Пробіотик широко застосовують для профілактики дисбактеріозів молодняку сільськогосподарських тварин. Помилково розглядати дисбактеріози як механічний процес надмірного розвитку умовно патогенної мікрофлори під впливом зовнішніх факторів без урахування реакцій організму-господаря. Основною передумовою розвитку кишкових дисбактеріозів з боку макроорганізму є імунодефіцитний стан, обумовлений поєднаним ефектом еволюційних особливостей розвитку імунної відповіді в ранньому післяпологовому періоді і впливом зовнішніх імунодепресивних факторів, таких як технологічний стрес, лікарська і антибіотикова терапія, надмірне навантаження антигенами при планових вакцинаціях, дефіцит білків і вітамінів, порушення молозивного імунітету та ін. Наслідки імунологічної депресії, насамперед проявляються зрушенням регуляторної функції макроорганізму, яка підтримує баланс між нормальною і умовно-патогенною кишковою мікрофлорою.

Недооцінка особливостей імуногенезу дисбактеріозів призводить до того, що пробіотики, які містять штами лактобацил з високою колонізаційною активністю, втрачають свій адгезивний зв'язок з рецепторами клітин кишечнику і препарати стають малоефективними в профілактиці дисбактеріозів.

Включення пробіотиків в технологію вирощування молодняку – найбільш сучасний спосіб профілактики шлункових хвороб, заснований на екологічно безпечних механізмах підтримки високого рівня колонізаційної резистентності кишечнику. Світова практика довела, що пробіотики запобігають ризику контамінації кишечника теплокровних тварин умовно-патогенними бактеріями і знижують частоту їх виділення з органів тварин при забої (Voloshchuk et al., 2014; Ohorodnichuk & Ohorodnichuk, 2017).

Можливості використання пробіотиків у ветеринарії зачіпають досить широке коло проблем, починаючи від корекції кишкового біоценозу і поширюючись на корекцію імунної, гормональної та ферментативної систем молодняку. У зв'язку з цим вітчизняні та зарубіжні вчені вважають за необхідне впровадження пробіотиків в систему вирощування тварин для профілактики шлунково-кишкових захворювань молодняку, підтримки колонізаційної резистентності кишечнику, підвищення фізіологічного статусу організму новонароджених тварин, стимуляції росту і розвитку, отримання якісної продукції, безпечної в ветеринарно-

санітарному плані (Voloshchuk et al., 2014; Podolian, 2015; Ohorodnichuk & Ohorodnichuk, 2017).

Широкомасштабну роботу по розробці нових пробіотиків на основі лактобактерій і обґрунтуванню концепції їх застосування проводиться з початку 90-х років минулого століття. За цей час проведено екологічні дослідження мікробіотопів здорових і хворих шлунково-кишковими хворобами поросят і телят різновікових груп. Проведено вивчення екологічних характеристик ізолятів лактобацил, виділених з кишечнику здорових та хворих тварин. Визначено видовий склад лактофлори кишечнику поросят. Науково обґрунтовано критерії відбору штамів лактобактерій для виробництва пробіотиків ветеринарного призначення.

Дослідження ряду авторів показали, що популяція лактобацил в кишечнику тварин являє собою сформовану, стійку до хімічних детермінант групу, антагоністичні властивості якої статистично достовірно асоціюють з рівнем продукції молочної кислоти, перекису водню та інших біологічних сполук, синергічно підсилюють антисептичні властивості цих мікроорганізмів.

Виявлено, що антагоністичні властивості лактобацил корелюють з їх адгезивною активністю. Встановлено, що в процесі життєдіяльності лактобацили виробляють метаболіти, які знижують колонізаційний і персистентний потенціал ентеробактерій.

Практика показує, що включення пробіотиків, до складу яких входять лактобактерії, знижує захворюваність шлунково-кишковими хворобами молодняку, скорочує тривалість вирощування, знижує витрати кормів, підвищує безпеку. Пробіотики поліпшують забійні і м'ясні якості молодняку свиней (Kucheriavyi & Boichuk, 2015; Ohorodnichuk, 2016; Chudak et al., 2017).

В останні роки активізувалося вивчення біологічних властивостей і селекція штамів бактерій, найбільш активних в пробіотичному плані. Перспективними вважають напрямки по відбору штамів, видоспецифічності для кишкового біоценозу конкретного виду тварини, що володіють високою колонізаційною і антагоністичною активністю. Удосконалюються методики оцінки антагоністичних властивостей штамів в порівняльному аспекті з біохімічними і ферментативними їх властивостями.

Використання пробіотиків свідчить про те, що пробіотики повинні розглядатися як невід'ємний компонент раціональної годівлі тварин.

При вивченні літератури було встановлено той факт, що застосування пробіотиків не завжди супроводжується позитивним ефектом. У низці досліджень отримані суперечливі результати, що зумовлено, можливо, недостатньою вивченістю цих препаратів, невдалим підбором складу штамів бактерій, технологічними проблемами при їх виробництві і застосуванні й іншими причинами. Тому дане питання є актуальним і вимагає подальших досліджень.

Мета дослідження

Мета дослідження – вивчити вплив бактеріального препарату "Ентерофорс" на продуктивні якості ранньовідлученого молодняку свиней, зміну живої маси, перетравність поживних речовин та обмін енергії.

Матеріал і методи досліджень

При постановці науково-господарського досліду було відібрано три групи відлученого в 30-денному віці молодняку свиней по 20 тварин у групі. Формування груп проводилося за принципом аналогів, з урахуванням живої маси, віку, статі та стану здоров'я. Дослід проводився за схемою, наведеною в табл. 1, і тривав 45 днів. Дослідження проводились в умовах ТОВ "Липовецьке" м. Липовець.

Годівля і утримання поросят було групове, годували їх два рази на день комбікормами ПК-50-1 виробництва ТМ "Мультигейн", а також додавали молочну сироватку.

Згідно зі схемою досліду поросятам контрольної групи згодовували лише повнораціонний комбікорм.

Таблиця 1
Схема досліду

Група	Кількість тварин	Умови годівлі
Контрольна	20	Основний раціон (ОР)
1 – дослідна	20	ОР+ Ентерофорс 4 мл/гол./добу
2 – дослідна	20	ОР+ Ентерофорс 6 мл/гол./добу

Поросята 1-ї дослідної групи отримували додатково 4 мл/гол./добу, а 2-ї дослідної групи – 6 мл/гол./добу бактеріального препарату "Ентерофорс".

За вмістом поживних речовин, визначених за результатами хімічних аналізів, комбікорми, що використовуються в експерименті, мали приблизно однаковий склад і відповідали деталізованим нормам годівлі (Petrychenko & Kulyk, 2005; Ibatullin & Zhukorskyi, 2016; Popsui & Opara, 2016).

Рідка форма бактеріального препарату була вибрана не випадково. Багато виробників надають перевагу випуску сухих або ліофільних форм препаратів. Але в процесі висушування частина бактерій гине і слабшає. При проходженні через шлунково-кишковий тракт тварин до 90 % мікроорганізмів сухого пробіотика може загинути. Бактерії в складі рідкого пробіотика зберігають свою активність в конкуренції з патогенною флорою відразу після потрапляння в ентеральне середовище.

Препарат "Ентерофорс" розроблений на основі спеціально відселекціонованих штамів лактобактерій *Lactobacillus acidophilus*. Активність бактеріального препарату "Ентерофорс" становить $5 \cdot 10^9$ КУО в 1 мл. Він добре поєднується з комбікормом, не вимагаючи особливих умов при його використанні, добре зберігається в складі корму, не втрачаючи своїх активних біологічних властивостей. Виживання бактеріальних клітин в комбікормі досить висока: при температурі 18 °С активність через 10 днів знижується лише до $5 \cdot 10^7$ КОЕ/мл, при цьому підтримується висока біологічна активність за рахунок продуктів життєдіяльності бактерій.

Застосування даного препарата зміцнює імунітет тварин і підвищує збереженість поголів'я. Поліпшує

мікрофлору кишечнику шляхом колонізації кишкового епітелію, проявляє антагоністичну дію проти патогенних і умовно-патогенних мікроорганізмів. За рахунок цього створює сприятливі умови для травлення, покращує конверсію корму.

Динаміку живої маси під час досліду визначали шляхом індивідуального зважування при постановці на дослід, потім щомісяця і при знятті з досліду. При вирощуванні вираховували абсолютний, відносний і середньодобові прирости. Протягом експерименту враховували споживання корму.

На тлі науково-господарського досліду було проведено експеримент з вивчення перетравності поживних речовин і використання азоту, кальцію і фосфору.

Протягом усього балансового досліду вели журнал обліку згодованих кормів та їх залишків, виділень калу, сечі, відбору та консервування середніх проб.

Відбір проб залишків кормів здійснювали щодоби. Після закінчення досліду середні проби кормів, калу і сечі піддали хімічному аналізу за загальноприйнятими методиками

Біометрична обробка отриманого цифрового матеріалу проводилась за Н. А. Плохінським. Для позначення критерію вірогідності при рівнях ймовірності P = 0,95, P = 0,99 та P = 0,0999 різниці (t^d) у таблицях використано такі умовні позначення: * – P < 0,05, ** – P < 0,01, *** – P < 0,001.

Результати та їх обговорення

В результаті проведеного експерименту було отримано результати впливу різних доз випробуваного пробіотика “Ентерофорс” на динаміку росту поросят, падіж і збереженість поросят (табл. 2).

Таблиця 2

Динаміка зміни живої маси та збереженості поросят, M ± m, n = 20

Показники	Група		
	контроль	I дослідна	II дослідна
Кількість поросят, гол.	20	20	20
Кількість препарату, мл	–	4	6
Жива маса на початок досліду, кг	6,97 ± 0,12	7,06 ± 0,13	7,10 ± 0,15
Жива маса на кінець досліду, кг	20,56 ± 0,25	27,40 ± 0,23 *	25,46 ± 0,27**
Приріст живої маси,кг	13,60 ± 0,83	20,34 ± 0,87	18,36 ± 0,69
Середньодобовий приріст, г	302 ± 7,3	453 ± 12,5**	408 ± 10,4*
у % до контролю	100	150	135
Витрати кормів на 1 кг приросту,к.од.	2,90	2,60	2,72
Падіж поросят протягом досліду, шт.	2	0	1
Збереженість поросят, %	90	100	95

Примітка: * – P < 0,05, ** – P < 0,01, *** – P < 0,001

У порівнянні з іншими групами збереженість поросят у I дослідній групі найбільша і склала 100 %; в II дослідній – 95 %; а в контрольній – 90 % відповідно.

За дії згодовуваного препарату “Ентерофорс” ранньовідлученим поросятам спостерігалось вірогідне збільшення живої маси тварин I дослідної групи у кінці досліду на 6,48 кг, або 33,3 %. Тварини другої дослідної групи переважили контрольних за живою масою на 23,8 %, або 4,9 кг.

Найвищий середньодобовий приріст зафіксовано у поросят в I дослідній групі – 453 г, що на 151 г, або 50 % більше, ніж у контрольній. В II дослідній групі – 408 г, що на 106 г, або 35 %, переважав контроль. Найнижчий приріст був зафіксований в контрольній групі, який становив 302 г.

При цьому витрати кормів знизились на 10,3 % та 6,2 % в першій і другій дослідних групах відповідно.

Отримані результати дають можливість стверджувати, що згодовування досліджуваного бактеріального препарату позитивно впливає на ріст і розвиток ранньовідлучених поросят. Вони мали вищі темпи росту, а відповідно і більшу живу масу на кінець досліду. Для встановлення механізму формування продуктивності було проведено дослідження перетравності поживних речовин корму та дослідження обміну енергії.

Крім того, варто зазначити, що із 40 тварин у двох дослідних групах відійшло лише одне порося, тимчасом як у контрольній групі двоє із двадцяти. Такі результати дають підставу стверджувати, що досліджуваний препарат позитивно впливає на загальну резистентність організму, що узгоджується з дослідженнями інших науковців та літературними джерелами (Chudak et al., 2017; Razanova, 2018).

Оскільки в господарському досліді найбільш високий продуктивний ефект був отриманий при застосуванні препарату в дозі 4 мл/гол./добу, саме цю дозу було вибрано, щоб визначити вплив даного препарату на перетравність поживних речовин комбікорму, використання кальцію і фосфору.

Дослід з перетравності поживних речовин раціону тривав 15 днів, проводили його на поросятах після закінчення основного періоду досліду. За 10 діб до початку досліду підсвинки були поміщені в обмінні клітки з метою адаптації до незвичних умов утримання та годівлі. Схема годівлі була аналогічна годівлі під час господарського досліду.

За різницею споживаних поросятами поживних речовин з кормом і виділених поросятами поживних речовин в калі, згідно з даними досвіду, визначали перетравність поживних речовин раціону (табл. 3).

Таблиця 3
Показники перетравності поживних речовин раціонів, %, M ± m, n = 3

Показники	Поживні речовини, г						
	Суха речовина	Сирий протеїн	Сири жир	Клітковина	БЕР	Са	Р
Контрольна грппа (n = 3)							
Надійшло з кормом	1073,90	186,10	51,39	50,38	786,03	10,04	9,03
Виділено з калом	308,2 ± 10,8	51,36 ± 10,6	27,34 ± 1,5	35,87 ± 0,95	147,8 ± 10,4	3,53 ± 0,87	4,33 ± 0,66
Перетравлено	765,7 ± 0,24	134,7 ± 0,56	24,05 ± 0,82	14,51 ± 1,2	638,3 ± 0,21	6,51 ± 0,3	4,70 ± 0,4
Коефіцієнт перетравності	71,3 ± 0,5	72,4 ± 0,4	46,8 ± 0,5	28,8 ± 0,6	81,2 ± 0,3	64,8 ± 0,2	52,0 ± 0,5
Дослідна група (n = 3)							
Надійшло з кормом	1073,90	186,10	51,39	50,38	786,03	10,04	9,03
Виділено з калом	252,4 ± 10,8	44,29 ± 9,5	27,24 ± 1,3	34,71 ± 0,96	83,32 ± 10,1	3,24 ± 0,85	3,94 ± 0,64
Перетравлено	821,5 ± 1,1	141,8 ± 0,49	24,15 ± 0,64	15,67 ± 0,67	702,7 ± 0,19	6,80 ± 0,8	5,09 ± 1,1
Коефіцієнт перетравності	76,5 ± 0,6*	76,2 ± 0,5	47,9 ± 0,2**	31,1 ± 0,5	89,4 ± 0,5***	67,7 ± 0,3	56,4 ± 0,4

Аналіз даних показав, що у поросят дослідної групи, які отримували з кормом бактеріальний препарат “Ентерофорс” в дозі 4 г/гол/добу, порівняно з їх контрольними аналогами перетравність сухої речовини була вищою на 5,2 % (P <0, 01).

Тварини дослідної групи також краще переварювали сирий протеїн, сирий жир, сиру клітковину і БЕР. Так, у поросят дослідної групи коефіцієнт перетравності сирого протеїну був більшим на 3,8 %, сирого жиру на 0,2 % (P < 0,05) і сирої клітковини на 2,3 %, а також БЕР на 8,2 % (P < 0,001) відповідно. Перетравність кальцію і фосфору щодо контрольної групи була вищою на 2,9 % і 4,4 % відповідно. Таким чином, поліпшення перетравності поживних речовин, ймовірно, пов’язано зі зміною мікрофлори кишечнику. За дії препарату підвищується доступність для організму тварини поступаючих з кормом енергії і поживних речовин, що призводить до збільшення продуктивності та зменшення витрат кормів.

Поліпшення перетравності поживних речовин дослідної групи поросят пояснюється ферментаційною активністю (амілолітичною, протеолітичною, ксилонотичною) бактеріального препарату “Ентерофорс”, яка своєю чергою активно бере участь в енергетичному і вітамінному обміні, відіграючи важливу роль в життєзабезпеченні організму поросят. Молочна кислота, що виробляється *Lacbacillus acidophilus*, підсилює перистатику і секрецію кишечника, сприяючи перетравленню корму.

Однією з умов раціонального використання поживних речовин раціону є засвоєння і обмін енергії в організмі поросят.

Показники обмінної енергії добових раціонів в наших дослідах розраховані за сумою перетравних поживних речовин і за рівняннями регресії (Калашников А.П. та ін. 1985).

Розподіл і обмін енергії раціону у поросят показано в таблиці 4.

Аналізуючи отримані результати, можна зазначити, що поросята контрольної і дослідної групи отримували однакову кількість валової енергії 21,17 МДж. Однак кількість енергії калу в контрольній групі була вищою на 39,4 %, отже, кількість засвоєної енергії в цій групі була нижчою на 8,9 %, що свідчить про нижчу перетравність поживних речовин раціону порівняно з дослідною групою.

Що стосується енергії сечі, варто зазначити, що в контрольній групі вона склала 3,53 МДж, що вище, ніж у дослідній групі, на 1,39 МДж або 39,4%.

Кількість обмінної енергії у дослідній групі була вищою, вона становила 14,56 МДж, що на 2,75 МДж вище, ніж у контрольній групі.

Таблиця 4
Розподіл і обмін енергії в організмі поросят, МДж, M ± m, n = 3

Показник	Група	
	контрольна	дослідна
Загальна енергія раціону (ЗЕ)	21,17 ± 0,37	21,17 ± 0,37
Енергія калу	5,83 ± 0,07	4,47 ± 0,15*
Перетравна енергія	15,34 ± 0,05	16,7 ± 0,18**
Енергія сечі	3,53 ± 0,18	2,14 ± 0,41*
Обмінна енергія (ОЕ)	11,81 ± 0,04	14,56 ± 0,17*
Енергія приросту	4,13 ± 0,11	5,63 ± 0,16**
Енергія тепловіддачі	7,68	8,93
Енергія приросту від ЗЕ, %	19,5	26,6
Енергія приросту від ОЕ, %	34,9	38,6
Енергетичних кормових одиниць	1,18	1,45

З отриманих даних можна зробити висновок, що перетравність поживних речовин раціону дослідної групи була вищою, а втрати поживних речовин в процесі обміну були нижчі. Своєю чергою це сприяло збільшенню обмінної енергії в обміні поживних речовин, що сприяло розподілу обмінної енергії на приріст живої маси (38,6 %) і збільшенню енергетичних кормових одиниць до 1,45.

Висновки

1. Препарат “Ентерофорс” в раціонах ранньовідлучених поросят сприяв вірогідному збільшенню живої маси поросят першої та другої дослідних груп на 6,48 кг (33,3 %) та 4,9 кг (23,8 %) відповідно. Відповідно найвищі середньодобові прирости фіксувались у поросят першої дослідної групи і становили 453 г/добу, в другій групі даний показник був на рівні 408 г/добу, що перевищувало значення контрольної групи на 151 і 106 г відповідно або на 50 % і 35 %. Найнижчий приріст був зафіксований в контрольній групі, який становив 302 г. Витрати кормів в дослід-

них групах молодняку свиней знизились на 10,3 % та 6,2 % в першій і другій дослідних групах відповідно.

2. Збереженість поросят у досліджуваних групах була наступною: у першій дослідній групі вона була найбільша і склала 100 %, в другій дослідній – 95 %, а в контрольній – 90 %, що свідчить про значний вплив досліджуваного кормового фактора на даний показник і узгоджується із подібними дослідженнями інших науковців.

3. За результатами досліджень встановлено, що згодовування бактеріального препарату "Ентерофорс" в дозі 4 г/гол./добу, вірогідно сприяє підвищенню перетравності сухої речовини корму на 5,2 % ($P < 0,01$) порівняно з контрольними поросятами. Подібна закономірність спостерігається і для перетравності сирого протеїну, сирого жиру, сирої клітковини та БЕР. Так, у поросят дослідної групи коефіцієнт перетравності сирого протеїну був більшим на 3,8 %, сирого жиру на 0,2 % ($P < 0,05$) і сирої клітковини на 2,3 %, а також БЕР на 8,2 % ($P < 0,001$) відповідно. Перетравність кальцію і фосфору щодо контрольної групи була вищою на 2,9 % і 4,4 % відповідно. Дані результати можна вважати доказом інтенсифікації процесів травлення та засвоєння поживних речовин кормів за дії препарату "Ентерофорс".

4. Аналіз розподілу і обміну енергії раціону поросят контрольної і дослідної групи свідчить про однакову отриману кількість валової енергії, а саме 21,17 МДж. Дослідженнями було встановлено, що кількість виведеної енергії калу і сечі в контрольній групі була вищою на 23,4 % та 39,4 % відповідно. Також кількість засвоєної енергії в контрольній групі була нижчою на 8,9 %, що свідчить про нижчу перетравність поживних речовин раціону порівняно з дослідною групою.

5. Розподіл обмінної енергії у дослідній групі був вищим на 2,75 МДж або 23,2%, становив 14,56 МДж.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів.

References

Chudak, R. A., Poberezhets, Yu. M., & Vozniuk, O. I. (2017) Efektyvnist vyroshchuvannia hibrydnykh svynei za vykorystannia kormiv riznoho vyrobnytstva, Zb.nauk.prats VNAU: Ahrarna nauka ta kharchovi tekhnolohii, 5(99), 11–16 (in Ukrainian).

Chudak, R. A., Podolian, Yu. M., & Babkov, Ya. I. (2017). Yakisni pokaznyky miasa svynei za dii kormovoi dobavky «Betain». Zb.nauk.prats VNAU: Ahrarna nauka ta kharchovi tekhnolohii, 2(96), 118–124. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/anxt_2017_2_18 (in Ukrainian).

Hutsol, A., Dmytruk, I., & Dmytruk, L. (2023). Productivity of young pigs when using probiotic preparations as part of granular combined feed. Feeds and Feed Production, 96, 172–179. DOI: 10.31073/kormovyrobnytstvo202396-16.

Ibatullin, I. I., & Zhukorskyi, O. M. (2016). Dovidnyk z povnotsinnoi hodivli silskohospodarskykh tvaryn. Ahrarna. Nauka (in Ukrainian).

Kolechko, A. V., Chudak, R. A., & Shpakovska, H. I. (2023). Efektyvnist zastosuvannia probiotychnykh preparativ v tvarynnytstvi. TOV "Druk" (in Ukrainian).

Kucheriavyi, V. P., & Boichuk, V. M. (2015). Peretravnist ta balans azotu molodniaku svynei pry zghodovuvanni bakterialnoho preparatu. ახალიაგრარულისაქართველო, 7(75), 8–11 (in Ukrainian).

Ohorodnichuk, H. M. (2016). Produktyvnist ta stan orhaniv travlennia u svynei za dii kormovykh dobavok. Zb.nauk.prats VNAU: Ahrarna nauka ta kharchovi tekhnolohii, 3(94), 79–86. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/anxt_2016_3_12 (in Ukrainian).

Ohorodnichuk, H. M., & Ohorodnichuk, I. O. (2017). Yakist miasa i produktyvnist svynei za dii kormovykh dobavok. Zb.nauk.prats VNAU: Ahrarna nauka ta kharchovi tekhnolohii, 3(97), 83–89. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/anxt_2017_3_13 (in Ukrainian).

Petrychenko, V. F., & Kulyk, M. F. (2005). Vyrobnytstvo, zberihannia i vykorystannia kormiv. Dilo (in Ukrainian).

Podolian, Yu. M. (2015). Vykorystannia probiotyka u hodivli perepeliv. SWorld, 3(40), 15–18 (in Ukrainian).

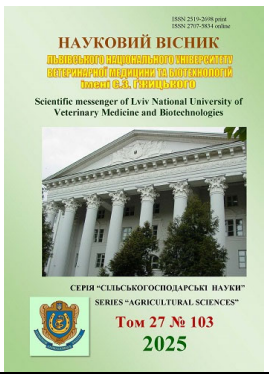
Popsui, V., & Opara, V. (2016). Yak ne dopustyty pomylok pid chas hodivli svynei. Agroexpert : prakt. posib. ahrariia, 11, 88–91 (in Ukrainian).

Razanova, O. P. (2018). Increasing meat quality quails fed by biological active additives based on submerged bees. Ukrainian Journal of Ecology, 8(1), 631–636. URL: https://www.ujecology.com/articles/increasing-meat-quality-quails-fed-by-biological-active-additives-based-on-submerged-bees.pdf.

Rudenko, Ye. V., Bohdanov, H. O., & Kandyba, V. M. (2011). Rekomendatsii z normovanoi hodivli svynei. Kharkiv (in Ukrainian).

Voloshchuk, V. M., Rybalko, V. P., Berezovskyi, M. D. ta in. (2014). Svynarstvo, Ahrarna nauka (in Ukrainian).

Vovk, S. O., Dmytrotsa, A. I., Polovyi, I. V., & Buchynskyi, V. M. (2021). Probiotyky v hodivli tvaryn i ptytsi. Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo, 69(1), 157–168. URL: https://phzt-journal.isgkr.com.ua/69%281%29/10.pdf (in Ukrainian).



Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького. Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences

ISSN 2519–2698 print
ISSN 2707-5834 online
doi: 10.32718/nvlvet-a10347
https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture

UDC 636.4.087.7:636.4.084.52

Fattening and slaughtering qualities of pigs using the feed additive "Kormocid"

G. Ogorodnichuk✉, Y. Zagamula

Vinnytsia National Agrarian University, Vinnytsia, Ukraine

Article info

Received 20.09.2025
Received in revised form 20.10.2025
Accepted 21.10.2025

Vinnytsia National Agrarian University, Soniachna Str., 3, Vinnytsia, 21000, Ukraine.
Tel.: +38-097-449-63-31
E-mail: ohorodnichukhalina@gmail.com

Ogorodnichuk, G., & Zagamula, Y. (2025). Fattening and slaughtering qualities of pigs using the feed additive "Kormocid". Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 27(103), 377–383. doi: 10.32718/nvlvet-a10347

The article presents data on the fattening and slaughtering qualities of pigs under the action of the feed additive "Kormocid". The additive includes five organic acids (formic, propionic, lactic, citric, ascorbic). The sum of organic acids in the finished product is not less than 50 %. The studied feed additive-acidifier "Kormocid" is produced by SE "Enzym", Ukraine. It was established that feeding the feed additive to fattening pigs at a dose of 1,0 kg/1t of compound feed is the most effective in terms of its effect on growth rate and slaughter performance of fattening pigs. The scientific experiment was conducted on 48 crossbred pigs (Large White x Landrace) 69 days old. The experimental pigs were divided into 4 groups (control and three experimental) of 12 animals each. The study lasted 100 days and consisted of 2 periods of equalization (15 days) and main (85 days). When forming the groups, the following factors were taken into account: age, live weight of animals, origin, sex, productivity, growth rate of pigs, etc. Feeding the compound feed "Growera" in combination with the drug "Kormocid" at a dose of 1,0 kg/1 ton of compound feed contributes to an increase in the live weight of pigs by 4,6 %, an increase in average daily gains by 11,5 % compared to control analogues. The introduction of the acidifier "Kormocid" in a dose of 1.0 kg/1t of compound feed to pigs during the feeding period of compound feed "Finisher" allows to increase the level of average daily gains by 13.2 % and live weight of animals by 8.2 % and reduce feed costs per unit of gain and increase payment for feed by gain. The results of the control slaughter of experimental pigs showed that the experimental acidifier in a dose of 1.0 kg/1t of compound feed provided an increase in slaughter weight and slaughter yield by 14.7 and 4.4 %, respectively. Feeding compound feed to pigs with the addition of an acidifier allows to reduce the thickness of the fat above the 6-7th thoracic vertebra by 1.9 mm ($P < 0.05$) and increase the area of the "muscle eye" by 2.3 cm² ($P < 0.05$).

Keywords: *feed additive, acidifier "Kormocid", fattening, pigs, live weight, growth rate, feed consumption, feed payment by gain, slaughter indicators, slaughter weight, slaughter yield.*

Відгодівельні та забійні якості свиней за використання кормової добавки "Кормоцид"

Г. Огороднічук✉, Ю. Загамула

Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, Україна

У статті представлено дані щодо відгодівельних та забійних якостей свиней за дії кормової добавки "Кормоцид". До складу добавки входить п'ять органічних кислот (мурашина, пропіонова, молочна, лимонна, аскорбінова). Сума органічних кислот у готовому продукті становить не менше 50%. Досліджувана кормова добавка-підкислювач "Кормоцид" виробляється ДП "Ензим", Україна. Встановлено, що згодовування свиням на відгодівлі кормової добавки в дозі 1,0 кг/1т комбікорму є найефективнішим з огляду впливу на інтенсивність росту та забійні показники свиней на відгодівлі. Науковий експеримент проведено на 48 помісних свинях (Велика біла х Ландрас) 69-добового віку, Піддослідні свині були розділені на 4 групи (контрольну та три дослідні) по 12 голів у кожній. Дослідження тривали 100 діб і складався з 2-х періодів зрівняльного (15 діб) і основного (85 діб). При формуванні груп враховували: вік, живу масу тварин, походження, стать, продуктивність, інтенсивність росту свиней тощо. Згодовування комбікорму "Гроуера" в поєднанні з препаратом "Кормоцид" у дозі 1,0 кг/1т комбікорму сприяє сприяє збільшенню живої маси свиней на 4,6 %, підвищенню середньодобових приростів на 11,5 % порівняно з контрольними аналогами. Введення у дозі 1,0 кг/1т

комбікорму підкислювача "Кормоцид" свиням у період згодовування комбікорму "Фінішер" дозволяє підвищити рівень середньодобових приростів на 13,2 % і живої маси тварин на 8,2% та знизити витрати кормів на одиницю приросту та підвищити оплату корму приростом. Результати контрольного забою піддослідних свиней показали, що досліджувальний підкислювач у дозі 1,0 кг/1т комбікорму забезпечив збільшення забійної маси та забійного виходу відповідно на 14,7 та 4,4 %. Згодовування комбікорму свиням із додаванням підкислювача дозволяє зменшити товщину шпику над 6-7 грудним хребцем на 1,9 мм (P < 0,05) та збільшити площу "м'язового вічка" на 2,3 см² (P < 0,05).

Ключові слова: *кормова добавка, підкислювач "Кормоцид", відгодівля, помісні свині, жива маса, інтенсивність росту, витрати кормів, оплата корму приростом, забійні показники, забійна маса, забійний вихід.*

Вступ

На сучасному етапі розвитку тваринництва актуальним завданням є збільшення виробництва м'яса, зокрема свинини. Досягнення цієї мети можливе за умови формування надійної кормової бази та широкого застосування у годівлі тварин високоефективних кормових добавок. Їх використання особливо ефективне у годівлі свиней за рахунок стимулювання організму та підвищення рівня обмінних процесів, продуктивності з одночасним зниженням витрат кормів на одиницю продукції (Ibatullin et al., 2014; Voloshchuk et al., 2014; Khalak et al., 2025; Lenkov et al., 2025; Mykhalko et al., 2025; Skliarenko et al., 2025).

В умовах тотальної заборони антибіотиків та гормональних стимуляторів продуктивності, кормові інновації спрямовані у напрямках використання: ферментів (мультиензимних композицій), пре- й пробіотиків, сорбентів, фітобіотиків, в тому числі органічних кислот (останні часто називають "підкислювачами".

Однією з основних умов використання органічних кислот є високий ступінь електролітичної дисоціації та характерний для середовища травного тракту (Vyslanko et al., 2009). Вони мають короткий шлях в енергоутворенні порівняно з глюкозою, активізують утворення ферментів підшлункової залози, кишківника та шлунку (Hutsol & Dmytruk, 2021). Органічні кислоти здатні активувати засвоюваність поживних речовин, підвищувати інтенсивність росту, регулювати популяцію кишкових бактерій, покращувати здоров'я кишківника, а також знижувати газоутворення. Поряд з цим автори зауважують, що результати застосування сумішок органічних кислот не завжди постійні, та може залежати від типу кислоти, дозування, складу кормів та віку тварин (Ibatullin et al., 2014).

Семенов С. О. та співавт. (Semenov et al., 2014) повідомляють, що підкислювачі кормів (органічні кислоти) є препаратами нового покоління, виготовлені на основі органічних кислот та їх сумішей. Знижують рівень кислотності в шлунку, покращують перетравність кормів, запобігають розладу шлунково кишкового шлунку. Підкислювачі здатні зменшувати значення pH до 3, створюючи оптимальні умови для перетравності білків і значно знижують навантаження на шлунок, що сприяє більшому виділенню соку та ферментів підшлункової залози. Вони мають бактерицидний ефект, зменшують бактерицидний ефект, зменшують вміст патогенних бактерій, покращують всмоктування поживних речовин у кишечнику і підвищують продуктивність тварин. Найбільш поширеними складовими цих препаратів є мурашина, пропіонова, фумарола, лимонна, ортофосфорна, бензойна, молочна та інші.

Встановлено, що органічні кислоти можуть чинити як бактеріостатичну, так і бактерицидну дію, яка залежить від рівня їх включення. Органічні кислоти можуть ефективно використовуватися разом з іншими кормовими добавками та бути альтернативою для антибіотиків (Upadhaya et al., 2014).

Органічні кислоти також відомі як ефективні консерванти, які захищають корми, що зберігаються від небажаного росту бактерій або грибків (Frank, 1994), а поліпшення якості кормів з часом може додатково сприяти підвищенню продуктивності. Основна дія, за допомогою якої підкислювачі зберігають інгредієнти корму, полягає у зниженні pH кормів (Partanen & Mroz, 1999).

Органічні кислоти можуть стимулювати секрецію ферментів підшлункової залози, знижувати pH шлунка, пригнічувати патогени, діяти як джерело енергії у проміжному метаболізмі шлунково-кишкового тракту, покращувати засвоєння мінералів за рахунок процесу хелатування, підвищувати загальну засвоюваність тракту та покращувати показники росту (Suiryanrayna & Ramana, 2015).

Доведено, що використання молочної кислоти у комбікормі сприяє підвищенню показників забою перепелів та виходу продуктів забою у %, при цьому найвищими вони виявилися у птиці, яка споживала комбікорм з вмістом молочної кислоти 0,5 мл/100 г. Виявлено, що залежно від рівня молочної кислоти у комбікормі та періоду вирощування птиці, змінюється інтенсивність росту м'язової тканини на певних ділянках тіла, що підтверджується показниками індексів м'ясних якостей тушок, при цьому найвища інтенсивність росту, яка була характерна для перепелів, яким згодовували комбікорм з вмістом 0,5 мл/100 г молочної кислоти, супроводжувалася найвищими значеннями м'ясності тушки, що на 1,1–1,9 % вище, ніж у контролі (Otchenashko et al., 2016).

Встановлено, що годівля курчат-бройлерів комбікормами з додаванням підкислювача сприяє збільшенню живої маси та збереженості птиці, зниженню витрат кормів на одиницю приросту, підвищенню показників забою: маси непатраної, напівпатраної, патраної тушок, грудних та стегнових м'язів (Syrovatko, 2021).

За результатами досліджень, одержаних за згодовування препарату Кроноцид-Л в кількості 1 л/тонн води в годівлі молодняку свиней, встановлено підвищення середньодобових приростів на 49,3 г за зниження витрат кормів на одиницю приросту на 0,48 кормових одиниць, або на 12,6 %. При цьому якість

м'яса піддослідних тварин не погіршилась (Kuzmenko et al., 2011).

На думку більшості експертів, застосування органічних кислот у тваринництві є ефективним та економічно виправданим (Nguyen et al., 2020; Syrovatko & Zotko, 2020; Hutsol & Dmytruk, 2021).

Зокрема, встановлено, що додавання до раціону свиней на відгодівлі 1 % комплексу L-яблучної кислоти, сприяє покращенню кольору свинини. За введення 0,5 % та 2 % комплексу L-яблучної кислоти спостерігається збільшення відповідно довжини туші та площі філейної частини, що значно покращує характеристики туш (Yan et al., 2022).

Піддослідні тварини, які отримували препарат "Кроноцид-Л" до складу якого входили мурашину, оцтову, ортофосфорну, молочну, лимонну, бурштинову та бензойну кислоти переважали свиней контрольної групи за живою масою відповідно на 5,9 та 7,4 %, середньодобовим приростом за весь період відгодівлі на 9,5 % (P < 0,05) (Ohorodnichuk et al., 2023).

Kavya et al. (2024) стверджують, що додавання органічних кислот до раціону свиней на відгодівлі можна вважати безпечним і може ефективно замінити антибіотики в раціонах свиней, не змінюючи склад м'яса та його якість.

У працях Pearlin et al. (2020), Scicutella et al. (2021) повідомляється що органічні кислоти, такі як масляна, мурашина, пропіонова або оцтова, поліпшують ріст, підвищують споживання і ефективність корму та яйценосність птиці.

Дослідженнями Van Immerseel et al. (2006) встановлено, що органічні кислоти знижують pH вмістимого шлунково-кишкового тракту птиці, зменшують ріст патогенних, чутливих до pH бактерій і тим самим сприяють росту корисних мікроорганізмів, таких як *Lactobacillus* spp. та *Bifidobacterium* spp.

Експериментальними дослідженнями Pearlin et al. (2020) доведено, що рниження pH підвищує протеолітичну активність шлункових ферментів і, зрештою, покращує перетравлення та засвоєння поживних речовин.

Кузьменко Л. М. та співавт. (Kuzmenko et al., 2011) повідомляють, що підсвинки, які отримували в раціоні підкислювач "Кроноцид-Л", при термічній обробці зразків м'язової тканини мали кращі показники вологоутримуючої здатності та нижче значення вмісту внутрішньом'язового жиру.

Мета дослідження

Метою наших досліджень було визначити відгодівельні та забійні якості свиней за використання кормової добавки "Кормоцид".

Матеріал і методи досліджень

Науково-господарський дослід проведено на 48 помісних свинях (Велика біла х Ландрас) 69-добового віку, згідно схеми представленої в таблиці 1.

Таблиця 1
Схема науково-господарського досліду

Група	Тривалість періоду, діб			Кількість тварин у групі, гол	Умови годівлі
	зрівняльний період, діб	основний			
		комбікорм "Гроуер"	комбікорм "Фінішер"		
1 контрольна	15	35	50	12	ОР*
2 дослідна	15	35	50	12	ОР* + препарат Кормоцид у дозі 0,5 кг/1т комбікорму
3 дослідна	15	35	50	12	ОР* + препарат Кормоцид у дозі 0,75 кг/1т комбікорму
4 дослідна	15	35	50	12	ОР* + препарат Кормоцид у дозі 1,0 кг/1т комбікорму

Примітка: *Основний раціон (комбікорм "Гроуер" та "Фінішер" відповідно періоду дорощування)

Дослід проводився за методом груп-аналогів (Ibatullin & Zhukorskyi, 2017). Піддослідні свині були розділені на 4 групи (контрольну та три дослідні) по 12 голів у кожній. Дослідження проводилися в умовах ФГ "Щербич", Вінницької області. Науково-господарський дослід тривав 100 діб і складався з 2-х періодів зрівняльного (15 діб) і основного (85 діб). При формуванні груп враховували: вік, живу масу тварин, походження, стать, продуктивність, інтенсивність росту свиней тощо.

Під час експерименту для годівлі свиней використовували комбікорм ТМ "Цехавіт". У період з 79 до 114 днів наукового експерименту свиням на відгодівлі згодовували комбікорм "Гроуер". До складу комбікорму "Гроуер", входили: пшениця – 35 %, кукурудза – 25 %, ячмінь – 25 %, Цехавіт Піг концентрат Гроуер – 15 %. Поживність такого раціону становила за обмінною енергією 2190 Ккал.

У період з 115 до 165 днів наукового експерименту свиням на відгодівлі згодовували комбікорм "Фінішер". До складу комбікорму "Фінішер", входили: пшениця – 40 %, ячмінь – 30 %, кукурудза – 20 %, Цехавіт Піг концентрат Фінішер – 10 %. Поживність такого раціону становила за обмінною енергією 2067 Ккал.

Контрольна група під час зрівняльного та основного періодів отримувала основний раціон (ОР) – повнораціонний комбікорм ТМ "Цехавіт". Свині 2-ої дослідної групи додатково до основного раціону отримували кормову добавку підкислювач "Кормоцид" у дозі 0,5 кг/1т комбікорму, тварини 3-ої експериментальної групи отримували препарат "Кор-

моцид” у дозі 0,75 кг/1т комбікорму, та свині 4-ої дослідної групи додатково до основного раціону отримували препарат “Кормоцид” у дозі 1,0 кг/1т комбікорму.

Кормовий підкислювач “Кормоцид” – високоякісна добавка на основі 5 органічних кислот (мурашина, пропіонова, молочна, лимонна, аскорбінова). Сума органічних кислот у готовому продукті становить не менше 50 %. Виробник ДП “Ензим”, Україна.

При проведенні науково господарського досліду використовували зоотехнічні, статистичні, фізіологічні, морфологічні гематологічні та біохімічні методи досліджень (Frank, 1994).

Облік росту тварин здійснювали шляхом індивідуального зважування на початок і кінець зрівняльного та основного періодів. За результатами зважування визначали живу масу тіла, середньодобові, абсолютні та відносні прирости живої маси протягом досліду. Під час експерименту проводили облік з’їдених кормів та обраховували витрати комбікорму на 1 кг приросту.

Для вивчення забійних показників наприкінці основного періоду досліду був проведений контрольний забій (по три голови з групи) і відібрані зразки внутрішніх органів для лабораторних досліджень. При забої визначали: перед забійну, забійну масу тварин, масу туші, вихід туші, забійний вихід, морфологічний склад туш, масу внутрішніх органів.

Статистичну обробку цифрового матеріалу проведено за допомогою персонального комп’ютера з програмним забезпеченням (Ibatullin & Zhukorskyi, 2017).

Результати та їх обговорення

Динаміка живої маси піддослідних свиней на відгодівлі за введення до раціону кормового препарату “Кормоцид” наведена на рисунку 1.

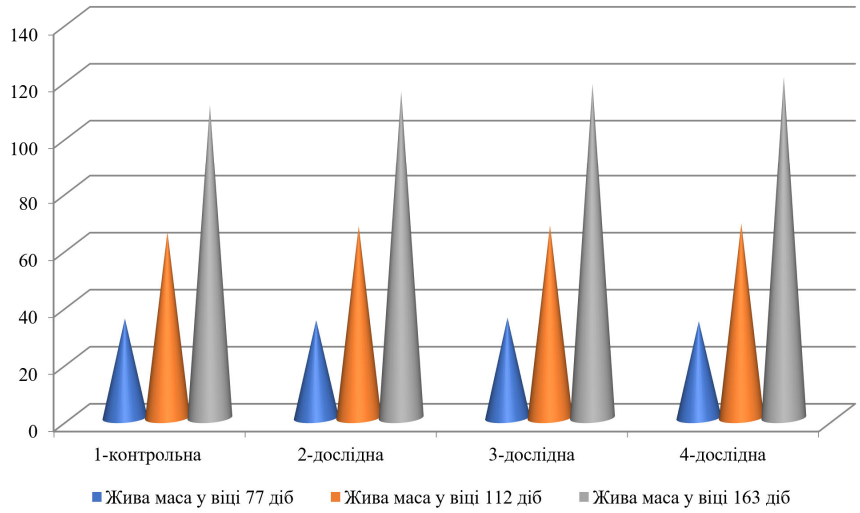


Рис. 1. Динаміка живої маси піддослідних свиней на відгодівлі за введення до раціону кормового препарату “Кормоцид”

Як видно з рисунку 1 інтенсивність росту тварин змінювалася, залежно від дози введеної добавки. Так, жива маса піддослідних свиней на кінець періоду згодовування комбікорму Гроуера (112 діб) знаходилася в межах від 65,1 до 68,1 кг, вірогідної різниці не спостерігалося. Поряд з цим, у четвертій дослідній групі де тварини додатково до основного раціону отримували препарат “Кормоцид” у дозі 1,0 кг/1т комбікорму спостерігалася найвища інтенсивність росту піддослідних тварин – 68,1 кг серед дослідних груп порівняно з контрольними аналогами (65,1). Розрахунок показників абсолютного приросту живої маси піддослідних свиней за період згодовування комбікорму Гроуера підтверджують підвищену інтенсивність росту саме у піддослідних тварин 4-ої дослідної групи.

За результатами середньодобових приростів живої маси піддослідні тварини другої, третьої та четвертої дослідних груп переважали аналогів контрольної групи відповідна на 75 г, 56 г та 113 г $P < 0,05$).

Слід відмітити, що відповідно до проведених розрахунків, спостерігається тенденція до підвищення показників відносного приросту у всіх дослідних групах відносно контрольної групи.

Виявлено підвищення інтенсивності росту свиней на відгодівлі у період згодовування комбікорму “Фінішер” За додаткового введення свиням на відгодівлі кормового підкислювача “Кормоцид” спостерігається підвищення інтенсивності росту тварин. У тварин 2-ої та 3-ої дослідних груп яким згодовували препарат “Кормоцид” у дозі 0,5 кг/1т та 0,75 кг/1т комбікорму “Фінішер” відмічено збільшення живої маси свиней відповідно на 4,3 % та у 3-ої групи на 6,7 % порівняно з контрольними аналогами. В той же час жива маса піддослідних тварин четвертої дослідної групи була вищою на 8,9 % порівняно із свиньми 1-ої контрольної групи.

За показниками абсолютного приросту піддослідних свиней на відгодівлі не спостерігається вірогідної різниці між дослідними та контрольною групами. Проте аналіз показників середньодобових приростів піддослідних тварин показав вірогідну різницю між четвертою дослідною та першою контрольною групою на 13,2 % **($P < 0,01$).

Відносний приріст у свиней четвертої групи на рівні 55,4 %, у тварин другої групи – 52,6 % та третьої – 52,2 % проти контрольних показників 51,6 %.

Таким чином згодовування кормового підкислювача – "Кормоцид" у складі раціонів свиням на відгодівлі позитивно впливає на інтенсивність росту свиней.

Про ефективність застосування кормового підкислювача "Кормоцид" при відгодівлі свиней можна судити на основі фактичного споживання кормів та витрати їх на одиницю живої маси (табл. 2).

Таблиця 2

Витрати кормів піддослідними тваринами за період відгодівлі (M ± m, n = 12)

Показник	Група			
	1 контрольна	2 дослідна	3 дослідна	4 дослідна
Витрати кормів за весь період досліду, кг	3084,0	3207,6	3175,2	3218,4
± до контролю	-	+123,6	+91,2	+134,4
Витрати кормів на 1 голову, кг	257,0	267,3	264,6	268,2
± до контролю	-	+10,3	+7,6	+11,2
Витрати кормів на 1 кг приросту, кг	3,4	3,3	3,2	3,1
± до контролю	-	-0,1	-0,2	-0,3
Оплата корму приростом	0,29	0,30	0,31	0,32
± до контролю	-	+0,01	+0,02	+0,03

Як свідчать одержані експериментальні дані, різні дози кормової добавки-підкислювача "Кормоцид" по різному впливають на витрати кормів на 1 кг приросту тварин.

В результаті досліджень встановлено, що додавання кормового підкислювача "Кормоцид" з розрахунку 1,0 кг/1т комбікорму забезпечує витрати кормів на 1 кг приросту на рівні – 3,1 кг, що на 8,8 % менше порівняно з витратами кормів на 1 кг приросту тваринами 1-ої контрольної групи. Слід зауважити, що це найкращий результат серед усіх дослідних груп.

Знову ж таки, рівень оплати корму приростом живої маси у помісних свиней 2-ої, 3-ої та 4-ої дослідних груп, яким додатково до основного раціону додавали кормову добавку-підкислювач "Кормоцид" була вищою відповідно на 0,02, 0,01 та 0,03 % порівняно з тваринами контрольної групи, які отримували лише основний раціон.

Забійні показники свиней за введення до раціону препарату Кроноцид представлено у таблиці 3.

Таблиця 3

Забійні показники свиней за введення до раціону препарату "Кормоцид" (M ± n, n = 4)

Показник	Група			
	1-контрольна	2-дослідна	3-дослідна	4-дослідна
Передзабійна маса, кг	110,4 ± 8,4	115,2 ± 9,2	117,8 ± 7,7	120,3 ± 8,2
Забійна маса, кг	82,6 ± 4,1	87,3 ± 3,2	90,8 ± 3,1	94,8 ± 2,8
Забійний вихід, %	74,8 ± 3,7	75,7 ± 3,3	77,1 ± 2,7	78,8 ± 2,9
Товщина шпику над 6–7 грудним хребцем, мм	33,9 ± 0,4	33,5 ± 0,3	32,7 ± 0,2	32,0 ± 0,3*
Внутрішній жир, кг	1,78 ± 0,08	1,74 ± 0,03	1,58 ± 0,04	1,61 ± 0,04
Площа "м'язового вічка", см²	46,5 ± 0,54	47,9 ± 0,41	47,1 ± 0,37	48,8 ± 0,61*
Маса голови, кг	4,57 ± 0,13	4,72 ± 0,14	4,81 ± 0,12	4,90 ± 0,15
Маса ніг, г:				
передні	798,0 ± 5,22	817,0 ± 5,56	821,0 ± 4,68*	829,4 ± 4,51*
задні	858,4 ± 4,78	872,1 ± 5,25	884,4 ± 4,82*	898,7 ± 5,01**

Примітка: вірогідність різниці: *(P < 0,05); **(P < 0,01)

Як свідчать дані таблиці 3, тварини, які споживали у складі раціону кормову добавку "Кормоцид" характеризувалися кращими забійними показниками.

Забійна маса свиней у 2-ї, 3-ої та 4-ої дослідних груп була вищою відповідно на 5,7 %, 9,9 % та 14,7 % порівняно з аналогами контрольної групи. За використання кормового підкислювача "Кормоцид" у свиней дослідних груп покращився також їх забійний вихід. Серед піддослідних груп, найвищим забійним виходом порівняно з контролем відрізнялися тварини 4-ої дослідної групи (78,8 ± 2,9).

За згодовування свиням на відгодівлі кормової добавки "Кормоцид" у дозі 1,0 кг/1т комбікорму вірогідно зменшується товщина шпику над 6–7 грудним хребцем (P < 0,05). За вмістом внутрішнього жиру суттєвої різниці між групами не існує. Поряд з цим спостерігається незначна тенденція до зменшення його у свиней на відгодівлі, які споживали комбікорм з різними дозами підкислювача.

У тварин 4-ої дослідної групи спостерігається збільшення площі "м'язового вічка" на 2,3 см², або на 4,9 % (P < 0,05) порівняно з свинями контрольної групи.

За результатами досліджень у свиней 3-ої та 4-ої дослідних груп, які отримували кормову добавку "Кормоцид" у дозі 0,75 та 1,0 кг/1т комбікорму було встановлено достовірне збільшення маси передніх та задніх ніг.

Таким чином, отримані результати проведеного експерименту свідчать, про те що введення кормового підкислювача "Кормоцид" до раціону свиней на відгодівлі сприяє покращенню забійних показників свиней.

Висновки

Встановлено позитивний вплив кормового підкислювача "Кормоцид" на інтенсивність росту та забійні показники свиней на відгодівлі.

Додавання до комбікорму "Гроуера" препарату "Кроноцид" у дозі 1,0 кг/1т комбікорму сприяє збільшенню живої маси свиней на 4,6 %, підвищенню середньодобових приростів на 11,5 % порівняно з контрольними аналогами.

Введення у дозі 1,0 кг/1т комбікорму підкислювача "Кормоцид" свиням у період згодовування комбікорму "Фінішер" дозволяє підвищити рівень середньодобових приростів на 13,2 % і живої маси тварин на 8,2 % та знизити витрати кормів на одиницю приросту та підвищити оплату корму приростом.

Результати контрольного забою піддослідних свиней показали, що досліджувальний підкислювач у дозі 1,0 кг/1т комбікорму забезпечив збільшення забійної маси та забійного виходу відповідно на 14,7 та 4,4 %.

Згодовування комбікорму свиням із додаванням підкислювача дозволяє зменшити товщину шпику над 6–7 грудним хребцем на 1,9 мм ($P < 0,05$) та збільшити площу "м'язового вічка" на 2,3 см² ($P < 0,05$).

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів.

References

Frank, K. (1994). Measures to preserve food and feeds from bacterial damage. UÈ bersichten zur TierernaÈhrung, 22, 149–163.

Hutsol, A. V., & Dmytruk, I. V. (2021). Vplyv fumarovoi ta molochnoi kyslot na miasnu produk-tyvnist molodniaku velykoi rohatoi khudoby. Kormy i kormovyrobnytstvo, 92, 129–136 (in Ukrainian).

Ibatullin, I. I., & Zhukorskyi, O. M. (2017). Metodolohiia ta orhanizatsiia naukovykh dosli-dzhen. Navchalnyi posibnyk. Kyiv: Ahrar. Nauka (in Ukrainian).

Ibatullin, I. I., Melnyk, Yu. F., & Otchenashko, V. V. (2014). Praktykum z hodivli silskohos-podarskykh tvaryn. Kyiv (in Ukrainian).

Kavya, A., Devasena, B., Suryanarayana, M. V. A. N., Kalyana Chakravarthi, Bhaskara Reddy, G. V. & Nagi Reddy, G. (2024). The influence of dietary single and blend of organic acids on slaughter parameters and meat quality in finishing pigs. International Journal of Advanced Biochemistry Research, SP-8(2), 283–288. DOI: 10.33545/26174693.2024.v8.i2Sd.561.

Khalak, V., Kostenko, O., Rodchenko, L., Gutyj, B., Martyshuk, T., & Vus, U. (2025). Physicochemical properties of muscle tissue of young pigs of the large white breed of foreign origin, their variability, and correlation with biochemical parameters of blood serum. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences, 27(118), 133–140. DOI: 10.32718/nvlvet11818.

Kuzmenko, L. M., Vyslanko, O. O., Bankovska, I. B., Zinoviev, S. H., & Martyniuk, I. O. (2011). Efektyvnist vykorystannia novoho preparatu – pidkysliuvacha kormiv iz vmistom khelatnykh spoluk mikroele-mentiv – u hodivli molodniaku svynei. Silske hospodarstvo. Tvarynnytstvo, 4, 81–85 (in Ukrainian).

Lenkov, L., Lykhach, V., Gutyj, B., Faustov, R., Lykhach, A., & Reznichenko, V. (2025). Effectiveness of the use of complex feed additive "Gepasorbex" based on active plant components in industrial pig breeding. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 27(102), 71–83. DOI: 10.32718/nvlvet-a10211.

Luckstadt, C, & Mellor, S. (2010). Holoanalysis – the acid test in pig diets. Kraftfutter Feed Magazine, 1–2, 18–21.

Mykhalko, O., Povod, M., Gutyj, B., Hyll, M., Verbelchuk, T., Verbelchuk, S., Luhovyi, S., Shuplyk, V., Kovalchuk, Y., & Koberniuk, V. (2025). The influence of the castration method and the weight before slaughter on the indicators of the meat cuts of pig carcasses. Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development, 25(1), 675–687. URL: https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/21449/1/volume_25_1_2025-675-687.pdf.

Nguyen, D. H., Seok, W. J., & Kim, I. H. (2020). Organic Acids Mixture as a Dietary Additive for Pigs—A Review. Animals, 10(6), 952. DOI: 10.3390/ani10060952.

Ohorodnichuk, H., Razanova, O., Skoromna, O., & Farionik, T. (2023). Productivity and hematological indicators of pigs feeding the drug "Kronocid-L". Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 25(99), 41–47. DOI: 10.32718/nvlvet-a9907.

Otchenashko, V. V., Umanets, D. P., & Nechai, N. M. (2016). Pokaznyky zaboiu molodniaku pere-peliv za riznykh rivniv molochnoi kysloty v kombikormi. Naukovo-tekhnichnyi biuleten NDTs biobezpeky ta ekolohichnoho kontroliu resursiv APK, 4(1), 160–168 (in Ukrainian).

Partanen, K. H., & Mroz, Z. (1999). Organic acids for performance enhancement in pig diets. Nutrition research reviews, 12(1), 117–145. DOI: 10.1079/095442299108728884.

Pearlin, B. V., Muthuvel, S., Govidasamy, P., Villavan, M., Alagawany, M., Ragab Farag, M., Dhama, K., & Gopi, M. (2020). Role of acidifiers in livestock nutrition and health: A review. Journal of animal physiology and animal nutrition, 104(2), 558–569. DOI: 10.1111/jpn.13282.

Scicutella, F., Mannelli, F., Daghio, M., Viti, C., & Buccioni, A. (2021). Polyphenols and Organic Acids as Alternatives to Antimicrobials in Poultry Rearing: A Review. Antibiotics (Basel, Switzerland), 10(8), 1010. DOI: 10.3390/antibiotics10081010.

Semenov, S. O., Trotsenko, Z. H., Bilyk, L. H., & Otchenashko, V. V. (2014). Novyi vitchyznianyi bioprotektor na osnovi molochnoi kysloty dlia svynomatok i pryplodu. Svynarstvo, 65, 224–230 (in Ukrainian).

Skliarenko, Y., Bordun, O., Khalak, V., Gutyj, B., Stadnytska, O., Ilchenko, M., Shevchenko, O., Kibenko, N., & Kravchenko, N. (2025). Evaluation of the Genotypes of Pigs of Different Origins According to the RYR1 and LEP Genes. Acta fytotechnica et zootechnica, 28(1), 1–6. DOI: 10.15414/afz.2025.28.01.1-6.

Suiryanrayna, M. V., & Ramana, J. (2015). A review of the effects of dietary organic acids fed to swine. Suiryanrayna and Ramana Journal of Animal Science and Biotechnology, 6, 45. DOI: 10.1186/s40104-015-0042-z.

Syrovatko, K. (2021). The efficiency of using a feed acidifier in growing broiler chickens. Sciences of Europe, 63, 3–9. URL: https://repository.vsau.org/getfile.php/28215.pdf.

Syrovatko, K. M., & Zotko, M. O. (2020). Tekhnolohiia kormiv ta kormovykh dobavok: navchalnyi posibnyk. Vinnytsia: VNAU. URL: https://socrates.vsau.org/ repository/getfile.php/25142.pdf (in Ukrainian).

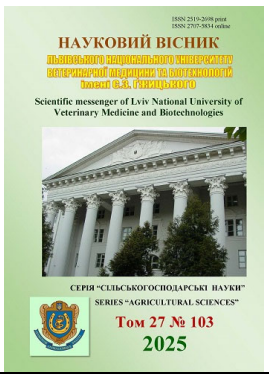
Upadhaya, S. D., Lee, K. Y., & Kim, I. H. (2014). Protected organic Acid blends as an alternative to antibiotics in finishing pigs. Asian-Australasian journal of animal sciences, 27(11), 1600–1607. DOI: 10.5713/ajas.2014.14356.

Van Immerseel, F., Russell, J. B., Flythe, M. D., Gantois, I., Timbermont, L., Pasmans, F., Haesebrouck, F., & Ducatelle, R. (2006). The use of organic acids to combat Salmonella in poultry: a mechanistic explanation of the efficacy. Avian pathology: journal of the W.V.P.A, 35(3), 182–188. DOI: 10.1080/03079450600711045.

Voloshchuk, V. M., Rybalko, V. P., & Berezovskyi, M. D. (2014). Svynarstvo: monohrafiia. Ky-yiv: Ahrarna nauka (in Ukrainian).

Vyslanko, O. O., Semenov, S. O., & Marchenkov, F. S. (2009). Kormovi naturalni stymuliatory produktyvnosti svynei. Poltava: TOV “Firma Tekhservis” (in Ukrainian).

Yan, E., Wang, Y., He, L., Guo, J., Zhang, X., & Yin, J. (2022). Effects of Dietary L-malic Acid Supplementation on Meat Quality, Antioxidant Capacity and Muscle Fiber Characteristics of Finishing Pigs. Foods (Basel, Switzerland), 11(21), 3335. DOI: 10.3390/foods11213335.



Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького. Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences

ISSN 2519–2698 print
ISSN 2707-5834 online
doi: 10.32718/nvlvet-a10348
https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture

UDC 636.4.087.7:636.4.084.52

Growth rate of fattening pigs with the feeding of the complex biological additive "MikoStop"

H. Ohorodnichuk✉, V. Zagamula

Vinnytsia National Agrarian University, Vinnytsia, Ukraine

Article info

Received 22.09.2025
Received in revised form 27.10.2025
Accepted 28.10.2025

Vinnytsia National Agrarian University, Soniachna Str., 3, Vinnytsia, 21000, Ukraine.
Tel.: +38-097-449-63-31
E-mail: ohorodnichukhalina@gmail.com

Ohorodnichuk, H., & Zagamula, V. (2025). Growth rate of fattening pigs with the feeding of the complex biological additive "MikoStop". Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 27(103), 384–391. doi: 10.32718/nvlvet-a10348

Pig farming is a strategic industry that ensures the country's food security. One of the main conditions for the effective production of pig products is biologically complete animal feeding, which is confirmed by numerous scientific studies and practical experience. Today, various feed additives are being searched and studied that increase the efficiency of feed use, reduce their cost, improve product quality and reduce the effect of toxic compounds in feed. The purpose of our experimental studies was to investigate the effect of the complex biological sorbent "MykoStop" on the growth rate of crossbred piglets during fattening and to establish the optimal dose of the additive. The article presents the results of studies on the influence of feeding the complex biological sorbent "MikoStop" on the growth rate of pigs during fattening. For the scientific experiment, 48 heads of crossbred pigs were selected, from which 4 experimental groups were formed. The control group of pigs during the equalization and main periods consumed the main ration – complete compound feed TM "Tsekhavit". The experimental groups were fed different doses of the complex biological sorbent "MikoStop" in addition to the main ration. The duration of the equalization and main periods was 15 and 85 days, respectively. The studied supplement "MikoStop" is produced by SE "Enzym", Ukraine. The drug "MikoStop" is a complex biological sorbent of feed toxins with probiotic, antiviral, hepatoprotective and immunoprotective properties. Composition: activated special yeast cell walls, mannan-oligosaccharides, mineral carrier and probiotic culture. It was established that feeding the complex biological sorbent "MikoStop" in combination with the compound feed "Grower" contributes to an increase in the growth rate of experimental pigs, however, no significant difference with the analogues of the control group was observed. In pigs of the 4th experimental group, to which the complex preparation "MikoStop" was added at a dose of 0.75 kg/1 t of compound feed, the live weight at the end of the period of feeding "Grower" (114 days) was 68.3 kg, which is 2.3 % more compared to the animals of the control group. The use of the preparation "MikoStop" during the period of feeding pigs on fattening compound feed "Finisher" causes an increase in the live weight of animals. In particular, the third experimental group, which consumed the drug "MikoStop" at a dose of 0.5 kg/1 ton of compound feed at the end of the fattening period (165 days), had the highest live weight – 119.6 kg among the experimental groups compared to the control analogues, while the live weight of animals in the 2nd experimental group was at the level of – 115.8 kg and the 4th experimental group – 114.7 kg. It was recorded that the use of the drug "MikoStop" at a dose of 0.5 kg/1 ton of compound feed "Finisher" provides at the end of the fattening period (165 days) average daily gains at the level of 1088 g, which is 189.5 g more than the analogues of the control group.

Keywords: *drug "MikoStop", fattening, pigs, live weight, absolute gain, relative gain, average daily gain, payment for feed by gain.*

Відгодівельні та забійні якості свиней за згодовування комплексної біологічної добавки "МікоСтоп"

Г. Огороднічук✉, В. Загамула

Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, Україна

Ефективність виробництва у тваринництві, зокрема у свинарстві, значною мірою залежить від якості та безпечності кормової бази. Актуальним є використання додаткових засобів підвищення поживної цінності раціонів, зокрема сорбентів, які до того ж зменшують дію токсичних сполук у кормі. Метою досліджень було визначити вплив комплексного біологічного сорбенту "МікоСтоп" на відгодівельні та забійні якості свиней. Кормова добавка "МікоСтоп" виробляється ДП «Ензим», Україна. Препарат МікоСтоп – комплексний біологічний сорбент токсинів корму з пробіотичними, противірусними, гепатопротекторними та іммунопротекторними властивостями. Склад: активовані спеціальні клітинні стінки дріжджів, маннаноолігосахариди, мінеральний носій і пробіотична культура. Науково-господарський дослід проведено на 48 головах помісних свиней, з яких сформовано 4 дослідних групи. Контрольна група тварин під час зрівняльного та основного періодів споживала основний раціон – повнораціонний комбікорм ТМ "Цехавіт". Дослідним групам додатково до основного раціону згодовували різні дози комплексного біологічного сорбенту "МікоСтоп". Тривалість зрівняльного та основного періоду становила відповідно 15 та 85 діб. Введення препарату "МікоСтоп" до комбікорму "Гроуер" покращує інтенсивність росту молодняку свиней. Так, у свиней 4-ої дослідної групи, які споживали добавку "МікоСтоп" у дозі 0,75кг/1т комбікорму інтенсивність росту тварин на кінець періоду згодовування "Гроуера" (114 діб) становила 68,3 кг, що на 2,3 % більше порівняно з контрольними аналогами. У період згодовування свиням на відгодівлі комбікорму "Фініщер" з препаратом "МікоСтоп" найвища жива маса спостерігалася у тварин 3-ої дослідної групи, які споживали добавку "МікоСтоп" у дозі 0,75кг/1т комбікорму. На кінець періоду відгодівлі (165 днів) їх жива маса була на рівні – 119,6 кг, тоді як жива маса у тварин 2-ої дослідної групи була на рівні – 115,8 кг та 4-ої дослідної групи – 114,7 кг. Згодовування свиням на відгодівлі комплексного препарату «МікоСтоп» позитивно вплинуло на їх забійні показники. Так, у свиней 3-ої дослідної групи, які отримували препарат "МікоСтоп" у дозі 0,5 кг/1т комбікорму спостерігався найвищий показник забійної маси (92,5 ± 4,6) та забійного виходу (77,3 ± 1,9) відносно контрольної групи. Забійна маса у свиней третьої групи була вище на 8,8 %, а забійний вихід на 1,6 %. Товщина шпику у тварин 2-ої та 4-ої дослідних груп була меншою порівняно з контрольними аналогами відповідно на 1,4 і 1,3 мм. У тварин 2-ої та 3-ої дослідних груп відмічено зменшення вмісту внутрішнього жиру. За результатами експерименту було встановлено, що у свиней третьої дослідної групи, які споживали препарат "МікоСтоп" вірогідно збільшилася площа "м'язового вічка", на 4,2 см^2 $P < 0,01$). У тварин 2-ої та 4-ої дослідних груп спостерігається тенденція до збільшення площі "мязового вічка". Знову ж таки, у свиней третьої дослідної групи порівняно з аналогами контрольної групи була вищою маса передніх та задніх ніг відповідно на 20 та 24,7 г, у тварин другої дослідної лише маса передніх ніг була вище ніж у контрольної групи на 17 г $P < 0,01$).

Ключові слова: *свині, інтенсивність росту, оплата корму приростом. м'ясна продуктивність, забійні показники, забійна маса, забійний вихід, кормова добавка "МікоСтоп".*

Вступ

Свинарство є важливою складовою аграрного сектора України, що забезпечує продовольчу безпеку та формує значну частину внутрішнього споживання м'яса (Herasymov et al., 2008; Voloshchuk et al., 2014; Lohvynenko et al., 2018; Khalak et al., 2025; Lenkov et al., 2025; Mykhalko et al., 2025).

Сучасне законодавство України та Європейського Союзу піднімає рівень вимог щодо якості й безпечності кормів і кормової сировини. Одне із чільних місць у комплексі контролю санітарної безпеки кормів і діагностики отруєнь тварин займає фізико-хімічний аналіз, у тому числі методи визначення мікотоксинів у кормах (Brezvyn et al., 2013).

Як переконує світова практика, промислове свинарство стає вигідним бізнесом тільки за досягнення високих показників продуктивності тварин. Найважливіша складова стабільної рентабельності галузі – ефективне використання кормів, частка яких у структурі собівартості свинини сягає 70 %, а отже, технологічним орієнтиром для всіх підприємств визначено показник конверсії корму (Rudenko et al., 2012; Ibatullin, 2017).

Для подальшого збільшення виробництва свинини, підвищення її якості та зниження собівартості необхідно постійно здійснювати пошук шляхів найбільш ефективного використання кормів на одиницю продукції. Створення міцної, раціонально організованої кормової бази, яка задовольняє потреби свиней у всіх поживних речовинах – обов'язкова умова високоефективного ведення свинарства (Herasymov et al., 2008; Voloshchuk et al., 2014; Ibatullin, 2017; Novhorodska et al., 2021).

Для реалізації генетичного потенціалу сучасне свинарство потребує годівлі якісними кормами, які мають бути не тільки збалансовані за поживністю та складом, а й відповідати гігієнічним стандартам (Herasymov et al., 2008; Ibatullin et al., 2014; Voloshchuk et al., 2014; Conte et al., 2020; Skliarenko et al., 2025).

Встановлено, що якість та безпечність кормів відіграють важливу роль у тваринництві, оскільки вони визначають величину витрат на виробництво та рівень безпечності виробленої продукції. Якість комбікорму визначають за якістю його компонентів, а його безпечність пов'язана з відсутністю в ньому патогенних бактерій, ріжок, цвілевих грибів і токсинів, які являють значну загрозу здоров'ю і продуктивності тварин і, відповідно, споживачів, які вживають уражену тваринницьку продукцію (Popsui, 2012).

Часто трапляється, що внаслідок ураження зернових культур шкідливими мікроорганізмами у кормах розвиваються небезпечні гриби. Вони продукують мікотоксини, які, потрапляючи до організму тварин під час годівлі, здатні викликати небезпечні захворювання – мікотоксикози. Мікотоксини мають здатність акумулюватися в продукції свинарства, що часто стає причиною її вибраковування, адже ці шкідливі метаболіти становлять небезпеку для здоров'я людини (Behma & Bautin, 2021).

Термін "мікотоксин" походить від "mykes", що означає гриби і "токсікон" – отрута. Будучи токсичними метаболітами грибів, мікотоксини зазвичай зустрічаються на зернових злаках, соломі. Існує понад 400 видів цвілі, які виробляють мікотоксини.

Організму свиней найчастіше шкодять такі токсини, як: зеараленон, дезоксиниваленон (ДОН), афлато-

ксин, охратоксин, Т2 токсин, ерготоксин та фумонізин.

Мікотоксини – це токсичні вторинні метаболіти, що утворюються різними грибами, такими як *Aspergillus, Penicillium* та *Fusarium*, які можуть забруднювати корми та, як наслідок, їжу (Pierron et al., 2016; Conte et al., 2020; Hussain et al., 2020; Ulrikh & Smolovskaya, 2021).

Мікотоксини негативно впливають на зниження кількості поїдання корму тваринами. А також є вкрай небезпечними для здоров'я тварин і птиці, оскільки мають мутагенну, тератогенну, імуносупресивну дію на організм (Chornolata et al., 2021).

Існують 3 основних види сорбентів мікотоксинів: мінеральні і органічні адсорбенти, біологічні адсорбенти, біотрансформуючі агенти.

Ефективність сорбенту визначається його здатністю зв'язувати велику кількість різних токсинів з різними молекулярними масами, хімічною будовою та полярністю. Активоване вугілля, різні мінеральні глини, похідні клітинних стінок дріжджів та інші продукти, що зв'язують мікотоксини, широко представлені на ринках багатьох країн і широко використовуються в раціонах годівлі тварин та птиці (Nedashkivska, 2015).

Дотримання вимог безпеки кормів у тваринництві вимагає від виробників свинини додавання до раціонів свиней адсорбентів, що зв'язують мікотоксини.

Нейтралізація мікотоксинів у кормах за допомогою сорбентів є поширеним і практично єдиним методом у систематичних заходах боротьби з мікотоксикозом у свиней (Brezvyn et al., 2013; Behma & Bautin, 2021).

Сорбенти, що використовуються як кормові добавки, є безпечним компонентом, що не знижує засвоюваність основних поживних речовин (Wlazło et al., 2023).

Використання адсорбентів мікотоксинів як кормових добавок є вигідним для зменшення токсичної дії мікотоксинів у свиней, що забезпечує більш раціональне використання кормів (Faustov et al., 2022).

Мікотоксини, що присутні в кормах, негативно впливають не тільки на продуктивність тварин, але й погіршують якість м'ясної сировини. З огляду на це, для отримання збалансованої жирової та м'язової тканини, необхідно організувати годівлю тварин адсорбентами мікотоксинів, які позитивно впливають на біосинтез жирних кислот та макроелементів в організмі свиней (Lykhach et al., 2022).

Lykhach et al. (2022) констатують, що тварини, які споживали комбікорм, що містив адсорбенти мікотоксинів мали більшу живу масу тіла, середньодобові прирости, раніше досягали вагових кондицій 100 і 120 кг із нижчою конверсією корму, порівняно з аналогами контрольної групи. Експериментальним шляхом встановлено, що за використання "Гепасорбекс" у раціоні молодняку свиней III дослідної групи за передзабійної маси 100 і 120 кг збільшилися: забійний вихід, довжина напівтуші, площа «м'язового вічка», маса задньої третини напівтуші та знизився показник товщини шпику, порівняно з аналогами контрольної групи.

Використання сорбенту мікотоксинів БіоТокс у науково-господарському досліді дало можливість у дослідній групі одержати незначне збільшення (на 12 г) середньодобових та суттєве зменшення (на 0,33 корм. од., або 8,4 %) витрат кормів на одиницю приросту у порівнянні з контролем (Vyslanko et al., 2010).

Виявлено, що загальний вміст насичених жирних кислот у тварин 3 дослідної групи, котрі споживали комплексну добавку адсорбенту мікотоксинів "Гепасорбекс" при забої 100 і 120 кг був вищим відносно інших експериментальних груп, що на 0,22 % більше аналогічного показнику тварин 2 дослідної групи й на 0,77% – свиней 1 контрольної. Найбільший вміст ненасичених жирних кислот у жировій тканині встановлено у молодняку свиней 3 дослідної групи при забої у 100 кг – 36,14 %, а при забої у 120 кг – 36,12 %. Комплексна кормова добавка адсорбенту мікотоксинів "Гепасорбекс" не вплинула на вміст кальцію та фосфору у м'ясі тварин при забої у 100 кг, 120 кг (Lykhach et al., 2022).

За даними ряду авторів (Reshetnichenko, 2012; Nedashkivska, 2015) використання сорбентів у кормах для тварин підвищує їх продуктивність, виживання, що призводить до зниження конверсії корму.

У своїх дослідженнях Басаргін В. А. та співавт., (Basarhin et al., 2018) встановили позитивний вплив алуніту, каоліну та їх суміші на санітарну якість і безпеку продукції тварин, що підтверджено хімічним складом м'яса. У процесі досліджень було встановлено, що згодовування алуніту, каоліну та їх суміші не вплинуло на вміст води, жиру та золи у м'ясі свиней порівняно з контролем і відповідало нормативним документам щодо якості. Також авторами досліджень встановлено зменшення кількості важких металів у найдовшому м'язі спини тварин третьої та четвертої дослідних груп, яким додатково до раціону вводили алуніт або суміш каолінового та алунітового борошна, відповідно. Результати досліджень показують, що детергенти алуніт та каолін не мають негативного впливу на гістоархітектоніку найдовшого м'яза спини і, на думку авторів, їх можна застосовувати для підвищення продуктивності свиней.

Логвиненко Н. М., Басаргін В. А., Мамченко В. Ю. (Lohvynenko et al., 2018) відмічають, що використання кремнієвих сорбентів спільно з кормовими концентратами комплексної дії та широкого складу, до яких відноситься препарат "Живина", дозволяє активізувати обмінні процеси в організмі тварин, покращити продуктивність молодняку свиней, виражену середньодобовими приростами живої маси, а також суттєво покращити стан здоров'я досліджуваних тварин.

Lykhach et al. (2021) довели позитивний вплив "Гепасорбексу" на біосинтез ліпідів у м'язовій тканині свиней. Так, загальний вміст насичених жирних кислот у тварин 3-ї дослідної групи при забої на 100 кг та 120 кг був в межах фізіологічного референтного інтервалу, але вищим порівняно з іншими групами і становив 33,93 % та 35,57 % відповідно.

Додавання до раціонів годівлі свиней сорбентів, сприяє зниженню токсичної дії мікотоксинів на їх організм (Aoyanagi et al., 2023).

З результатів досліджень Ossowski Mateusz, Wlazło Łukasz, Nowakowicz-Dębek Bożena, Florek Mariusz (Ossowski et al., 2021) можна зробити висновок, що використання натуральних сорбентів як кормових добавок для свиней не має негативного впливу на фізико-хімічні властивості м'язової тканини.

Метою наших експериментальних досліджень було визначити відгодівельні та забійні якості свиней за згодовування комплексної біологічної добавки "МікоСтоп".

Матеріал і методи досліджень

Для досягнення поставленої мети було проведено науково-господарський дослід на помісних свинях 79-денного віку (Велика біла х Ландрас) в умовах ФГ "Щербич", Вінницької області

Для проведення досліджень використано 48 голів відгодівельного помісного молодняку (Велика біла х Ландрас) з яких було сформовано чотири групи свиней по 12 голів у кожній (Ibatullin & Zhukorskyi, 2017). Науково-господарський дослід тривав 100 діб і складався з 2-х періодів зрівняльного (15 діб) і основного (85 діб). При формуванні груп враховували: вік, живу масу тварин, походження, стать, продуктивність, інтенсивність росту свиней тощо (табл. 1).

Під час експерименту для годівлі свиней використовували комбікорм ТМ "Цехавіт". У період з 79 до 114 днів наукового експерименту свиням на відгодівлі згодовували комбікорм "Гроуер". До складу комбікорму "Гроуер", входили: пшениця – 35 %, кукурудза – 25 %, ячмінь – 25 %, Цехавіт Піг концентрат Гроуер – 15 %. Поживність такого раціону становила за обмінною енергією 2190 Ккал.

У період з 115 до 165 днів наукового експерименту свиням на відгодівлі згодовували комбікорм "Фінішер". До складу комбікорму "Фінішер", входили: пшениця – 40 %, ячмінь – 30 %, кукурудза – 20 %, Цехавіт Піг концентрат "Фінішер" – 10 %. Поживність такого раціону становила за обмінною енергією 2067 Ккал.

Таблиця 1

Схема науково-господарського досліду свиней на відгодівлі

Група	Тривалість періоду, діб			Кількість тварин у групі, гол	Умови годівлі
	зрівняльний період, діб	основний			
		комбікорм "Гроуер"	комбікорм "Фінішер"		
1 контрольна	15	35	50	12	ОР*
2 дослідна	15	35	50	12	ОР*+препарат МікоСтоп у дозі 0,25 кг/1т комбікорму
3 дослідна	15	35	50	12	ОР*+препарат МікоСтоп у дозі 0,5 кг/1т комбікорму
4 дослідна	15	35	50	12	ОР*+препарат МікоСтоп у дозі 0,75 кг/1т комбікорму

Примітка: *Основний раціон (повнораціонний комбікорм "Гроуер" та "Фінішер" відповідно періоду відгодівлі)

Контрольна група під час зрівняльного та основного періодів отримувала основний раціон (ОР). Дослідним групам свиней у основний період додатково до основного раціону вводили препарат "МікоСтоп" відповідно до схеми досліду. При постановці на дослід середня жива маса тварин знаходилася в межах 36,2–36,8 кг.

Препарат МікоСтоп виробляється ДП «Ензим». Препарат МікоСтоп – комплексний біологічний сорбент токсинів корму з пробіотичними, противірусними, гепатопротекторними та іммунопротекторними властивостями. Склад: активовані спеціальні клітинні стінки дріжджів, маннаноолігосахариди, мінеральний носій і пробіотична культура. Виробник ДП "Ензим", Україна (Sait "ENZIM BIOTECH").

Піддослідні тварини утримувалися в одному приміщенні, вільним доступом до води та корму. Основні параметри мікроклімату в приміщенні відповідали нормативним показникам.

При проведенні науково господарського досліду використовували зоотехнічні, статистичні, фізіологічні, морфологічні гематологічні та біохімічні методи досліджень (Ibatullin et al., 2014).

Облік живої маси, абсолютних та середньодобових приростів визначали шляхом зважування тварин до годівлі індивідуально в кінці кожного місяця. Під час досліджень проводили облік з'їдених кормів та обраховували витрати комбікорму на 1 кг приросту свинини.

Для вивчення забійних показників наприкінці основного періоду досліду був проведений контрольний забій (по три голови з групи) і відібрані зразки внутрішніх органів для лабораторних досліджень. При забої визначали: передзабійну, забійну масу тварин, масу туші, вихід туші, забійний вихід, морфологічний склад туш, масу внутрішніх органів.

Площу «м'язового вічка» вимірювали на поперековому розрізі найдовшого м'яза спини, між останнім грудним і першим поперековим хребцями, методом копіювання "малюнка зрізу" на кальку та вимірювання його за допомогою планіметра.

Статистичну обробку цифрового матеріалу проведено за допомогою персонального комп'ютера з програмним забезпеченням.

Результати та їх обговорення

Динаміка живої маси піддослідних свиней на відгодівлі за введення до раціону комплексної біологічної добавки "МікоСтоп" наведена на рисунку 1. Слід

зазначити, що жива маса свиней усіх піддослідних груп у віці 79 діб на початок періоду згодовування комбікорму Гроуера була в межах від 36,2 до 36,8 кг, при цьому не спостерігалося вірогідної різниці між групами.

У віці (114 діб), найвища жива маса молодняку свиней на відгодівлі порівняно з контрольною групою (66,7 ± 1,45) спостерігалася у тварин 4-ої дослідної групи (68,3 ± 1,25), які додатково до комбікорму Гроуера отримували препарат МікоСтоп у дозі 0,75кг/1т комбікорму, різниця між групами становила 2,3 %. Різниця за живою масою мала місце між тваринами інших дослідних груп відносно контрольних аналогів. У свиней на відгодівлі 2-ої дослідної групи, які отримували додатково до основного раціону кормову добавку МікоСтоп у дозі 0,25 кг/1т комбікорму жива маса була вищою порівняно з контролем на 0,9 %, у тварин 4-ої дослідної групи спостерігається незначна тенденція до зменшення живої маси на 1,02 %.

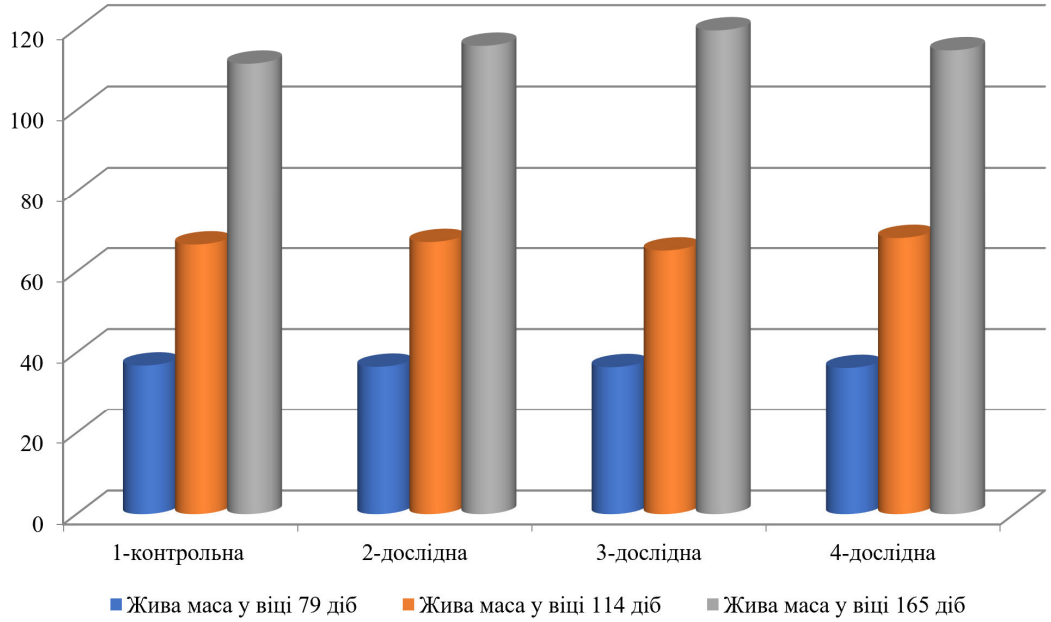


Рис. 1. Динаміка живої маси піддослідних свиней на відгодівлі за введення до раціону комплексної біологічної добавки "МікоСтоп"

Подібні зміни спостерігаються за показниками абсолютного, середньодобового та відносного приростів живої маси свиней піддослідних груп відносно контрольних аналогів.

Абсолютний та середньодобовий приріст живої маси відгодівельного молодняку молодняку свиней 2-ої та 4-ої дослідних груп, яким згодовували комбікорм "Гроуер" в поєднанні з препаратом "МікоСтоп" у дозі 0,25 та 0,75 кг/1т комбікорму був вищим контрольної групи відповідно на 2,9 та 6,8 %, у тварин 3-ої дослідної групи, які споживали препарат "МікоСтоп" у дозі 0,5 кг/1т комбікорму цей показник був менше контрольних аналогів на 3,6 %.

У процесі досліджень встановлено найвищий показник відносного приросту у свиней 4-ої дослідної групи, яким додаткового до корму "Гроуер" додавали препарат МікоСтоп у дозі 0,75 кг/1т комбікорму.

Згодовування препарату "МікоСтоп" у період згодовування комбікорму "Фінішер" позитивно вплинуло на інтенсивність росту усіх піддослідних груп свиней, не залежно від дози добавки. Однак, спостерігається, що третя дослідна група, яка споживала препарат МікоСтоп у дозі 0,5 кг/1т комбікорму мала найвищу живу масу – 119,6 кг серед дослідних груп порівняно з контрольними аналогами, тоді як жива маса у тварин 2-ої дослідної групи була на рівні – 115,8 кг та 4-ої дослідної групи – 114,7 кг.

За абсолютним приростом піддослідні свині на відгодівлі 2-ої, 3-ої та 4-ої дослідних груп переважали тварин контрольної групи відповідно на 7,8; 17,8 та 3,6 %.

Найвищі середньодобові прирости живої маси піддослідних свиней у період згодовування комбікорму з препаратом "МікоСтоп" у дозі 0,5 кг/1т спостерігалися у тварин 3-ої дослідної групи (1088 ± 31,06***), піддослідні свині з якої переважали контрольних тварин на 189,5 г. Величина середньодобових приростів у свиней 2-ої та 4-ої дослідних груп, які споживали додатково до комбікорму препарат "МікоСтоп" у дозі 0,25 кг/1т комбікорму та 0,75 кг/1т комбікорму була відповідно вищою проти контролю на 75,5 г та 33,5 г

Згідно з отриманими даними в цей період найвищий показник відносного приросту порівняно з контрольними аналогами спостерігався у свиней 3-ої дослідної групи (58,8 ± 1,24***).

Отже, отримані результати проведених досліджень підтверджують ефективність застосування препарату "МікоСтоп" в дозі 0,5 кг/1т комбікорму. Піддослідні тварини які споживали комплексний препарат мали більшу живу масу, вищі середньодобові прирости відносно контрольних аналогів.

Під час проведення експерименту були встановлені витрати кормів піддослідними свинями на відгодівлі за згодовування препарату "МікоСтоп" (таблиця 2).

Найменші витрати корму на 1 кг приросту спостерігаються у 3-й дослідній групі – 3,2 кг, що на 5,8 % менше, ніж у контрольних аналогів. Крім того, у поросят 3-ої групи оплата корму приростом відносно контрольної групи також є вищою на 0,02 кг.

У результаті проведених досліджень встановлено, що дослідні групи свиней, які додатково до комбікорму споживали препарат "МікоСтоп", відрізнялися кращими забійними показниками (табл. 3).

Таблиця 2

Витрати кормів піддослідних свиней за період відгодівлі (M ± m, n = 12)

Показник	Група			
	1 контрольна	2 дослідна	3 дослідна	4 дослідна
Витрати кормів за весь період досліду, кг	3043,2	3128,4	3194,4	3108,0
± до контролю	-	+85,2	+151,2	+64,8
Витрати кормів на 1 голову, кг	253,6	260,7	266,2	259,0
± до контролю	-	+7,1	+12,6	+5,4
Витрати кормів на 1 кг приросту, кг	3,4	3,3	3,2	3,3
± до контролю	-	-0,1	-0,2	-0,1
Оплата корму приростом	0,29	0,30	0,31	0,30
± до контролю	-	+0,01	+0,02	+0,01

Таблиця 3

Забійні показники свиней за введення до раціону комплексної біологічної добавки "МікоСтоп" (M ± n, n = 4)

Показник	Група			
	1-контрольна	2-дослідна	3-дослідна	4-дослідна
Передзабійна маса, кг	111,4 ± 7,4	115,8 ± 9,2	119,6 ± 9,4	114,7 ± 6,2
Забійна маса, кг	84,3 ± 5,4	88,5 ± 6,2	92,5 ± 4,6	87,6 ± 5,9
Забійний вихід, %	75,7 ± 3,1	76,4 ± 2,5	77,3 ± 1,9	76,3 ± 2,2
Товщина шпику над 6–7 грудним хребцем, мм	31,8 ± 0,5	30,4 ± 0,2	31,6 ± 0,3	30,3 ± 0,7
Внутрішній жир, кг	1,74 ± 0,06	1,63 ± 0,04	1,69 ± 0,08	1,75 ± 0,06
Площа "м'язового вічка", см²	45,3 ± 0,84	47,1 ± 0,71	49,5 ± 0,67*	46,4 ± 0,74
Маса голови, кг	4,38 ± 0,05	4,47 ± 0,07	4,54 ± 0,02	4,54 ± 0,04
Маса ніг, г:				
передні	792,0 ± 3,22	809,0 ± 3,31*	812,0 ± 4,11*	796,6 ± 3,83
задні	815,7 ± 4,65	831,9 ± 3,88	840,4 ± 4,22*	825,7 ± 3,91

Примітка: вірогідність різниці: *(P < 0,05); **(P < 0,01)

Серед свиней дослідних груп, найвищий показник забійної маси (92,5 ± 4,6) та забійного виходу (77,3 ± 1,9) спостерігався у свиней 3-ої дослідної групи, які отримували препарат МікоСтоп у дозі 0,5 кг/1т комбікорму.

Порівняно з тваринами контрольної групи забійна маса у свиней третьої групи була вище на 8,8 %, а забійний вихід на 1,6 %. У тварин 2-ої та 4-ої дослідних груп забійна маса також була вище показників контрольної групи відповідно на 4,2 та 3,3 кг.

Найвищим забійним виходом відрізнялися тварини 3-ої дослідної групи 77,3 %, які до основного раціону отримували препарат "МікоСтоп" у дозі 0,5 кг/1т комбікорму.

Товщина шпику у тварин 2-ої та 4-ої дослідних груп була меншою порівняно з контрольними аналогами відповідно на 1,4 і 1,3 мм.

У тварин 2-ої та 3-ої дослідних груп відмічено зменшення вмісту внутрішнього жиру.

За результатами експерименту було встановлено, що у свиней третьої дослідної групи, які споживали препарат "МікоСтоп" вірогідно збільшилася площа "м'язового вічка", на 4,2 см^2 P < 0,01). У тварин 2-ої та 4-ої дослідних груп спостерігається тенденція до збільшення площі "м'язового вічка".

Знову ж таки, у свиней третьої дослідної групи порівняно з аналогами контрольної групи була вищою маса передніх та задніх ніг відповідно на 20 та 24,7 г, у тварин другої дослідної лише маса передніх ніг була вище ніж у контрольної групи на 17 г P < 0,01).

Таким чином додавання до раціону свиней препарат "КормоСтоп" сприяє підвищенню їх відгодівельних та забійних показників.

Висновки

За згодовування препарату "МікоСтоп" у дозі 0,75 кг/1т комбікорму "Гроуер" молодняку свиней на відгодівлі дасть можливість підвищити інтенсивність росту свиней на відгодівлі на 2,3 %.

У період згодовування комбікорму "Фінішер" свиням на відгодівлі доцільно додавати добавку "КормоСтоп" у дозі 0,50 кг/1т комбікорму, що забезпечить середньодобові прирости на рівні 1088 г, за зменшення витрат кормів на 1 кг приросту.

Використання препарату "МікоСтоп" у свиней на відгодівлі сприяє підвищенню забійної маси та забійного виходу. Також, за дії кормової добавки знизилась товщина шпику над 6–7 грудним хребцем на 3,2 мм або на 10 % (P < 0,05) та збільшилась площа "м'язового вічка" на 2,8 см^2 або 6 % P < 0,01).

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів.

References

Aoyanagi, M. M. d. C. C., Budiño, F. E. L., Raj, J., Vasiljević, M., Ali, S., Ramalho, L. N. Z., Ramalho, F. S., Corassin, C. H., Ghantous, G. F., & Oliveira, C. A. F. d. (2023). Efficacy of Two Commercially Available Adsorbents to Reduce the Combined Toxic Effects of Dietary Aflatoxins, Fumonisins, and Zearalenone and Their Residues in the Tissues of Weaned Pigs. Toxins, 15(11), 629. DOI: 10.3390/toxins15110629.

Basarhin, V. A., Lavryniuk, O. O., Mamchenko, V. Yu. (2018). Biolohichna tsinnist miasa svynei pry dodavanni u ratsion sorbentiv pryrodnoho pokhodzhennia. Scientific Horizons, 3(66), 27–32. URL: https://sciencehorizon.com.ua/web/uploads/pdf/%E2%84%963(66)_27-32.pdf (in Ukrainian).

Behma, N. A., & Bautin, M. E. (2021). Efektyvnist vykorystannia u skladi kombikormiv molodniaku svynei mineralnoho sorbenta. Aktualni problemy pidvyshchennia yakosti ta bezpeky vyrobnytstva y pererobky produktsii tvarynnytstva ta akvakultury, 17–21. URL: https://dspace.dsau.dp.ua/handle/123456789/5077 (in Ukrainian).

Brezvyn, O. Otchych, V., & Kotsiumbas, I. (2013). Kontrol mikotoksyniv u kormakh i yikh zneshkodzhennia. Visnyk Lvivskoho universytetu. Seriia biolohichna, 62, 242–249. http://nbuv.gov.ua/UJRN/VLNU_biol_2013_62_32 (in Ukrainian).

Bryden, W. L. (2012). Mycotoxin contamination of the feed supply chain: Implication of animal productivity and feed security. Animal Feed Science and Technology, 173(1-2), 134–158. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2011.12.014.

Chornolata, L., Pohorila , L., & Lykhach, S. (2021). Comparative analysis of mycotoxin content in grains of cereal crops. Feeds and Feed Production, 92, 173–181. DOI: 10.31073/kormovyrobnytstvo202192-16.

Chudak, R. A., Poberezhets, Yu. M,. Ushakov, V. M., & Babkov, Ya. I. (2021). Vplyv kormovykh dobavok ta kombikormiv na produktyvnist ta yakist miasa u svynei: monohrafiia. Vydavets FOP Rohalska I.O. (in Ukrainian).

Conte, G., Fontanelli, M., Galli, F., Cotrozzi, L., Pagni, L., & Pellegrini, E. (2020). Mycotoxins in Feed and Food and the Role of Ozone in Their Detoxification and Degradation: An Update. Toxins, 12(8), 486. DOI: 10.3390/toxins12080486.

Faustov, R., Lykhach, V., Lykhach, A., Shpetny, M., Lenkov, L. (2022). Effect of a new complex mycotoxin adsorbent on growth performance, and serum levels of retinol, tocopherol and 25-hydroxycholecalciferol in pigs fed on mycotoxin-contaminated feed. Online Journal of Animal and Feed Research, 12(1), 07–13. DOI: 10.51227/ojafr.2022.2.

Herasymov, V. I., Nahaievych, V. M., Baranovskyi, D. I. ta in. (2008). Svynarstvo Ukrainy. Kh.: Espada (in Ukrainian).

Horky, P., Nevrkla, P., Kopec, T., Bano, I., Skoric, M., Skladanka, J., & Skalickova, S. (2022). Is a new generation of mycotoxin clay adsorbents safe in a pig's diet?. Porcine health management, 8(1), 31. DOI: 10.1186/s40813-022-00275-w.

Hussain, T., Saleemi, M.K., Khan, M.Z., Khan, A., Abbas, R.Z., Bilal, M.Q., Deeba, F., Irshad, H., Fatima, Z., Afzal, F., & Farooq, U. (2020). Toxicopathological effects of endosulfan in female Japanese Quails (Coturnix japonica). Advancements in Life Sciences, 7(2), 72–78. URL: http://www.als-journal.com/articles/vol7issue2/721.20/866.pdf.

Ibatullin, I. I., & Zhukorskyi, O. M. (2017). Metodolohiia ta orhanizatsiia naukovykh dosli-dzhen. Navchalnyi posibnyk. K.: Ahrarna Nauka (in Ukrainian).

Ibatullin, I. I., Melnyk, Yu. F., & Otchenashko, V. V. (2014). Praktykum z hodivli silskoho-spodarskykh tvaryn. Kyiv (in Ukrainian).

Ibatullin, M. I. (2017). Kormozabezpechennia, yak osnova efektyvnoho svynarstva v Ukraini. Ekonomika i derzhava, 10, 12–16. URL: http://www.economy.in.ua/pdf/10_2017/5.pdf (in Ukrainian).

Khalak, V., Kostenko, O., Rodchenko, L., Gutyj, B., Martyshuk, T., & Vus, U. (2025). Physicochemical properties of muscle tissue of young pigs of the large white breed of foreign origin, their variability, and correlation with biochemical parameters of blood serum. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences, 27(118), 133–140. DOI: 10.32718/nvlvet11818.

Lenkov, L., Lykhach, V., Gutyj, B., Faustov, R., Lykhach, A., & Reznichenko, V. (2025). Effectiveness of the use of complex feed additive “Gepasorbex” based on active plant components in industrial pig breeding. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 27(102), 71–83. DOI: 10.32718/nvlvet-a10211.

Lohvynenko, N. M., Basarhin, V. A., ? Mamchenko, V. Yu. (2018). Perspektyvy vykorystannia v ho-divli molodniaku svynei kremniievoho sorbentu “Sylard” ta kormovoho kontsentratu zhyvyna ta yikh vplyv na produktyvnist tvaryn. Scientific Horizons, 3(66), 50–55. URL: https://sciencehorizon.com.ua/uk/journals/3-66-2018/pyerspyektivi-vikoristannya-v-godivli-molodnyaku-svinyey-kryemniyevogo-sorbyentu-silard-ta-kormovogo-kontsyentratu-zhivina-ta-yikh-vpliv-na-produktivnist-tvarin (in Ukrainian).

Lykhach, V. Ya., Faustov, R. V., Shebanin, P. O., Lykhach, A. V, Lenkov, L. H. (2022). Pidvyshchennia produktyvnosti svynei za vykorystannia suchasnoho henofondu ta innovatsiinykh tekhnolohichnykh rishen: monohrafiia. Mykolaiv : Ilion. URL: https://dglib.nubip.edu.ua/server/api/core/bitstreams/05389842-b689-4ff9-80aa-c86b8d5169b8/content (in Ukrainian).

Lykhach, V. Ya., Kondratyuk, V. M., Lykhach, A. V., Lenkov, L. H., Barkar, Ye. V., Faustov, R. V. (2021). The influence of the complex feed additive «Gepasorbex» on the fatty-acid and macroelement composition the pig’s of meat. Tavriiskyi naukovyi visnyk, 127, 274–282. DOI: 10.32851/2226-0099.2022.127.33.

Lykhach, V., Lykhach, A., Faustov, R., Barkar, Ye., & Lenkov, L. (2022). The effect of a new complex sorbent of mycotoxins in pigs diets on their growth performance, fattening and meat traits. Animal

Science and Food Technology, 13(2), 26–34. DOI: 10.31548/animal.13(2).2022.26-34.

Mykhalko, O., Povod, M., Gutyj, B., Hyll, M., Verbelchuk, T., Verbelchuk, S., Luhovyi, S., Shuplyk, V., Kovalchuk, Y., & Koberniuk, V. (2025). The influence of the castration method and the weight before slaughter on the indicators of the meat cuts of pig carcasses. Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development, 25(1), 675–687. URL: https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/21449/1/volume_25_1_2025-675-687.pdf.

Nedashkivska, N. V. (2015). Produktyvnist, obmin rechovyn ta miasni yakosti kacheniat-broileriv za zghodovuvannia poli- funktsionalnoho sorbentu: dys. kand. s.-h. nauk. Bila Tserkva (in Ukrainian).

Novhorodska, N. V., Ovsiienko, S. M., Solomon, A. M. (2021). Kormy, miaso, vyroby iz svyny-ny: Vinnytsia: TOV «Druk». URL: https://repository.vsau.org/getfile.php/29078.pdf (in Ukrainian).

Ossowski, M., Wlazło, Ł., Nowakowicz-Dębek, B., & Florek, M. (2021). Effect of Natural Sorbents in the Diet of Fattening Pigs on Meat Quality and Suitability for Processing. Animals, 11(10), 2930. DOI: 10.3390/ani11102930.

Pierron, A., Alassane-Kpembi, I., & Oswald, I. P. (2016). Impact of mycotoxin on immune response and consequences for pig health. Animal nutrition (Zhongguo xu mu shou yi xue hui), 2(2), 63–68. DOI: 10.1016/j.aninu.2016.03.001.

Popsui, V. (2012). Bezpechnist kombikormiv dlia svynei. Propozytsiia – Holovnyi zhurnal z py-tan ahrobiznesu. URL: https://propozitsiya.com/ua/bezpechnist-kombikormiv-dlya-sviney (in Ukrainian).

Reshetnichenko, O. M. (2012). Efektyvnist vykorystania analtsymsorbentu v hodivli molodnia-ku svynei. Zbirnyk naukovykh prats VNAU. Hodivlia tvaryn, 4(62), 36–40. URL: https://repository.vsau.org/getfile.php/4807.pdf (in Ukrainian).

Rudenko, Ye. V., Bohdanov, H. O., & Kandyby, V. M. (2012). Rekomendatsii z normovanoi hodivli svynei. K.: Ahrarna nauka (in Ukrainian).

Sait «ENZIM BIOTECH». [Elektronnyi resurs]. URL: https://enzim.ua (in Ukrainian).

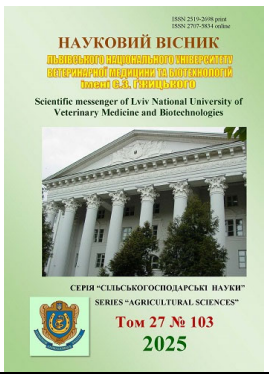
Skliarenko, Y., Bordun, O., Khalak, V., Gutyj, B., Stadnytska, O., Ilchenko, M., Shevchenko, O., Kibenko, N., & Kravchenko, N. (2025). Evaluation of the Genotypes of Pigs of Different Origins According to the RYR1 and LEP Genes. Acta fytotechnica et zootechnica, 28(1), 1–6. DOI: 10.15414/afz.2025.28.01.1-6.

Ulrikh, E. V., & Smolovskaya, O. V. (2021). Mycotoxins in fodder and its importance on safety of feed and the health of farm animals: a review. Online Journal of Animal and Feed Research, 11(6), 219–223. DOI: 10.51227/ojafr.2021.32.

Voloshchuk, V. M., Rybalko, V. P., & Berezovskyi, M. D. (2014). Svynarstvo: monohrafiia. K.: Ahrarna nauka (in Ukrainian).

Vyslanko, O. O., Zinoviev, S. H., & Hyria, V. M. (2010). Efektyvnist vykorystannia novoho sor-bentu mikotoksyniv u svynarstvi. Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii, 2, 107–110. URL: https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/visnyk/2010/02/107.pdf (in Ukrainian).

Wlazło, Ł., Kwiecień, M., Bis-Wencel, H. et al. (2023). Assessment of health safety of pigs taking natural sorbents with feed. BMC Vet Res, 19, 3. DOI: 10.1186/s12917-022-03563-3.



Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького. Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences

ISSN 2519–2698 print
ISSN 2707-5834 online
doi: 10.32718/nvlvet-a10349
https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture

UDC 628.477.4:504:330.15:316.42(477.83)

Assessment of ecological, economic, and social aspects of biowaste composting in the city of Lviv

O. V. Matsuska✉, A. A. Butsiak, O. P. Sukhorska, T. I. Tunik, A. O. Khakhina

Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, Lviv, Ukraine

Article info

Received 25.08.2025
Received in revised form 27.10.2025
Accepted 28.10.2025

Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv, Pekarska Str., 50, Lviv, 79010, Ukraine.
Tel.: +38-067-25-99-539
E-mail: kasanam@meta.ua

Matsuska, O. V., Butsiak, A. A., Sukhorska, O. P., Tunik, T. I., & Khakhina, A. O. (2025). Assessment of ecological, economic, and social aspects of biowaste composting in the city of Lviv. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 27(103), 392–401. doi: 10.32718/nvlvet-a10349

An analysis of foreign and domestic literature sources was conducted regarding contemporary societal challenges associated with municipal solid waste management. The main focus of this study is the comprehensive assessment of the ecological, economic, and social aspects of biowaste composting in the city of Lviv. Composting technologies are attracting increasing attention today, as they are considered among the most environmentally safe and economically advantageous methods of organic waste recycling. Composting not only reduces anthropogenic pressure on the environment caused by open dumping of organic waste but also facilitates the return of valuable nutrients to the soil. This contributes to improved soil fertility, increased crop yields, and reduced demand for mineral fertilizers. To ensure maximum efficiency of the biowaste composting process, it is essential to comply with requirements for high-quality separate collection of household waste, which prevents the contamination of food waste containers with materials unsuitable for composting. Our analysis of the contents of a mixed-waste container at the collection site located at 13 Tugan-Baranovskyi Street showed improper waste-sorting behavior among residents. Significant amounts of recyclable materials were found: 23.72 kg of glass, 5.99 kg of plastic, 1.075 kg of metal, and 12.87 kg of biowaste. It is worth noting that there are 10 such containers at this particular site. Special containers for food waste collection have now been installed at almost 99 % of all waste collection areas in Lviv. In 2024, biowaste accounted for 44 % of the city's municipal waste (approximately 9 thousand tons), which is processed at the municipal composting facility. During its operation from 2020 to 2024, residents delivered about 36 thousand tons of biowaste for composting, although the facility's annual capacity is significantly higher (up to 30 thousand tons per year. The morphological composition of compost sampled at the Lviv composting station included: 340 mg/kg of polymers, 1788 mg/kg of glass, 572 mg/kg of metals, and 93 mg/kg of textiles. According to the technical specifications TU U 38.1-13838331-004:2024, this organic mixture meets technical quality requirements and may be used for landfill reclamation and for lands that have undergone significant changes in relief, as well as for construction and other purposes. To produce high-quality and environmentally safe compost suitable for fertilizing agricultural land, it is crucial to prevent various fractions of household waste—especially polyethylene bags—from entering food-waste containers. Achieving this requires improving the population's environmental awareness and expanding information campaigns aimed at fostering responsible behavior in addressing this urban challenge.

Keywords: *municipal solid waste, pollution, waste sorting, biowaste, composting, morphological composition of compost, organic mixture of technical quality.*

Оцінка еколого-економічних та соціальних аспектів компостування біовідходів у м. Львові

О. В. Мацуська✉, А. А. Буцяк, О. П. Сухорська, Т. І. Тунік, А. О. Хахіна

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Ґжицького, м. Львів, Україна

Проведений аналіз зарубіжних та вітчизняних літературних джерел щодо сучасних викликів для суспільства, пов'язаних із проблемою поводження з побутовими відходами. Основний акцент даного дослідження зосереджено на комплексній оцінці еколого-економічних та соціальних аспектів компостування біовідходів у місті Львові. До технологій компостування нині привертається дедалі більше уваги, оскільки їх вважають одними із найбільш екологічно безпечними та економічно вигідними методами перероблення органічних відходів. Компостування не лише зменшує антропогенний вплив на довкілля, спричинений відкритим скиданням органічних відходів, але й забезпечує повернення у ґрунт цінних поживних елементів. Це сприяє поліпшенню родючості ґрунтів, підвищенню врожайності сільськогосподарських культур і дає змогу скоротити потребу у використанні мінеральних добрив. Для забезпечення максимальної ефективності процесу компостування біовідходів необхідним є дотримання вимог щодо якісного роздільного сортування побутових відходів, що унеможливлює потрапляння до контейнерів для збору харчових відходів непридатних до компостування компонентів. Проведені нами дослідження вмісту контейнера для збору змішаних відходів на контейнерному майданчику, розташованого на вул. Туган-Барановського, 13, показують неналежне відношення мешканців до сортування відходів, оскільки у ньому було виявлено значні кількості ресурсоцінних відходів: скла – 23,72 кг, пластику – 5,99 кг, металу – 1,075 кг та біовідходів – 12,87 кг. Варто відміти, що таких контейнерів на даному майданчику є 10. Спеціальні контейнери для збору харчових відходів на сьогоднішній день встановлено майже на 99 % усіх контейнерних майданчиках Львова. У 2024 році серед побутових відходів міста, 44 % склали біовідходи (біля 9 тис. тонн), переробка яких здійснюється на міській компостувальній станції. За діяльності якої (2020-2024 роки) мешканці здали на компостування біля 36 тис. тонн біовідходів, хоча її потужність є значно вищою (до 30 тис. тонн на рік). У морфологічному складі компосту, відібраного для досліджень на компостувальній станції м. Львова встановлено: 340 мг/кг полімерів, 1788 мг/кг скла, 572 мг/кг металів та 93 мг/кг текстилю. Згідно розроблених технічних умов ТУ У 38.1-13838331-004:2024 дана органічна суміш має технічну якість та може використовуватись для процесів рекультивації полігонів побутових відходів та земель, які зазнали значних змін у структурі рельєфу, також для будівельних та інших робіт. Для виготовлення якісного та екологічно-безпечного компосту, який може бути використаний для удобрення сільськогосподарських угідь, необхідно запобігати потрапляння до контейнерів із збором харчових відходів різноманітних фракцій побутових відходів, а особливо поліетиленових пакетів. Усе це потребує підвищення рівня екологічної культури населення та розширення інформаційних кампаній, які сприятимуть формуванню відповідальної поведінки щодо вирішення даної проблеми міста.

Ключові слова: *побутові відходи, забруднення, сортування, біовідходи, компостування, морфологічний склад компосту, органічна суміш технічної якості*

Вступ

Суспільство нині як на світовому, так і на локальному рівнях стикається з небувалими екологічними, соціальними та фінансовими викликами. Швидка урбанізація та індустріалізація, що відбулася протягом XX–XXI століття, спричинила зростання споживання товарів та послуг, що призвело до помітного збільшення обсягу побутових відходів. Вирішення цієї проблеми вимагає: безпечної, сталої та узгодженої програми поводження з відходами; оцінки їхнього життєвого циклу, починаючи від виробництва до переробки та знешкодження (Storoshchuk et al., 2021; Butsyak & Matsuska, 2025).

Базовий документ "Трансформація нашого світу: Порядок денний для Сталого Розвитку на період до 2030 року" підкреслює визнання міжнародною спільнотою необхідності у зміні спрямування розвитку держав та територій. Цей Порядок охоплює 17 завдань сталого розвитку та загалом 169 пунктів, які концентруються на п'яти головних аспектах: люди, земля, добробут, спокій та співпраця. Вони мають комплексний та неподільний характер і забезпечують зрівноваження трьох вимірів сталого розвитку: економічного, соціального та екологічного. Дані завдання та цілі стимулюють діяльності у сферах, що є критично значущими для людства і планети.

Щороку у світі генерується приблизно 2,1 млрд тонн побутових відходів, і прогнозується, що до 2050 року цей обсяг може зрости до 3,4 млрд тонн (Zhmur & Brusylo, 2024). На території України нагромаджено уже біля 36 млрд тонн відходів, які засмітили більш як 7 % території (Lototska et al., 2023). Якщо, у 2010 році було утворено біля 41,4 млн м³ побутових відходів, то у 2020 році ~ 53 млн. м³, що на 28 % більше. За 2021 рік в Україні утворилось понад 51 млн. м³ побутових відходів, перероблено та утилізовано ~ 7,64 %, з них 1,14 % спалено, а 6,5 % потрапило на заготівельні пункти вторинної сировини та сміттєпереробні лінії (Natsionalnyi plan…, 2024).

Згідно з даними, наданими обласними військовими адміністраціями (без урахування відомостей щодо тимчасово окупованих територій), у 2022 році в населених пунктах країни було утворено близько 39 млн м³ побутових відходів (перероблено та утилізовано ~ 9,9 %, з них – 1,66 % спалено, а 8,24 % потрапило на переробку), у 2023 році – понад 44 млн м³. Особливо збільшилися обсяги будівельного сміття – майже 450 тис. тонн, через руйнування більш ніж 60 тис. об'єктів внаслідок бойових дій, що створює значне екологічне навантаження (Zhmur & Brusylo, 2024).

Через низьку ефективність сортування побутових відходів в Україні налічується 5,7 тис. звалищ і полігонів загальною площею майже 8 тис. гектарів, 40 % з них потребують рекультивації (Bereziuk & Lemeshev, 2022; Ministerstvo rozvytku…, 2023).

Особливу небезпеку для звалищ складають біовідходи. Під дією опадів, сонячного випромінювання та підвищення температури у товщі відходів запускаються неконтрольовані фізико-хімічні й біохімічні процеси. В результаті утворюються токсичні речовини у газоподібній, рідкій та твердій формах, що становлять загрозу для довкілля, особливо для здоров'я населення (Storoshchuk et al., 2020).

Ще 30–40 років тому більшість країн Європейського Союзу стикалися із серйозними труднощами у сфері утилізації побутових відходів. Однак нині багато з них не лише вирішили цю проблему, а й змогли перетворити відходи на економічний ресурс (Bekchanov & Mirzabaev, 2018; Samoilov, 2021; Prokaieva, 2021; Shyshpanova, 2023; Tokarchuk, 2023). Зокрема, в Греції, Чехії, Данії, Іспанії, Франції, Люксембурзі, Мальті, Австрії, Фінляндії, Словаччині та Великій Британії – рівень перероблення побутових

відходів досягає 100 %. Дещо нижчу частку перероблених побутових відходів серед зібраних демонструють Естонія (87,2 %), Польща (87,4 %) та Італія (88,9 %). За останні два десятиліття країни Європейського Союзу суттєво скоротили обсяги побутових відходів, що потрапляють на полігони: їх кількість зменшилася приблизно у 2,5 рази. Паралельно зросла частка відходів, які спрямовуються на перероблення, компостування та термічну обробку. При цьому перероблені та компостовані відходи переважають за обсягами порівняно зі спаленими, хоча спалювання здебільшого використовується з метою виробництва енергії (Lototska et al., 2023).

В Україні, через значні обсяги утворення побутових відходів та недостатньо розвинену інфраструктуру для їх належного збирання, перероблення та утилізації, ситуація залишається особливо складною. Лише біля 7 % побутового сміття направляється на перероблення чи повторне використання (Natsionalna stratehiia…, 2017). 44 % із загального морфологічного складу побутових відходів у м. Львові припадає на біовідходи, які переробляються на компост. Саме тому, оцінка еколого-економічних та соціальних аспектів щодо компостування біовідходів у м. Львові допоможе відобразити реальну картину нинішньої системи поводження із побутовими відходами.

Мета дослідження

Метою даної роботи є комплексна оцінка системи поводження з біовідходами у м. Львові та виявлення ключових екологічних, економічних і соціальних аспектів у впровадженні практики їх компостування. Для досягнення поставленої мети було здійснено аналіз сфери управління побутовими відходами у концепції сталого розвитку; оцінено організацію збору біовідходів у Львові та роль соціального фактору в ефективності цього процесу; досліджено морфологічний склад компосту (органічної суміші технічної якості) компостувальної станції ЛКП “Зелене місто”.

Матеріал і методи досліджень

Проведено аналіз зарубіжних та вітчизняних літературних джерел щодо проблеми сучасного поводження із побутовими відходами, зокрема біовідходами.

Здійснено дослідження морфологічного складу побутових відходів на контейнерному майданчику, що розташований на вул. Туган-Барановського, 13, де знаходиться 10 контейнерів для змішаних відходів (1,1 м^3), один контейнер для скла (1,1 м^3), сітка для пластикових пляшок та контейнер для збору харчових відходів. Вміст одного контейнера із змішаними відходами ми розібрали за окремими фракціями, які поділили на 5 категорій (ресурсоцінні відходи, органічні, санітарні, небезпечні та нересурсоцінні), фіксували їх за вагою та об’ємом.

Досліджено морфологічний склад компосту (органічної суміші технічної якості) компостувальної станції ЛКП “Зелене місто”. Відібрані проби компосту (5 проб по ~ 1 кг) усереднювали до 1 кг, просіювали через сито 10 мм та сушили у сушильній шафі при температурі ~ 60 °С до отримання сталої ваги. Дослідження проводились над зразками досліджуваної органічного суміші у фракції – 1–10 мм, тому наступним кроком, було просіяння проби через сито 1 мм.

У досліджуваній пробі, найбільші фракції металевих, скляних та полімерних частинок, а також залишків текстилю, сортували візуально за допомогою металевого пінцета, лампи, лупи та магніту. Виявлені частинки поміщали в чашки Петрі, заливали їх 30 % розчином H_2O_2 та витримували у сушильній шафі при температурі від 40 до 60 °С для розчеплення органічної речовини, до тих пір поки не було ознак залишкової реакції (не було видно шипіння чи бульбашок). Потім їх промивали дистильованою водою та висушували. Аналогічно, розщеплювали органічну речовину найменшої фракції. Після цього зразок промивали дистильованою водою, просіюючи його ще раз на контрольному ситі з отворами 63 мкм, висушували та розбирали його вміст на фракції, додаючи до чашок Петрі. Вміст компонентів у чашках важили та фотографували (рис. 1 (а,б,в,г)).

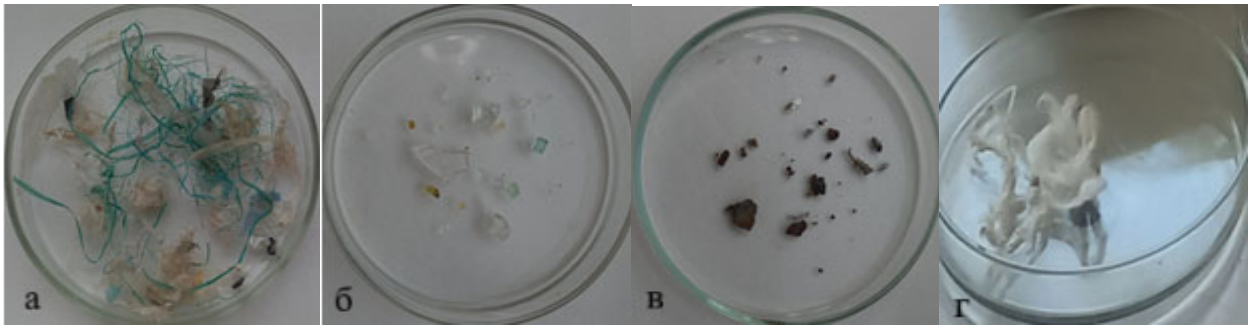


Рис. 1. Візуальне сортування частинок полімерів (а), скла (б), металів (в) та текстилю (г) із 1 кг компосту у фракції 1–10 мм

Результати та їх обговорення

Аналіз сфери управління побутовими відходами у концепції сталого розвитку. Основним документом у сфері управління відходами, зокрема органовмісними, у країнах ЄС є Директива ЄС про відходи 2008/98/ЄС (Dyrektyva Yevropeiskoho Parlamentu…, 2008; Storoshchuk et al., 2021). У ній підкреслюється, що захоронення є найбільш небажаним способом в управлінні відходами, а держави-члени повинні поступово скорочувати кількість біорозкладних матеріалів, які потрапляють на полігони. Для підвищення ефективності системи управління відходами ЄС визначає пріоритетність дій відповідно до "ієрархії відходів", що передбачає: запобігання утворенню відходів, підготовку до повторного використання, переробку, інші форми відновлення (зокрема енергетичне), а вже потім – захоронення (Voitsikhovska et al., 2019).

Основним державним стратегічним документом, який визначає розвиток сфери поводження з відходами в Україні є Національна стратегія управління відходами до 2030 року (Natsionalna stratehiia…, 2017), метою якої є забезпечення комплексного вирішення проблем, пов'язаних з утворенням, збиранням, переробкою та утилізацією відходів. На основі даного документу було розроблено та затверджено Національний план управління відходами до 2033 року (Barinov et al., 2021; Natsionalnyi plan…, 2024).

Правові засади управління відходами в Україні регулюються Законом України "Про управління відходами" та низкою підзаконних нормативно-правових документів. У законі окреслено загальні принципи утилізації та видалення відходів, а також розподілене повноваження між органами державної влади та місцевого самоврядування. Окремі аспекти визначаються спеціальними законами, зокрема "Про житлово-комунальні послуги" та "Про благоустрій населених пунктів". Для реалізації законодавчих вимог прийнято ряд підзаконних актів, серед яких: Порядок ведення реєстру об'єктів утворення, оброблення й утилізації відходів, Правила надання послуг із вивезення побутових відходів, методичні документи щодо організації роздільного збирання побутових відходів тощо. Попри сформовану нормативну базу, чинне регулювання залишається недостатньо ефективним і потребує подальшого вдосконалення. Експерти звертають увагу на необхідність чіткого врегулювання системи роздільного збору, створення дієвих економічних стимулів для переробки сміття та запровадження розширеної відповідальності виробника за поводження з відходами його продукції (Zhmur & Brusylo, 2024).

Згідно із Законом України "Про управління відходами", побутові відходи – змішані та/або роздільно зібрані відходи від домогосподарств, включаючи відходи паперу, картону, скла, пластику, деревини, текстилю, металу, упаковки, біовідходи, відходи електричного та електронного обладнання, відходи батарей та акумуляторів, небезпечні відходи у складі побутових, великогабаритні та ремонтні відходи, а також змішані та/або роздільно зібрані відходи з інших джерел, якщо ці відходи подібні за своїм складом до відходів домогосподарств (Pro upravlinnia vidkhodamy, 2023).

Львівська міська рада від 16.05.2024 затвердила "Програму збирання побутових відходів на території Львівської МТГ" (Prohrama…, 2024), метою якої є створення умов, що сприятимуть забезпеченню роздільного збирання побутових відходів для покращення ресурсозбереження та зменшення шкідливого впливу відходів на навколишнє природне середовище і здоров'я людей.

На першому з етапів впровадження муніципальної системи управління побутовими відходами на території Львівської МТГ у 2024 році проведено морфологічні дослідження складу побутових відходів, за підсумками яких у березні цього року було визначено найбільші фракції відходів на досліджуваній місцевості (Stvoriuiemo…, 2024). Досліджено 6805 кг побутових відходів (відібрано 96 проб): 44 % припадає на біовідходи, 15 % – пластик, 11 % скло. Обсяги зібраної даної вторинної сировини за 2024 рік склали: ~ по 1 тис. тонн скла та пластику та ~ 9 тис. тонн біовідходів.

Аналіз збору біовідходів у м. Львові, зокрема присутність у даному процесі соціального фактору. Відповідно до Закону України "Про управління відходами", біовідходи – відходи, що мають властивість піддаватися анаеробному або аеробному розкладу, такі як відходи харчових продуктів або відходи харчової промисловості на всіх етапах виробництва та споживання, відходи від зелених насаджень (Pro upravlinnia vidkhodamy, 2023).

Щоби відокремити біовідходи із змішаних побутових відходів, необхідно першочергово забезпечити належний їх збір. Відомо, що спеціальні контейнери для збору харчових відходів встановлено майже на 99 % усіх сміттєвих майданчиках Львова (Karta konteineriv). Встановлено, що у 2024 році потенціал роздільного збору на території Львівської МТГ сягнув 72 %. Спостережено ріст вторинної сировини після встановлення контейнерів для роздільного збору відходів: пластику на 28 %, скла на 75 % та на 11 % біовідходів (Stvoriuiemo…, 2024). У 2024 році у м. Львові було зібрано біля 9 тис. тонн біовідходів, переробка яких забезпечується на компостувальній станції, що працює у м. Львові. Варто відмітити, що це перша міська станція компостування в Україні (вул. Пластова, 13), яка розпочала роботу в тестовому режимі у січні 2020, а з червня 2020 – працює на повну потужність (Lvivska kompostuvalna stantsiia). За 2020–2024 роки роботи станції мешканці здали біля 36 тис. тонн біовідходів, а потужність переробки станції становить до 30 тис. тонн на рік.

Компостування – це процес біодеградації органічних речовин у аеробних умовах для отримання якісного органічного добрива (Wei et al., 2017; Musa et al., 2021; Bagagiolo et al., 2022). До технологій компостування нині привертається дедалі більше уваги, оскільки їх вважають одними із найбільш екологічно безпечних та економічно вигідних методів перероблення органічних відходів (Vaverková et al., 2020). Компостування допомагає у поводженні із великою кіль-

кістю органовмісних відходів в умовах сталого управління (Storoshchuk et al., 2021).

Щоби досягти показників, окреслених у нормативних документах стосовно ефективного поводження з відходами, потрібна дієва спільна праця усіх зацікавлених сторін: центральних та місцевих органів влади, бізнесу, громадян, міжнародних партнерів та волонтерів. Досвід держав, котрі досягли вагомих успіхів у сфері поводження з відходами, засвідчує, що піднесення рівня обізнаності населення – неминуча передумова для формування сталих систем поводження з відходами (Korbut & Davydova, 2021; Zinchenko et al., 2023).

Проведені нами дослідження щодо вмісту контейнера для змішаних відходів, який розташований на контейнерному майданчику (рис. 2) на вул. Туган-Барановського, 13, на жаль показують неналежне відношення мешканців до сортування відходів. У контейнерах для змішаних відходів виявлено харчові відходи, скло, пластик та інше.

Рис. 2. Фото контейнерного майданчика на вул. Туган Барановського, 13

Для дослідження було обрано 1 контейнер із змішаними відходами. Аналізуючи морфологічний склад побутових відходів, ми ретельно ділили їх на 5 категорій, в середині яких – додаткові підкатегорії (рис. 3). Відокремлені фракції фіксували за встановленою вагою та об'ємом (табл. 1). Зокрема, виділили ресурсоцінні відходи, органічні, санітарні, небезпечні, та ті, що не переробляються.

Рис. 3. Фото контейнера для змішаних відходів, обраного для дослідження та поділ його вмісту на окремі категорії

Аналізуючи отриманні дані видно, що із загальної кількості побутових відходів у дослідженому контейнері є 18,8 % ресурсоцінних відходів, 5,9 % біовідходів та 74,9 % не ресурсоцінних відходів. Серед відходів, які могли б бути використанні повторно: скла – 23,72 кг, пластику – 5,99 кг, металу – 1,075 кг та біовідходів – 12,87 кг.

На даному контейнерному майданчику 10 таких контейнерів, а це близько 540 кг ресурсоцінних відходів, серед яких і біовідходи, що могли б мати "друге життя", зберегти природні ресурси та зменшити антропогенний вплив на довкілля.

Таблиця 1

Визначення маси та об'єму категорій побутових відходів у контейнері для змішаних відходів (вул. Туган-Барановського, 13)

Категорія відходів	Вага, кг	Об'єм, л
Ресурсоцінні відходи	40,94	235,0
пластик	5,99	120,0
скло	23,72	60,0
метал	1,075	15,0
папір	1,1	10,0
картон	7,69	20,0
тетрапак	1,36	10,0
Біовідходи відходи	12,87	18,0
Відходи харчових продуктів, відходи зелених насаджень	12,87	18,0
Санітарні (засоби гігієни)	0,75	0,5
особиста гігієна	0,76	0,5
Нересурсоцінні відходи	163,12	379,1
щільник пластик	3,38	9,0
текстиль	18,48	38,0
бетон	2,7	2,0
кабель електричний	0,16	0,1
відходи пластикової упаковки типу "шуршик"	14,9	150,0
вуличний відсів та інші відходи, що не індентифікувались	123,5 кг	180,0
Усього відходів	217,68	632,6

І ще важливо зауважити, що вторсировина, яка містилась у контейнері із змішаними відходами, потрапила сюди не зважаючи, що поряд на даному контейнерному майданчику є контейнери для їх окремого збору, а це говорить про несвідомість або байдужість громадян. Проведені подібні дослідження за іншими адресами у м. Львові показують аналогічну ситуацію (Rezultaty doslidzhennia).

Після того як із досліджуваного контейнера було забрано пластик, скло, папір, метал, тетрапак та біовідходи, його об'єм зменшився вдвічі (рис. 4), що також вказує про можливість економії коштів, які сплачуються за вивезення відходів.

Одним з етапів впровадження муніципальної системи управління побутовими відходами на території Львівської МТГ у 2024 році є екологічна просвіта та виховання. Роздільний збір побутових відходів забезпечено у 21 навчальному закладі Львівської МТГ. Учні та вчителі сортують відходи за 5-ма найбільшими фракціями – біовідходи, пластик, скло, папір та змішані відходи (Stvoriuiemo…, 2024).

Країни, що ефективно справляються із побутовими відходами ще 15–20 років тому проводили освітні заходи на державному рівні та зуміли сформувати світогляд нації стосовно важливих екологічних питань. Серед ініціатив: запровадження розділення відходів за участю дітей у дошкільних закладах та школах, екологічні бесіди, включення теми поводження з відходами у буденному житті громадян. Однією із найбільш свідомих держав Європи є Швеція. Екологічне бачення там закладається із дитячого садка, де малюків змалку привчають як розділяти відходи. За неналежне сортування побутових відходів власників штрафують, де розмір штрафу залежить від кількості несортованих відходів. У цьому полягає стимул зменшувати обсяг побутових відходів або якомога більше передавати його на повторний вжиток (Samoilov, 2021; Zinchenko et al., 2023).

Рис. 4. Фото досліджуваного контейнера для змішаних відходів до і після вилучення вторсировини

Еколого-економічні аспекти компостування органічних відходів у м. Львові. На сьогоднішній день, в умовах виснаження природних ресурсів і значного забруднення довкілля, ключовим завданням стає поєднання економічного розвитку з екологічною стійкістю. Цього можна досягти шляхом переходу країн до принципів циркулярної економіки. Лінійна модель господарювання передбачає видобуток

ресурсів, їх перетворення на продукцію та подальше утворення відходів після використання, які більше не можуть бути застосовані. Такий підхід спричиняє численні проблеми: нераціональне використання ресурсів, залежність економіки від первинної сировини, накопичення значної кількості відходів, а також екологічні й соціальні ризики. Натомість циркулярна економіка (економіка замкненого циклу) орієнтується на відновленні ресурсів, рециклінгу відходів і використанні відновлюваних джерел енергії (Prokaieva, 2021; Shyshpanova, 2023; Tokarchuk, 2023).

Національний план управління відходами у нашій державі є важливою частиною "дорожньої карти" реформи управління відходами. Якщо його цільові показники будуть досягнуті, то ефективний роздільний збір побутових відходів забезпечить перехід від лінійної до циркуляційної економіки.

Процес компостування ідеально інтегрується в бажаний контекст циркулярної економіки, сприяючи переробці поживних речовин та зменшуючи попит на хімічні добрива, одночасно підтримуючи сталий розвиток сільського господарства (Bekchanov & Mirzabaev, 2018; Manea et al., 2024). Також, компостування біовідходів забезпечує зниження витрат на їх вивезення на сміттєзвалища (Zinchenko et al., 2023) та сприяє створенню нових робочих місць. На думку дослідників (Korhonen et al., 2018), впровадження принципів циркулярної економіки в ЄС дозволить скоротити залежність від імпортної сировини та потенційно забезпечить створення близько 2 млн додаткових робочих місць до 2030 року.

Зниження частки потрапляння біовідходів на полігони побутових відходів має багато переваг для навколишнього середовища, включаючи зменшення викидів парникових газів та запобігання витоку фільтрату зі сміттєзвалищ (Storoshchuk et al., 2020; Obsa et al., 2022). Використання компосту як ґрунтової добавки покращує структуру ґрунту, зокрема фізичні, хімічні та біологічні властивості, підвищуючи його родючість (Sultana et al., 2021).

Частка біовідходів у м. Львові становить більше 40 % морфологічного складу побутових відходів. На прикладі 2021 року, коли на компостувальну станцію міста їх поступило 6 011 тонн, серед яких 3856 т. садових відходів та 2156 т. харчових відходів. Економія коштів від зменшення об'ємів перевезення відходів на сміттєзвалища склала 6,16 млн. грн. Отримано дохід від продажу отриманого компосту – 15 тис. грн. та від надання послуг з перероблення відходів – 770 тис. грн. При цьому, досягнуто зменшення захоронення міських відходів на сміттєзвалищах до 3 % (Zinchenko et al., 2023).

Окрім численних екологічних та економічних переваг, широке впровадження процесу компостування як основного рішення для управління біовідходами стикається з деякими технічними труднощами та соціально-економічними бар'єрами (Manea et al., 2024). Більшість проблем пов'язані з наявністю забруднювачів, таких як скло, метали, текстиль та пластик як у сировині так у кінцевому компості. Цілком зрозуміло, що склад біовідходів, які формують компост, суттєво впливає на його властивості, так само як і тип ґрунтів, у який вносять компост та його кількість.

Ряд досліджень щодо проблеми забруднення ґрунтів, особливо пластиком, через внесення компостів проводиться у різних країнах світу. Дослідження проведені у Швейцарії підкреслюють повсюдну присутність пластикових частинок у компостах з полів, а також різноманітність їх хімічної природи та концентрацій. Були помічені відмінності між компостами, спричинені походженням відходів. Компост з найвищою концентрацією пластиків містив 1315 ± 375 частинок/кг. На його виготовлення надходили біовідходи загорнуті в пластикові плівки або мали етикетки. У компості, що не містив органічних побутових відходів, спостережено у 7 разів нижчий вміст пластикових частинок (Berset & Stoll, 2024).

У Німеччині виявлено пластик у восьми компостах із різних компостних заводів та господарських магазинів. Досліджено, що всі компости містили пластикові частинки від 0,05 г/кг до 1,36 г/кг, а це можливе навантаження пластиком сільсько-господарських угідь від 0,34 кг до 47,53 кг/га в рік та садівничих ґрунтів від 0,31 кг/га до 26,4 кг/га в році (загальноприйняті рекомендації для внесення компосту на сільськогосподарські поля коливаються від 7 т до 35 т компосту на 1 га, у садівничі ґрунти – від 6,48 до 19,44 т/га) (Braun et al., 2021). У Фінляндії досліджено вміст полімерів у компості у кількості 6,5 г/кг (Scopetani et al., 2022).

Нами досліджено морфологічний склад зразків компосту (органічної суміші технічної якості) компостувальної станції ЛКП "Зелене місто" (табл. 2).

Таблиця 2

Морфологічний склад компосту (органічної суміші технічної якості) компостувальної станції ЛКП "Зелене місто"

№ п/п	Назва показника	Результат	Одиниці вимірювання
1	Вміст полімерів*	340	мг/кг
2	Вміст скла*	1788	мг/кг
3	Вміст металів*	572	мг/кг
4	Вміст текстилю*	93	мг/кг

*Дослідження проводились над зразками досліджуваної органічного суміші у фракції – 1–10 мм.

Дані дослідження проводились з метою визначення у компості вмісту полімерів, скла, металів та текстилю, оскільки для виготовлення даної органічної суміші було використано харчові побутові відходи, які нажаль неефективно сортуються мешканцями м. Львова та часто викидаються до контейнера із їх збором у поліетиленових пакетах. Також, було використано садово-паркові відходи (гілля, щепу, листя та траву).

Дані дослідження здійснювались на основі підписання договору із ЛКП "Зелене місто", предметом якого було "Дослідження суміші органічного походження технічної якості", за результатами яких вперше розроблено технічні умови

ТУ У 38.1-13838331-004:2024. Згідно яких, суміш органічного походження за якістю поділяється на I та II сорти, де максимальний вміст досліджуваних компонентів може бути у діапазонах: полімери у суміші I сорту – 400 мг/кг, II сорту – 600 мг/кг; скло – 1800–2500 мг/кг; метали – 600–900 мг/кг; текстиль – 100–150 мг/кг відповідно (TU U 38.1-13838331-004:2024).

За результатами представленими у табл. 2, досліджуваний компост (суміш органічного походження технічної якості), із вмістом у своєму складі 340 мг/кг полімерів, 1788 мг/кг скла, 572 мг/кг металів та 93 мг/кг текстилю, згідно розроблених технічних умов ТУ У 38.1-13838331-004:2024, може використовуватись для процесів рекультивації полігонів побутових відходів та земель, які зазнали значних змін у структурі рельєфу, також для будівельних та інших робіт.

Для виготовлення якісного та екологічно-безпечного компосту, який може бути застосованим для удобрення сільськогосподарських угідь, необхідно запобігати потрапляння до контейнерів із збором харчових відходів різноманітних фракцій побутових відходів, а особливо поліетиленових пакетів. Відомо, що особливо ефективними для покращення якості ґрунтів є компости із переважним вмістом харчових відходів (біля 50 %) (Tykhomyrova et al., 2024).

Висновки

Проведена оцінка еколого-економічних та соціальних аспектів компостування біовідходів у м. Львові засвідчує, що такий підхід є важливим елементом переходу міста до сталої системи управління відходами.

Компостування біовідходів забезпечує суттєве зменшення обсягів побутових відходів, що потрапляють на полігони, сприяючи скороченню викидів парникових газів та формуванню цінного органічного добрива.

Економічний аналіз досліджуваної проблеми показує, що ефективний роздільний збір біовідходів, переробка яких забезпечується компостуванням є фінансово доцільним у довгостроковій перспективі, оскільки дозволяє знизити витрати на поводження з побутовими відходами та стимулює розвиток локальної зеленої економіки.

В ході проведених досліджень встановлено значну частину ресурсоцінних відходів (~540 кг із одного контейнерного майданчика м. Львова, що розташований на вул. Туган-Барановського, 13), які потрапили до контейнера із змішаними відходами, а це говорить про несвідомість або байдужість громадян. Серед відходів, які були вилучені із 1 контейнера (на даному контейнерному майданчику 10 таких контейнерів) із змішаними відходами, могли б бути використанні повторно: скло – 23,72 кг, пластик – 5,99 кг, метал – 1,075 кг та біовідходи – 12,87 кг.

Досліджено, що у морфологічному складі компосту із компостувальної станції м. Львова, для виготовлення якого використано харчові та садово-паркові відходи, міститься: 340 мг/кг полімерів, 1788 мг/кг скла, 572 мг/кг металів та 93 мг/кг текстилю. Згідно розроблених технічних умов ТУ У 38.1-13838331-004:2024 дана органічна суміш має технічну якість та може використовуватись для процесів рекультивації полігонів побутових відходів та земель, які зазнали значних змін у структурі рельєфу, також для будівельних та інших робіт.

Оцінювання соціальних чинників підкреслює потребу у більш активній участі жителів у належному сортуванні побутових відходів. Це вимагає підвищення рівня екологічної свідомості та посилення інформаційних кампаній, які формують відповідальне ставлення до розв'язання цієї міської проблеми.

Отже, компостування біовідходів у Львові є комплексним рішенням, що поєднує екологічні вигоди, економічну ефективність та соціальну користь. Подальший розвиток цієї практики потребує системної підтримки з боку міської влади, інвестицій у інфраструктуру та посилення освітніх заходів. У сукупності це сприятиме формуванню стійкої міської екосистеми та підвищенню якості життя громади.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів.

References

Bagagiolo, G., Vigoroso, L., Pampuro, N., & Cavallo, E. (2022). The Role of Social Interaction and Personal Characteristics in Affecting the Adoption of Compost from Organic Fraction of Municipal Solid Waste in Italy. Agronomy, 12(2), 445. DOI: 10.3390/agronomy 12020445.

Barinov, M. O., Oleksiievets, I. L., Rodnaia, D. V., Zhuravel, T. V., Kolomiiets, S. V., Kozlova, I. A., & Parkhomenko, H. P. (2021). Praktychni aspekty upravlinnia vidkhodamy v Ukraini: posibnyk. Kyiv: "Polihraf plius". URL: https://ukrecoalliance.com.ua/wp-content/uploads/2025/04/Posibnyk_praktychni-aspekty-upravlinnia-vidkhodamy-v-Ukraini.pdf (in Ukrainian).

Bekchanov, M., & Mirzabaev, A. (2018). Circular economy of composting in Sri Lanka: Opportunities and challenges for reducing waste related pollution and improving soil health. Journal of Cleaner Production, 202, 1107–1119. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.08.186.

Bereziuk, O. V., & Lemeshev, M. S. (2022). Dynamika kilkosti polihoniv TPV v Ukraini, yaki ne vidpovidaiut normam. Visnyk Vinnytskoho politekhnichnoho instytutu, 2, 18–22. DOI: 10.31649/1997-9266-2022-165-6-13-17 (in Ukrainian).

Berset, F. C. D., & Stoll, S. (2024). Microplastic Contamination in Field-Side Composting in Geneva, Switzerland (CH). Microplastics, 3(3), 477–491. DOI: 10.3390/microplastics3030030.

Braun, M., Mail, M., Heyse, R., & Amelung, W. (2021). Plastic in compost: Prevalence and potential input into agricultural and horticultural soils. The Science of the total environment, 760, 143335. DOI: 10.1016/j. scitotenv.2020.143335.

Butsyak, G. A., & Matsuska, O. V. (2025). Environmental aspects of household waste recycling in Lviv region. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 27(102), 151–156. DOI: 10.32718/nvlvet-a10222.

Dyrektyva Yevropeiskoho Parlamentu i Rady 2008/98/IeS vid 19 lystopada 2008 roku pro vidkhody ta pro skasuvannia deiakykh dyrektyv (2008). 02008L0098 – UA – 05.07.2018 – 003.002. Verkhovna rada Ukrainy. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_029-08#Text (in Ukrainian).

Karta konteineriv dlia zboru orhaniky Lviv (opublikovano 1 lystopada 2024 r.). URL: https://surl.li/tnzbcx (in Ukrainian).

Korbut, M. B., & Davydova, I. V. (2021). Populiaryzatsiia protsesu kompostuvannia orhanichnykh vidkhodiv u pobutovykh umovakh. Ekolohichni nauky, 7(34), 210–214. DOI: 10.32846/2306-9716/2021.eco.7-34.35.

Korhonen, J., Nuur, C., Feldmann, A., & Birkie, S. E. (2018). Circular economy as an essentially contested concept. Journal of Cleaner Production, 175, 544–552. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.12.111.

Lototska, O. V., Dnistrianska, M. V., Krytska, H. A., Flekei, N. V., & Smachylo, O. M. (2023). Suchasni tendentsii povodzhennia z tverdymy pobutovymy vidkhodamy v Ukraini ta sviti. Visnyk sotsialnoi hihiieny ta orhanizatsii okhorony zdorovia Ukrainy, 2(96), 5–11. DOI: 10.11603/1681-2786.2023.2.14028 (in Ukrainian).

Lvivska kompostuvalna stantsiia. Zerowastelviv. URL: https://zerowastelviv.org.ua/lviv-compost-station (in Ukrainian).

Manea, E. E., Bumbac, C., Dinu, L. R., Bumbac, M., & Nicolescu, C. M. (2024). Composting as a Sustainable Solution for Organic Solid Waste Management: Current Practices and Potential Improvements. Sustainability, 16(15), 6329. DOI: 10.3390/su16156329.

Ministerstvo rozvytku hromad ta terytorii Ukrainy (2023). Analiz stanu sfery povodzhennia z pobutovymy vidkhodamy v Ukraini za 2022 rik. URL: https://mindev.gov.ua/news/34323-analiz-stanu-sferi-povodzennia-z-pobutovimi-vidxodami-v-ukrayini-za-2022-rik (in Ukrainian).

Musa, A. M., Ishak, C. F., Jaafar, N. M., & Karam, D. S. (2021). Carbon Dynamics of Fruit and Vegetable Wastes and Biodegradable Municipal Waste Compost-Amended Oxisol. Sustainability, 13(19), 10869. DOI: 10.3390/su131910869.

Natsionalna stratehiia upravlinnia vidkhodamy v Ukraini do 2030 roku (2017). Skhvalena rozporiadzhenniam KMU vid 8 lystopada 2017 r. № 820-r. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-%D1%80#n8 (in Ukrainian).

Natsionalnyi plan upravlinnia vidkhodamy v Ukraini do 2033 roku № 1353-r. Zatverdzhenyi rozporiadzhenniam Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 27 hrudnia 2024 r. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1353-2024-%D1%80#Text (in Ukrainian).

Obsa, O., Tadesse, M., Kim, D.-G., Asaye, Z., Yimer, F., Gebrehiwot, M., Brüggemann, N., & Prost, K. (2022). Organic Waste Generation and Its Valorization Potential through Composting in Shashemene, Southern Ethiopia. Sustainability, 14(6), 3660. DOI: 10.3390/su14063660.

Pro upravlinnia vidkhodamy (2023). Zakon Ukrainy vid 31.03.2023 r. № 2320-IX. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#Text (in Ukrainian).

Prohrama rozdilnoho zbyrannia pobutovykh vidkhodiv na terytorii Lvivskoi miskoi terytorialnoi hromady (2024). Ukhvala vid 16.05.2024. № 4762. Lvivska miska rada. URL: https://www8.city-adm.lviv.ua/inteam/uhvaly.nsf/91c21bb29b2b4f47c22571340037f910/2de06d5b65dccbb8c2258b250047688c?OpenDocument (in Ukrainian).

Prokaieva, A. (2021). Suchasne keruvannia vidkhodamy vidpovidno do pryntsypiv tsyrkuliarnoi ekonomiky: posibnyk kursu ZWA deep level / red. Umanskyi Yu. URL: https://surl.li/zblyiy (in Ukrainian).

Rezultaty doslidzhennia morfolohichnoho skladu tverdykh pobutovykh vidkhodiv OSBB Lvova. ZeroWaster. URL: https://zerowastelviv.org.ua/rezultaty-doslidzhennya-morfologichnogo-skladu-tverdyh-pobutovyh-vidhodiv-u-osbb-lvova (in Ukrainian).

Samoilov, O. O. (2021). Zarubizhnyi dosvid upravlinnia tverdymy pobutovymy vidkhodamy. Investytsii: praktyka ta dosvid, 19, 45–50. DOI: 10.32702/2306-6814.2021.19.45 (in Ukrainian).

Scopetani, C., Chelazzi, D., Cincinelli, A., Martellini, T., Leiniö, V., & Pellinen, J. (2022). Hazardous contaminants in plastics contained in compost and agricultural soil. Chemosphere, 293, 133645. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2022.133645.

Shyshpanova, N. O. (2023). Pidkhody krain YeS do vyrishennia ekoloho-ekonomichnykh problem u konteksti rozvytku tsyrkuliarnoi ekonomiky. Innovatsiina ekonomika, 1(93), 12–18. DOI: 10.37332/2309-1533.2023.1.2 (in Ukrainian).

Storoshchuk, U., Maliovanyy, M., Tymchuk, I., Luchyt, L. (2021). Analysis of the main methods of solid waste management. Environmental Problems, 6(4), 238–243. DOI: 10.23939/ep2021.04.238.

Storoshchuk, U., Malovanyy, M., & Tymchuk, I. (2020). Composting as one of the prospective methods of recycling the organic component of municipal solid waste. Environmental Problems, 5(3), 167–173. URL: https://science.lpnu.ua/ep/all-volumes-and-issues/volume-5-number-3-2020/composting-one-prospective-methods-recycling.

Stvoriuiemo novu munitsypalnu systemu upravlinnia vidkhodamy razom (2024). Lvivska miska rada. URL: https://surl.li/odbtwv (in Ukrainian).

Sultana, M., Jahiruddin, M., Islam, M. R., Rahman, M. M., Abedin, M. A., & Solaiman, Z. M. (2021). Nutrient Enriched Municipal Solid Waste Compost Increases Yield, Nutrient Content and Balance in Rice. Sustainability, 13(3), 1047. DOI: 10.3390/su13031047.

Tokarchuk, D. M. (2023). Model efektyvnoho bioenerhetychnoho menedzhmentu pobutovykh vidkhodiv indyvidualnykh korystuvachiv dlia efektyvnoho povodzhennia z TPV. Ekonomika ta

suspilstvo, 57. DOI: 10.32782/2524-0072/2023-57-16 (in Ukrainian).

TU U 38.1-13838331-004:2024. "Sumish orhanichnoho pokhodzhennia tekhnichnoi yakosti": tekhnichni umovy vid 31.12.2024 roku. Zatverdzheni dyrektorom LKP "Zelene misto" O. Yehorovym vid 23.12.2024 r. Perevireno Minekonomiky Ternopilska filiia DP "Ivano-Frankivsk" Standartmetrolohiia vid 02.01.2025 roku. 19 s. (in Ukrainian).

Tykhomyrova, T. S., Shestopalov, O. V., Razno, M. R., & Kochetov, M. S. (2024). Doslidzhennia vplyvu skladu kompostu na yoho zdatnist pokrashchuvaty yakist gruntiv. Ahrarni innovatsii, 25, 72–78. DOI: 10.32848/agrar.innov.2024.25.12 (in Ukrainian).

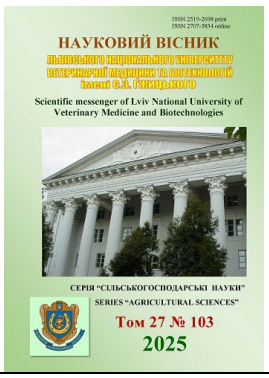
Vaverková, M. D., Adamcová, D., Winkler, J., Koda, E., Petrželová, L., & Maxianová, A. (2020). Alternative method of composting on a reclaimed municipal waste landfill in accordance with the circular economy: Benefits and risks. The Science of the total environment, 723, 137971. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.137971.

Voitsikhovska, A., Kravchenko, O., Melen-Zabramna, O., & Pankevych, M. (2019). Krashchi yevropeiski praktyky upravlinnia vidkhodamy: posibnyk. Lviv: "Kompaniia "Manuskrypt". URL: https://epl.org.ua/wp-content/uploads/2019/07/Krashchi_ES_praktuku_NET.pdf (in Ukrainian).

Wei, Y., Li, J., Shi, D., Liu, G., Zhao, Y., & Shimaoka, T. (2017). Environmental challenges impeding the composting of bio-degradable municipal solid waste: a critical review. Resources, Conservation and Recycling, 122, 51–65. DOI: 10.1016/j.resconrec.2017.01.024.

Zhmur, N., & Brusylo, O. (2024). Current state of the problems of disposal of domestic waste. Scientific Works of Kyiv Aviation Institute. Series Law Journal "Air and Space Law", 2(71), 170–178. DOI: 10.18372/2307-9061.71.18806.

Zinchenko, O. A., Pryvarnykova, I. Iu., Yakovenko,V. S., Redko, V. S., Pashchenko, O. V. (2023). Zbirka keisiv «Ievropeiski praktyky ekolohichnoi vidpovidalnosti ta svidomoho spozhyvannia». Dniprovskyi natsionalnyi universytet imeni Olesia Honchara. URL: https://www.dnu.dp.ua/docs/Jean%20Monnet/Zbirka%20keisiv_DOC.pdf (in Ukrainian).



Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького. Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences

ISSN 2519–2698 print
ISSN 2707-5834 online

doi: 10.32718/nvlvet-a10350
https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture

UDC 636.4.082.4:575.114.5:631.563

Genetic aspects of heterosis, performance indicators, and economic efficiency of pig rearing under different breeding schemes

M. I. Kremez[1]✉, B. V. Gutyj[2], T. V. Verbelchuk[3], V. H. Slynko[4], Yu. V. Bondarenko[5], O. S. Yaremchuk[5], H. I. Kalinichenko[6], L. M. Onyshchenko[6], Ye. I. Marchenko[3]

[1]LLC "Research and Production Enterprise 'Globinsky Pig Complex'", Hlobyne, Ukraine
[2]Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, Lviv, Ukraine
[3]Polissia National University, Zhytomyr, Ukraine
[4]Poltava State Agrarian University, Poltava, Ukraine
[5]Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine
[6]Mykolayiv National Agrarian University, Mykolayiv, Ukraine

Article info

Received 30.09.2025
Received in revised form 30.10.2025
Accepted 31.10.2025

LLC "Research and Production Enterprise 'Globinsky Pig Complex'", Hlobyne, Ukraine. E-mail: nikolajkremez@gmail.com

Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv, Pekarska Str., 50, Lviv, 79010, Ukraine.

Polissia National University, Stary Boulevard, 7, Zhytomyr, 10008, Ukraine.

Poltava State Agrarian University, Skovorody Str., 1/3, Poltava, 36003, Ukraine.

Sumy National Agrarian University, Gerasim Kondratiev Str., 160, Sumy, 40000, Ukraine.

Mykolayiv National Agrarian University, George Gongadze Str., 9 Mykolayiv, 54008, Ukraine.

Kremez, M. I., Gutyj, B. V., Verbelchuk, T. V., Slynko, V. H., Bondarenko, Yu. V., Yaremchuk, O. S., Kalinichenko, H. I., Onyshchenko, L. M., & Marchenko, Ye. I. (2025). Genetic aspects of heterosis, performance indicators, and economic efficiency of pig rearing under different breeding schemes. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 27(103), 402–414. doi: 10.32718/nvlvet-a10350

The article presents the results of a comprehensive study on the influence of genotype, selection methods, and breeding systems on performance, growth characteristics, feed conversion, survivability, and the economic efficiency of pig rearing. A comparative assessment of purebred animals of maternal lines, F1 crossbreds, hybrids, and pigs of a paternal synthetic line revealed significant differences in the expression of productive traits. Considerable attention was given to analyzing forms of heterosis and patterns of phenotypic dominance under various combinations of Large White and Landrace breeds, as well as their use in commercial hybridization schemes involving terminal sire lines. The calculations demonstrated that average daily gain, body weight at the end of the rearing period, and feed efficiency were largely determined by genotype combinations exhibiting positive dominance or overdominance. The highest performance level was observed in animals of the paternal synthetic line, which had been selected for growth intensity and feed conversion efficiency, resulting in the lowest feed and operational costs. Hybrid pigs displayed intermediate inheritance for most traits but showed improved survivability, which aligns with classical concepts of heterosis advantages during the early postnatal period. Crossbred and purebred growers were inferior to hybrid and linebred animals in terms of growth rates, feed consumption, and overall economic outcomes. Economic analysis revealed that pigs of the paternal line ensured the highest market value, maximum revenue per grower, and the best profitability of rearing. Hybrids ranked intermediate, showing clear advantages over maternal-line crossbreds and purebreds, though slightly inferior to terminal lines in economic indicators. Maternal-line crossbreds outperformed their purebred counterparts but could not match the productivity and profitability of hybrids or paternal-line animals. The obtained results confirm the high efficiency of multi-level hybridization schemes and the advisability of using paternal synthetic lines to intensify pork production. The identified inheritance patterns and heterosis expressions provide a foundation for optimizing breeding programs and designing herd structures aimed at maximizing profitability across technological stages of pig production.

Keywords: *pig production, breeding methods, hybridization, genotype, phenotypic dominance, heterosis, average daily gain, feed conversion, economic efficiency, profit, profitability.*

Генетичні аспекти гетерозису, продуктивність та економічна результативність дорощування свиней за різних схем розведення

М. І. Кремезь[1]✉, Б. В. Гутий[2], Т. В. Вербельчук[3], В. Г. Слинько[4], Ю. В. Бондаренко[5], О. С. Яремчук[5], Г. І. Калініченко[6], Л. М. Онищенко[6], Є. І. Марченко[3]

[1]ТОВ "НВП "Глобинський свинокомплекс", м. Глобине, Україна
[2]Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Ґжицького, м. Львів, Україна
[3]Поліський національний університет, м. Житомир, Україна
[4]Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна
[5]Сумський національний аграрний університет, м. Суми Україна
[6]Миколаївський національний аграрний університет, м. Миколаїв, Україна

У статті представлено результати комплексного дослідження впливу генотипу, методів селекції та розведення на продуктивність, особливості росту, конверсію корму, збереженість та економічну ефективність дорощування поросят. На основі порівняння чистопородних тварин материнських ліній, помісних форм F_1, гібридів та свиней батьківської синтетичної лінії встановлено суттєві відмінності у рівні прояву продуктивних ознак. Значну увагу приділено аналізу форм гетерозису та характеру фенотипового домінування за різних варіантів поєднання порід велика біла та ландрас, а також їх використання у схемах комерційної гібридизації з кнурами термінальної батьківської лінії. Розрахунки показали, що середньодобові прирости, маса поросят у кінці періоду дорощування та ефективність оплати корму найбільшою мірою визначалися поєднаннями генотипів, у яких проявлялись позитивне домінування або наддомінування. Найвищий рівень продуктивності притаманний тваринам батьківської синтетичної лінії, селекціонованим на інтенсивність росту та конверсію корму, що забезпечило їм найнижчі кормові та операційні витрати. Гібридні тварини характеризувалися проміжним успадкуванням більшості ознак, проте демонстрували підвищену збереженість, що узгоджується з класичними уявленнями про переваги гетерозису в ранньому постнатальному періоді. Помісні та чистопородні підсвинки поступалися лінійним і гібридним тваринам за показниками росту, витратами корму та кінцевим економічним ефектом. Економічний аналіз показав, що саме тварини батьківської лінії забезпечують найвищу реалізаційну вартість, максимальний дохід від реалізації одного підсвинка та найкращу рентабельність дорощування. Гібриди зайняли проміжну позицію, демонструючи переваги порівняно з помісними та чистопородними формами, але дещо поступаючись термінальним лініям за економічною результативністю. Помісні свині материнських ліній перевершували свої чистопородні аналоги, проте не могли конкурувати з гібридами та тваринами батьківської лінії. Отримані результати підтверджують високу ефективність багаторівневих схем гібридизації та доцільність використання батьківських синтетичних ліній для інтенсифікації виробництва свинини. Визначені закономірності успадкування та прояву гетерозису дають можливість оптимізувати селекційні програми й моделювати структуру стада таким чином, щоб максимізувати рентабельність різних технологічних етапів вирощування.

Ключові слова: *свинарство, методи розведення, гібридизація, генотип, фенотипове домінування, гетерозис, середньодобовий приріст, конверсія корму, економічна ефективність, прибуток, рентабельність.*

Вступ

Упродовж останніх десятиліть дослідження у галузі свинарства дедалі більше орієнтуються на розроблення інноваційних систем розведення, спрямованих на підвищення ефективності використання гетерозису в комерційному виробництві свинини. Використання гібридної сили забезпечує можливість зростання продуктивності тварин завдяки раціональному поєднанню генетичних ресурсів батьківських форм (Mykhalko & Andrukhova, 2023). З огляду на це відтворювальні якості свиноматок залишаються одним із ключових економічних критеріїв, що визначає рівень репродуктивної продуктивності стада та загальну економічну результативність галузі (Koketsu et al., 2017; Lykhach et al., 2023).

Гетерозис, як прояв гібридної сили та міжпородної комплементарності, посідає важливе місце в сучасних селекційно-племінних програмах. Батьківські лінії (дюрок, п'єтрен) використовують для підвищення темпів росту, м'ясної продуктивності та кормової ефективності, тоді як материнські (ландрас, йоркшир) спрямовані на формування високого репродуктивного потенціалу та тривалого продуктивного використання свиноматок. Однією з найбільш ефективних схем застосування гетерозису є термінальна трилінійна система гібридизації, у межах якої материнські лінії схрещують для отримання кросбредних свиноматок, а їх поєднують із батьківською лінією для виробництва високопродуктивних товарних гібридів (Sellier, 1976).

Складна взаємодія генотипу з умовами утримання та прояв неадитивних генетичних ефектів, зумовлених різною частотою алелів у породах, призводить до того, що кореляція між характеристиками чистопородних тварин нуклеусного стада та помісним потомством рідко сягає одиниці (Lutaaya et al., 2001; Dekkers 2007). Це означає, що фенотип чистопородних тварин не завжди точно відображає їх потенціал у комерційних умовах промислового схрещування (Ibánez-Escriche et al., 2009; Xiang et al., 2016).

Гетерозисний ефект проявляється через підвищення продуктивності помісних тварин порівняно із середнім показником батьківських форм (Vashchenko, 2016; Iversen et al., 2019; Voshchenko & Povod, 2024). Найвищого ефекту досягають при схрещуванні генетично контрастних порід, тоді як у наступних поколіннях гібридів його дія послаблюється, що зумовлює необхідність підтримання чистопородних ліній (Sørensen et al., 2008).

Материнський гетерозис формує вплив гібридної свиноматки на розвиток потомства від запліднення до відлучення та визначає кількість відлучених поросят

(Johnson & Omtvedt, 1975; Lisnyi & Nazarenko, 2002). Батьківський гетерозис, своєю чергою, проявляється через покращення репродуктивних функцій кнурів, зокрема підвищення лібідо та регулярності отримання сперми (Cassady et al., 2002).

У практиці промислового розведення застосовують як різні схеми схрещування, так і чистопородне розведення, а вибір технології залежить від особливостей генотипів та селекційних завдань господарства. Проте значна порідна мінливість часто ускладнює прогнозування результативності (Nakavisut et al., 2005; Voloshynov et al., 2024; Voshchenko & Povod, 2024).

Підвищення відтворювальних якостей, як зазначають (Moisei et al., 2024), не завжди супроводжується економічною вигодою, оскільки потребує додаткових ресурсів на вирощування чисельних гнізд. Водночас низка досліджень (Nebylytsia, 2015; Tusell et al., 2016; Vashchenko, 2021; Bashchenko et al., 2021), доводить, що використання м'ясних порід у схрещуванні не знижує рівень відтворювальних якостей двопородних свиноматок. Застосування кнурів спеціалізованих батьківських ліній сприяє підвищенню рентабельності виробництва на 5,6–29,7 % (Vashchenko, 2017; Bashchenko et al., 2021; Chernenko et al., 2022; Voloshynov et al., 2024).

Як свідчать дані (Khramkova, 2020; Mykhalko, 2021; Yurchenko et al., 2024), в Україні спостерігається поступове витіснення вітчизняних генотипів високопродуктивними лініями міжнародних генетичних компаній, продуктивність яких у нових виробничих умовах вимагає подальшого вивчення. Особливо в складний післявідлучний період їх життя на початку дорощування.

Період дорощування поросят є одним із ключових етапів постнатального розвитку, оскільки саме у цей час формуються механізми адаптації організму до умов утримання після відлучення, стабілізується імунна відповідь та закладається потенціал подальшого росту. Дослідження свідчать, що якість дорощування визначає рівень збереженості молодняку, темпи росту та стійкість до стресових факторів (Rydhmer et al., 2008).

У системах гібридного розведення гетерозисний ефект у цей період проявляється особливо яскраво: помісні поросята характеризуються підвищеною життєстійкістю, кращою конверсією корму, нижчою частотою захворювань та стабільнішими середньодобовими приростами. Це зумовлено поєднанням адаптивних механізмів двох або трьох генетично віддалених ліній, що посилює резистентність та фізіологічну пластичність молодняку (Baxter et al., 2013).

Таким чином, період дорощування слід розглядати як важливий елемент ефективності гібридизації, оскільки життєздатність і продуктивність помісних поросят на цьому етапі визначають кінцеву результативність вирощування та економічні показники виробництва свинини в цілому.

Мета досліджень

Вивчити генетичні аспекти гетерозису, продуктивність та економічну результативність дорощування свиней за різних схем розведення.

Матеріал і методи досліджень

Для проведення досліджень на племінному редукторі ТОВ НВП "Глобинський свинокомплекс" було відібрано за методом груп аналогів сім груп свиноматок по 10 голів в кожній відповідно до схеми наведеній в табл. 1. Перша група в досліді була представлена в рівній кількості чистопородними свиноматками великої білої та ландрас порід яких осіменяли спермою тих же кнурів. До другої групи були віднесені свиноматки термінальної лінії PIC-337 яких осіменяли спермою кнурів тієї ж лінії. Третя група також складалась з чистопородних свиноматок великої білої (♀ВБ) та ландрас (♀Л) порід але в ній було проведено перехресне осіменіння спермою тих же кнурів. До четвертої групи були включені по 10 помісних свиноматок поєднання ♀ВБ×♂Л та від зворотного поєднання ♀Л×♂ВБ, яких осіменяли спермою кнурів термінальної лінії ♂PIC-337.

Таблиця 1
Схема досліду

Показник	Середні показники за різних методів розведення			
	чистопородне материнські породи	внутрішньо-лінійне батьківська лінія	схрещування материнські породи	гібридизація
Група поросят	I	II	III	IV
Поєднання батьківських форм	♀ВБ×♂ ВБ та ♀Л×♂Л	♀PIC337×♂ PIC337	♀ВБ×♂Л та ♀Л×♂ВБ	♀ (♀ВБ×♂Л) ×♂ PIC337 та ♀(♀Л×♂ВБ) ×♂ PIC337
Кількість свиноматок, гол.	20	10	20	20
Кількість кнурів, гол.	4	3	4	4
Генотип поросят	ВБ та Л	PIC-337	½ВБ½ Л та ½ Л ½ВБ	¼ ВБ¼ Л ½ PIC337 та ¼ Л ¼ ВБ ½ PIC337
Кількість поросят на початок досліду, гол.	150	50	150	150
Вік поросят на початок досліду, діб	28	28	28	28
Тривалість дорощування, діб	49	49	49	49

Під час холостого та умовно-поросного періоду всіх піддослідних свиноматок утримували в окремих клітках-боксах в однакових умовах і годували стандартизованими повнораціонними кормами відповідного складу. На 33–35 день вагітності після ультразвукового сканування їх перевели в станок для свиноматок із підтвердженою вагітністю та утримували з стабільною групою зі стандартизованим годуванням за допомогою годівельної станції Velos від голландської компанії Nedap. На 110–112 добу поросності тварин усіх піддослідних груп переводили на опоросний майданчик цього ж репродуктору, розміщуючи їх в окремих станках. Свиноматки необмежено харчувалися за допомогою дозатора корму безперервної дії, який забезпечує їм цілодобову подачу повнораціонного збалансованого корму для підсисних свиноматок. Починаючи з 14 доби після народження поросят їм розпочали згодовувати престартерний комбікормом.

Коли поросят у кожній експериментальній групі відлучали, за методом груп-аналогів (Ladyka et al., 2023) сформували чотири експериментальні груп із 150 поросят у кожній групі та спеціалізованим транспортом перевезли їх на відгодівельний комплекс № 4 в відділення для дорощування. Для цього всіх відлучених поросят у кожній піддослідній групі зважували групами і розраховували середню масу тіла по кожній з груп. Наступним етапом наших досліджень було індивідуальне зважування всіх піддослідних поросят, під час якого хімічними маркерами на спині позначали їх масу та порядковий номер у гнізді. При зважуванні поросят враховуючи їх стать розподіляли її до кожної групи за масою, найближчою до середньої маси групи. Після завершення формування піддослідних груп середня вага сформованих груп була приведена у відповідність до середньої ваги поросят, отриманої в результаті групового зважування кожної групи шляхом заміни поросят різної ваги відповідної статі. Потім усім піддослідним поросятам на праве вухо прикріплювали номерні бирки різного кольору та форми. Протягом періоду дорощування поросята утримувалися однаково в станках на повністю щілинних підлогах по 75 голів в у кожному, з щільністю 0,32 м^2 на одне порося (рис. 1). В цей час їм згодовували рідку суміш у співвідношенні 1 частина сухого повнораціонного комбікорму до 3 частин води. До 41-денного віку всі піддослідні поросята отримували той самий престартерний раціон, що й у підсисний період. З 42-денного віку їх перевели на другий престартовий раціон і годували до досягнення середньої маси тіла 12 кг, після чого перевели на стартовий раціон і годували до переведення на відгодівлю. Споживання корму реєструвалося процесором кормової станції для кожної роздачі корму. Умови годівлі та усі зоотехнічні та ветеринарні процедури для тварин піддослідних груп були ідентичними впродовж періодів дорощування тварин та відповідали європейським та вітчизняним вимогам щодо догляду за свинями під час експерименту.

Впродовж періоду дорощування поросят реєстрували в щоденнику досліджень кількість загиблих поросят та їхню масу. По завершенню дорощування всіх піддослідних поросят було індивідуально зважено та переведено на відгодівлю. Під час експерименту досліджували інтенсивність росту, збереженість та оплата корму прирости у чистопородних помісних та гібридних поросят.

Дані досліджень оброблялися за методом варіаційної статистики (Ladyka et al., 2023) з використанням пакету прикладних програм MS Excel 2016 та представлені у вигляді M ± m, а вірогідність різниці показників росту поросят визначали за t–критерієм Стьюдента ($^{*}P < 0,05$; $^{**}P < 0,01$ та $^{***}P < 0,001$).

Рис. 1. Умови утриманняпіддослідних поросят під час дорощування

Для визначення природи у встановлених рівнях продуктивності поросят за різних їх методів розведення були розраховані появи різних форм гетерозису за формулами наведеними в роботі (Tsereniuk, 2018).

$$Гг = \left(\frac{2 \times Og}{Об + Ом} \times 100\right) - 100$$

де: *Гг* – гіпотетичний гетерозис; Ог – ознака гібриду; Об – ознака батьківської форми; Ом – ознака материнської форми;

$$Гс = \left(\frac{Og}{Ок} \times 100\right) - 100$$

де: *Гс* – справжній гетерозис; Ог – ознака гібриду; Ок – ознака кращої батьківської форми;

$$Гз = \left(\frac{Og}{Ом} \times 100\right) - 100$$

де: *Гз* – загальний гетерозис; Ог – ознака гібриду; Ом – ознака материнської форми;

$$Гсф = \left(\frac{Og}{Об} \times 100\right) - 100$$

де: *Гсф* – специфічний гетерозис; Ог – ознака гібриду; Об – ознака батьківської форми;

Для визначення природи успадкування інтенсивності росту, збереженості та оплати корму приростами за загальноприйнятими методиками (Tsereniuk et al., 2017) був розрахований ступінь фенотипового домінування – (h_p), за формулою:

$$h_p = (X_F - X_{mp})/(X_p - X_{mp})$$

де: h_p – ступінь фенотипового домінування;

X_F – середнє значення показника у гібрида чи помісі;

X_{mp} – середнє значення показника обох батьківських форм;

X_p – середнє значення батьківської форми з сильнішим розвитком ознаки.

Показник фенотипового домінування (h_p) приймали з такою градацією:

$h_p < -1$ – від'ємне наддомінування (від'ємний гетерозис, або депресія).

$-1 \le h_p < -0,5$ – від'ємне домінування.

$-0,5 \le h_p \le +0,5$ – проміжне успадкування.

$+0,5 < h_p \le +1$ – позитивне домінування.

$h_p > +1$ – позитивне наддомінування (позитивний гетерозис).

По завершенню досліду була розрахована кормова, операційна собівартість 1 кг приросту та собівартість 1 кг живої маси підсвинків на кінець дорощування і дохідність та рентабельність дорощування чистопородних, помісних і гібридних поросят за методикою Ю. Смислова викладеній в підручнику (Ladyka et al., 2023).

Результати досліджень

У процесі дорощування піддослідних тварин нами зафіксовано істотні відмінності у швидкості росту, ефективності використання корму, рівні збереженості та кінцевій живій масі як між поросятами материнських і батьківських генотипів, так і між чистопородними, помісними та гібридними групами. Порівняння продуктивності тварин батьківської та материнських ліній показало достовірне переважання поросят синтетичної батьківської лінії практично за всіма досліджуваними ознаками відносно тварин внутрішньолінійного розведення (табл. 2). Завдяки інтенсивнішому росту в підсисний період їх жива маса на початку дорощування була більшою на 1,89 кг (P < 0,001). До моменту завершення дорощування ця різниця збільшилася до 7,32 кг (P < 0,001), що зумовлено перевагою в абсолютних приростах на 5,43 кг (P < 0,001) та більшими середньодобовими приростами – на 113 г (P < 0,001). Вищі темпи росту та початкова маса забезпечили тваринам другої групи перевагу у живій масі наприкінці періоду на ті ж 7,32 кг (P < 0,001). Крім того, вони характеризувалися кращою на 0,23 кг конверсією корму, але водночас поступалися материнським формам за збереженістю на 2,33 %.

Таблиця 2

Ріст та оплата корму чистопородними, помісними і гібридними поросятами під час дорощування

Показник	Середні показники за різних методів розведення			
	чистопородне (материнські породи)	внутрішньо-лінійне (батьківська лінія)	схрещування (материнські породи)	гібридизація
Група поросят	I	II	III	IV
Кількість поросят, гол.	150	50	150	150
Середня маса одного поросяти на початку дорощування, кг	6,88 ± 0,124	8,77 ± 0,203 *aaa ddd ee*	7,08 ± 0,146	8,07 ± 0,167 *ccc fff*
Маса підсвинків на кінець дорощування, кг	27,34 ± 0,363	34,66 ± 0,606 *aaa ddd ee*	28,96 ± 0,379 *bb*	32,53 ± 0,536 *ccc fff*
Абсолютний приріст поросят за період досліду, кг	20,46 ± 0,361	25,89 ± 0,609 *aaa ddd*	21,88 ± 0,377 *bb*	24,46 ± 0,532 *ccc ff*
Середньодобовий приріст поросят за період досліду, г	424 ± 13,1	536 ± 18,9 *aaa ddd*	453 ± 12,2	507 ± 12,6 *ccc ff*
Збереженість поросят під час дорощування, %	98,3	96,0	98,3	98,3
Конверсія корму, кг	1,85	1,62	1,78	1,75

Примітка: вірогідність різниці між групами: [a] –1 та 2; [b] – 1 та 3; [c] – 1 та 4; ; [d] – 2 та 3; [e] – 2 та 4; [f] – 3 та 4

Порівнюючи чистопородних поросят материнських ліній із помісними тваринами за схемами прямого та зворотного схрещування, встановлено певні переваги на користь помісей. Зокрема, їхня кінцева маса була більшою на 1,62 кг (P < 0,01) завдяки вищим на 1,42 кг (P < 0,01) абсолютним приростам. Це, у свою чергу, пов'язано з тенденцією до збільшення середньодобових приростів на 30 г та дещо більшою на 0,20 кг масою при постановці на дорощування. Помісні тварини також краще на 0,12 кг використовували корм, тоді як показники збереженості в обох групах залишались однаковими.

При зіставленні продуктивності чистопородних поросят материнських ліній із гібридами від поєднання свиноматок F_1 з кнурами синтетичної лінії PIC 337 встановлено, що завдяки швидшому росту в підсисний період середня маса гібридів на початку досліду була вищою на 1,19 кг (P < 0,001). Ці особливості раннього онтогенезу, ймовірно, вплинули на підвищення середньодобових приростів під час дорощування, які у гібридних тварин перевищували показники чистопородних на 83 г (P < 0,001). Це забезпечило перевагу за абсолютними приростами на 4,01 кг (P < 0,001) та кінцевою масою – на 5,20 кг (P < 0,001). Крім того, гібридні поросята продемонстрували кращу оплату корму на 0,10 кг, при цьому рівень збереженості в обох групах був ідентичним.

Під час порівняння результативності гібридних тварин із поросятами синтетичної лінії PIC-337 за їх внутрішньолінійного розведення встановлено перевагу останніх за всіма продуктивними показниками, за винятком збереженості. Зокрема, на початку дорощування їх середня жива маса була більшою на 0,70 кг (P < 0,01), інтенсивність росту – на 30 г, абсолютні прирости – на 1,42 кг, а завершальна маса – на 2,10 кг (P < 0,01). Конверсія корму виявилась кращою на 0,13 кг, хоча збереженість у цієї групи була нижчою на 2,3 %.

При зіставленні гібридних поросят четвертої групи з їх помісними аналогами третьої групи встановлено, що гібриди мали більшу на 0,99 кг (P < 0,001) масу при постановці на дослід, а після завершення дорощування – на 3,57 кг (P < 0,001). Це пояснюється вищими середньодобовими приростами на 54 г (P < 0,01) та абсолютними приростами на 2,58 кг (P < 0,01). Рівень збереженості в обох групах був однаковим, тоді як оплата корму у гібридів була дещо кращою.

У підсумку, найвищі показники продуктивності в умовах нашого досліду продемонстрували поросята синтетичної батьківської лінії PIC 337 за внутрішньолінійного їх розведення. У порівнянні з гібридами вони мали перевагу за середньодобовими та абсолютними приростами на 5,8 %, перевищували їх за кінцевою масою на 6,5 %, краще на 7,4 % використовували корм, хоча й характеризувалися гіршою на 2,3 % збереженістю. Відносно середніх показників материнських форм ці тварини вирізнялися вищою на 26,6 % інтенсивністю росту та абсолютними приростами, більшою на 26,8 % живою масою наприкінці дорощування та кращою конверсією корму – на 12,4 %. Водночас рівень їх збереженості був нижчим на 2,3 %.

Гібридні поросята, порівняно з чистопородними аналогами материнської лінії, мали перевагу у середньодобових і абсолютних приростах на 19,6 %, мали більшу завершальну масу на 19,0 % та демонстрували кращу на 5,4 % ефективність корму при однаковій збереженності.

Порівняння гібридів із помісними аналогами показало, що перші переважали других за середньодобовими та абсолютними приростами на 11,8 %, за масою наприкінці дорощування – на 12,3 %, а також за конверсією корму – на 1,7 %. При цьому рівень збереженості в обох групах був однаковим.

Помісні тварини від схрещування материнських генотипів також перевищували середні показники вихідних форм: їх маса в кінці дорощування була більшою на 5,9 %, середньодобові та абсолютні прирости – на 7,0 %, конверсія корму – на 3,8 %, при незмінному рівні збереженості.

Для узагальненого порівняння ефективності різних методів розведення базовою точкою відліку було прийнято продуктивність чистопородних поросят материнських ліній. На рис. 1 наведено відсоткове співвідношення основних показників продуктивності поросят різних селекційних напрямів та схем розведення відносно цього базового рівня.

Аналіз отриманих даних свідчить, що саме селекційний напрям відігравав ключову роль у формуванні продуктивних ознак. Найвищі показники під час дорощування продемонстрували поросята батьківської синтетичної лінії, селекція якої була спрямована на інтенсифікацію росту та покращення конверсії корму. Завдяки вищій енергії росту у підсисний період вони мали на початку дорощування перевагу в живій масі 27,5 %, яка до кінця періоду становила 26,8 %. Це корелює з підвищенням середньодобових та абсолютних приростів на 26,6 %, а також покращенням конверсії корму на 12,4 % порівняно з аналогами материнських генотипів. Єдиним показником, за яким спостерігалося погіршення, була збереженість – вона була нижчою на 2,4 %.

Гібриди, що мали 50 % спадковості батьківської синтетичної лінії, також демонстрували переваги над чистопородними тваринами материнських ліній. На початку дорощування їх маса була більшою на 17,3 %, а до завершення періоду ця різниця зросла до 19,0 %. Абсолютні та середньодобові прирости у гібридів перевищували показники тварин материнської форми на 19,6 %, а за конверсією корму – на 5,4 %, тоді як збереженість залишалась на однаковому рівні.

Помісні тварини, отримані від схрещування тварин великої білої та ландрас порід, очікувано поступалися за рівнем продуктивності спеціалізованим батьківським формам, оскільки селекція в цих лініях була спрямована переважно на відтворні ознаки. Проте вплив методу розведення виявився суттєвим: маса поросят при постановці на дорощування у помісей була вищою на 2,9 %, а до кінця періоду – на 5,9 %. Це пояснюється збільшенням середньодобових та абсолютних приростів на 7,0 %, а також покращеною на 3,8 %. конверсією корму Рівень збереженості залишався аналогічним чистопородним тваринам.

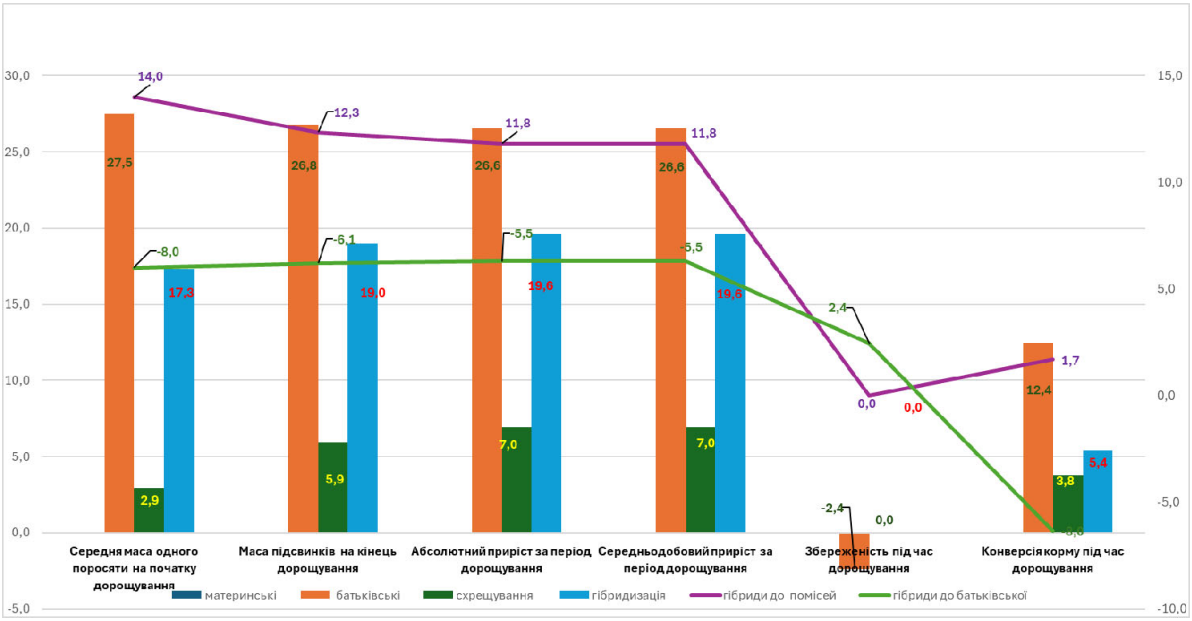


Рис. 1. Співвідношення продуктивності чистопородних, помісних та гібридних поросят на дорощувані

Порівняння гібридних поросят із тваринами вихідних форм показало, що гібриди займали проміжне положення між батьківською та материнською лініями майже за всіма продуктивними характеристиками. На початку дорощування їх маса була на 14,0 % вищою порівняно з помісями, але на 8,0 % нижчою за показники батьківської форми. На кінець дорощування перевага гібридів над помісями становила 12,3 %, тоді як порівняно з батьківською лінією їх показники були нижчими на 6,1 %. Середньодобові та абсолютні прирости гібридів перевищували відповідні значення у помісей на 11,8 %, проте поступалися батьківській формі на 5,5 %. За збереженістю гібриди відповідали рівню материнської форми і перевершували батьківську лінію на 2,4 %. За оплатою корму вони демонстрували перевагу над помісями на 1,7 %, але поступалися синтетичній батьківській лінії на 8,0 %.

Для з'ясування природи відмінностей у продуктивності поросят у період дорощування нами було проведено розрахунок різних форм гетерозису під час прямого та реципрокного схрещування свиней порід ландрас та велика біла, а також при кінцевому етапі розведення – гібридизації свиноматок F_1 цих поєднань із кнурами синтетичної батьківської лінії. Згідно з даними табл. 3, за середньодобовими приростами, масою тварин після завершення дорощування та конверсією корму, як за прямого, так і за зворотного варіантів схрещування, найвищі значення мав загальний гетерозис, який коливався у межах 4,3–5,3 % для інтенсивності росту та 7,5–10,8 % для конверсії корму. Водночас встановлено, що його прояв був виразнішим за поєднання свиноматок великої білої породи з кнурами породи ландрас порівняно з реципрокним варіантом.

Таблиця 3

Ступінь прояву різних форм гетерозису показників продуктивності на дорощувані при схрещуванні та гібридизації

Показник продуктивності	Ступінь прояву гетерозису,%			
	гіпотетичний	загальний	справжній	специфічний
♀ВБ×♂Л				
Середньодобовий приріст	8,6	10,8	6,5	6,5
Маса поросят по завершенню дорощування	7,1	9,2	5,0	5,0
Конверсія корму	4,3	5,3	3,3	3,3
Збереженість, %	-	-	-	-
♀Л×♂ВБ				
Середньодобовий приріст	5,3	7,5	3,2	3,2
Маса поросят по завершенню дорощування	4,8	6,9	2,8	2,8
Конверсія корму	3,2	4,3	2,2	2,2
Збереженість, %	0,3	-	-	0,7
♀F_1 ×♂PIC337				
Середньодобовий приріст	2,4	11,8	-	-
Маса поросят по завершенню дорощування	2,3	12,3	-	-
Конверсія корму	-	1,7	-	-
Збереженість, %	1,2	-	-	2,4

У гібридних поросят загальний гетерозис був вищим щодо інтенсивності росту, проте нижчим за показниками оплати корму. За збереженістю молодняку загальний гетерозис не встановлено ані при схрещуванні, ані при гібридизації.

Прояв гіпотетичного гетерозису був дещо нижчим. Так, для середньодобового приросту у тварин поєднання ♀ВБ×♂Л він становив 8,6 %, тоді як при зворотному варіанті ♀Л×♂ВБ був нижчий на 3,3 %. За масою поросят після дорощування різниця між варіантами збільшувалася до 6,3 %, а за оплатою корму – лише до 1,1 %. У гібридних тварин гіпотетичний гетерозис за конверсією корму був відсутній, а за середньодобовим приростом і живою масою після дорощування – значно нижчим, що зумовлено високими показниками батьківської лінії. За збереженістю молодняку ця форма гетерозису не проявлялась при схрещуванні та була мінімальною при гібридизації.

Справжній гетерозис при гібридизації не встановлено за жодною із досліджуваних ознак. Натомість при схрещуванні цей показник проявлявся, особливо у варіанті ♀ВБ×♂Л, і був вищим за темпами росту, ніж за оплатою корму, тоді як за збереженістю був відсутній.

Специфічна форма гетерозису у гібридів проявилася лише за показником збереженості. При схрещуванні вона реєструвалася за інтенсивністю росту (6,5 %), масою поросят після дорощування (5,0 %) та конверсією корму (3,3 %) у варіанті ♀ВБ×♂Л, а також на рівні 3,2%, 2,8 % та 2,2 % відповідно у реципрокному варіанті ♀Л×♂ВБ.

Для глибшого розуміння характеру успадкування продуктивних ознак за різних варіантів схрещування та гібридизації нами було проведено аналіз фенотипового домінування (табл. 4). Цей показник дозволив оцінити, яку форму успадкування – домінування, наддомінування, проміжне чи від'ємне домінування – проявляють нащадки залежно від типу поєднання батьківських форм.

Таблиця 4
Ступінь фенотипового домінування

Показник	Поєднання генотипів			
	♀ВБ×♂Л	♀Л×♂ВБ	P×PIC337	F_1×PIC337
Середньодобовий приріст	1,40	0,78	-0,91	-0,41
Маса поросят по завершенню дорощування	1,50	0,75	-0,72	-0,34
Конверсія корму	1,40	1,40	0,12	0,38
Збереженість, %	-0,05	0,00	1,00	1,00

Отримані результати свідчать, що за варіанту схрещування ♀ВБ×♂Л середньодобові прирости характеризувалися позитивним наддомінуванням, що вказує на перевищення фенотипових показників помісних поросят над обома вихідними породами. У реципрокному варіанті (♀Л×♂ВБ) спостерігалось позитивне домінування, тобто переважання впливу одного з батьківських генотипів без виходу за межі їх фенотипового діапазону.

За схрещування чистопородних материнських форм із кнурами батьківської синтетичної лінії встановлено від'ємне домінування, що свідчить про прояв нижчих значень ознаки порівняно з батьківськими компонентами. На відміну від цього, поєднання синтетичної батьківської лінії з помісними матками забезпечувало проміжну форму успадкування, тобто формування фенотипу, розташованого між показниками батьківських форм.

Подібні закономірності виявлено і для живої маси поросят на завершення періоду дорощування: характер успадкування повторював тенденції, встановлені для середньодобових приростів.

Щодо конверсії корму, обидва варіанти міжпородного схрещування (♀ВБ×♂Л та ♀Л×♂ВБ) характеризувались позитивним наддомінуванням, що вказує на істотно кращу ефективність використання корму порівняно з чистопородними аналогами. У гібридних тварин цей показник успадковувався за проміжним типом, що свідчить про збалансований внесок обох батьківських форм.

Ознака збереженості поросят демонструвала проміжну форму успадкування за обох варіантів схрещування, тоді як у процесі гібридизації виявлено позитивне домінування. Це свідчить про більш виражений вплив генотипу батьківської лінії на виживаність молодняку в кінцевій комбінації.

Напрям селекції та застосований метод розведення свиней виявили суттєвий вплив на економічну ефективність їх дорощування. Згідно з даними, поданими на рис. 2, кормова та операційна собівартість 1 кг приросту, а також собівартість 1 кг живої маси поросят на завершення періоду дорощування помітно варіювали залежно від генотипової групи.

Найнижчі економічні витрати були характерні для поросят синтетичної батьківської лінії, цілеспрямовано селекціонованої на підвищення швидкості росту та ефективність використання корму. Так, кормова собівартість у цієї групи була на 2,25 грн нижчою порівняно з гібридами, на 3,30 грн – порівняно з помісними тваринами та на 4,53 грн – відносно чистопородних аналогів материнських ліній. За операційною собівартістю різниця становила відповідно 1,45; 2,78 та 5,14 грн. Собівартість 1 кг живої маси наприкінці дорощування була меншою на 1,38 грн порівняно з гібридами, на 1,73 грн – з помісними та на 4,24 грн – з чистопородними материнськими лініями.

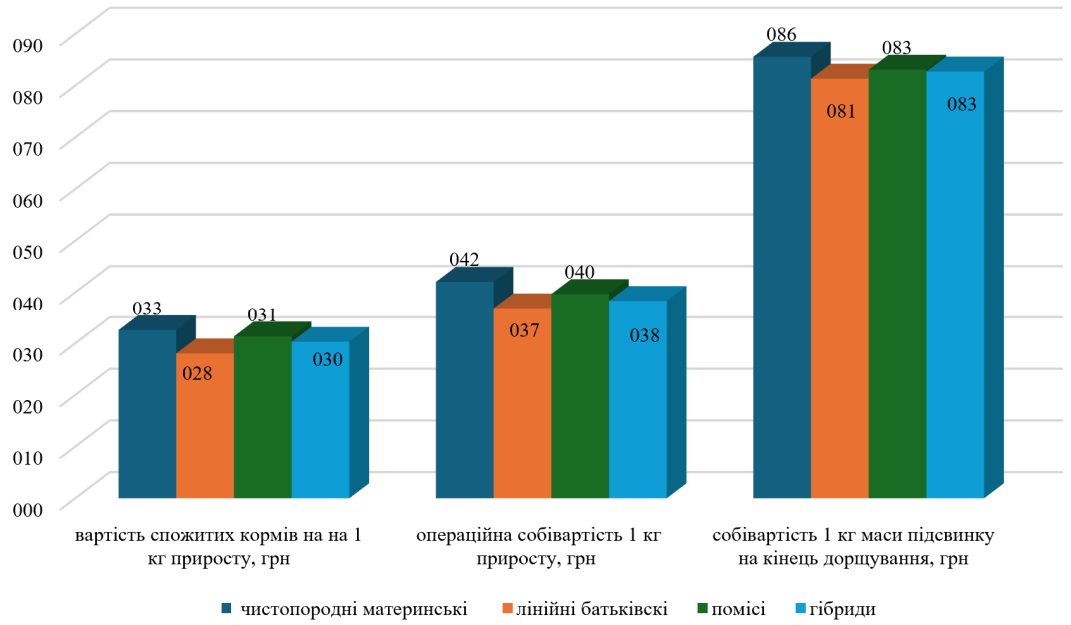


Рис. 2. Кормова, операційна собівартість 1 кг приросту та собівартість 1 кг живої маси підсвинків на кінець дорощування

Гібридні поросята, які успадкували 50 % генотипу батьківської форми, мали економічні показники дещо гірші за тварин синтетичної лінії, проте істотно перевершували помісних і чистопородних аналогів. Їх кормова собівартість була нижчою на 1,05 та 2,29 грн відповідно; операційна – на 1,33 та 3,70 грн; а собівартість 1 кг живої маси при переведенні на відгодівлю – на 0,35 та 2,86 грн.

Помісні підсвинки, у свою чергу, мали економічні переваги над чистопородними тваринами. Їх кормова собівартість була меншою на 1,23 грн, операційна – на 2,36 грн, а собівартість 1 кг живої маси наприкінці дорощування – на 2,51 грн.

Узагальнюючи отримані дані, можна стверджувати, що найнижчі показники кормової, операційної собівартості та собівартості 1 кг живої маси були характерні для тварин синтетичної батьківської лінії при внутрішньолінійному розведенні. Вони переважали гібридних поросят за цими показниками на 7,4 %, 3,8 % і 1,7 %, помісних – на 10,5 %, 7,0 % і 2,1 %, і чистопородних материнських форм – на 13,9 %, 12,2 % та 5,0 % відповідно.

Гібридні тварини, у свою чергу, мали нижчу кормову собівартість на 3,4 % і 7,0 %, операційну – на 3,4 % і 8,8 %, а собівартість 1 кг живої маси – на 0,4 % і 3,3 % порівняно з помісними та чистопородними поросятами відповідно. Помісні підсвинки також перевищували чистопородних за економічними показниками, зокрема за кормовою собівартістю на 3,8 %, операційною – на 5,6 %, а собівартістю живої маси – на 2,9 %.

Метою товарного виробництва свинини є формування стабільного прибутку та підвищення рівня рентабельності галузі. Результати проведених нами досліджень свідчать, що економічні показники дорощування поросят визначаються як їх генотипом, так і застосованим методом розведення. Згідно з даними, наведеними на рис. 3, за однакової ринкової ціни 1 кг живої маси підсвинків, економічна ефективність значно варіювала між дослідними групами.

Найвищу реалізаційну вартість одного підсвинка встановлено у тварин другої групи – синтетичної батьківської лінії. Це обумовлено їх інтенсивнішим ростом у підсисний період і під час дорощування, завдяки чому вони досягали найбільшої живої маси серед усіх груп на момент реалізації. Попри те, що ця група характеризувалася найвищою собівартістю утримання однієї голови та її початкової вартості на момент постановки на дорощування, значно вища реалізаційна ціна забезпечила найбільший дохід і найкращу рентабельність дорощування.

Гібридні підсвинки четвертої групи, які успадкували 50 % генотипу від кнурів батьківської лінії, мали нижчі показники продуктивності порівняно з чистолінійними тваринами другої групи. На початок дорощування їх вартість була меншою на 151,90 грн, а кінцева реалізаційна вартість – на 227,36 грн. Водночас собівартість дорощування однієї голови у гібридів була на 128,04 грн нижчою, однак це не компенсувало зниження реалізаційної ціни. У підсумку їх дохід виявився на 99,32 грн меншим, а рентабельність – на 2,19 % нижчою порівняно з тваринами другої групи.

Тварини третьої (помісної) та першої (чистопородної материнської) груп демонстрували гірші показники інтенсивності росту і, відповідно, економічної ефективності, що зумовлено відсутністю термінальної спадковості та іншим спрямуванням селекції материнських ліній.

Так, помісні поросята третьої групи мали на 43,40 грн вищу вартість на початок дорощування порівняно з чистопородними аналогами першої групи, проте їх вартість була нижчою на 214,83 грн порівняно з гібридами та на 366,73 грн порівняно з тваринами батьківської лінії.

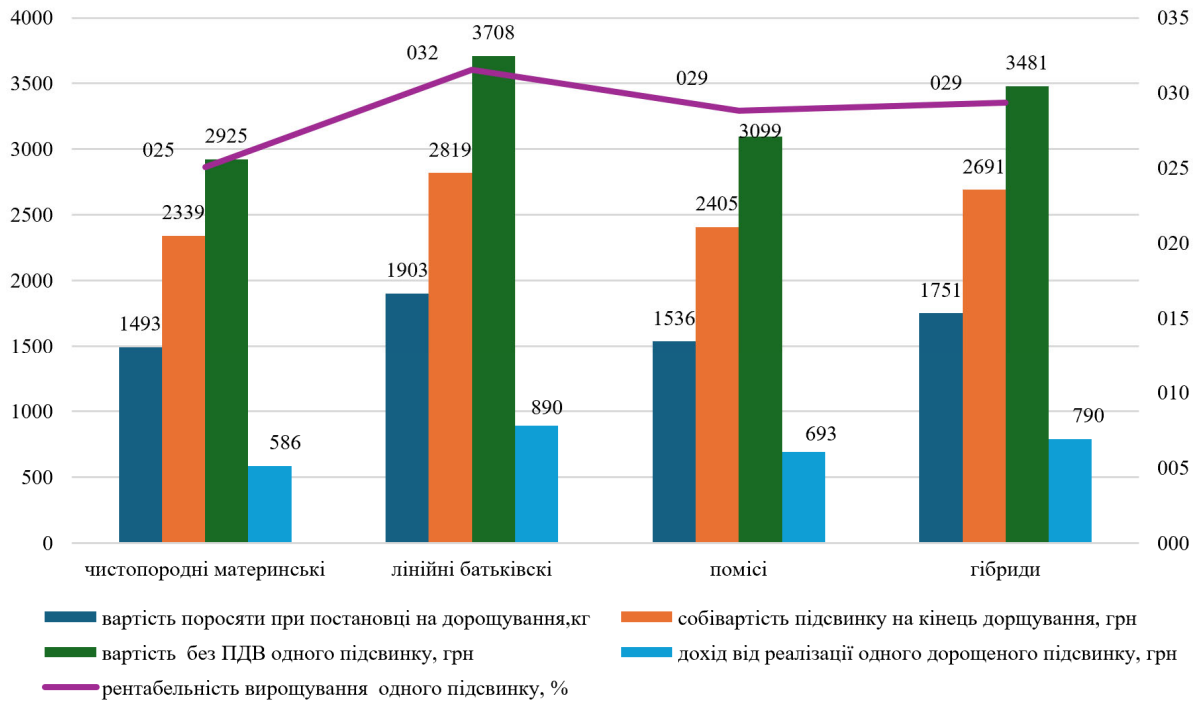


Рис. 3. Дохідність та рентабельність дорощування чистопородних, помісних і гібридних поросят

Щодо собівартості однієї голови на кінець дорощування, помісні поросята третьої групи мали цей показник на 66,40 грн вищим за чистопородних тварин першої групи, проте на 285,49 грн нижчим порівняно з гібридами четвертої групи та на 413,53 грн – ніж у тварин батьківської лінії. Через нижчу живу масу на кінець дорощування помісні тварини мали реалізаційну вартість нижчу на 382,42 та 609,78 грн порівняно з гібридами та тваринами другої групи відповідно, хоча вона була вищою на 173,86 грн відносно чистопородних підсвинків першої групи.

Попри нижчу собівартість однієї голови у тварин третьої групи, через знижені реалізаційні показники їх дохідність була на 96,94 грн меншою, ніж у гібридних тварин четвертої групи, і на 196,25 грн нижчою, ніж у тварин другої групи. Водночас вони перевищували чистопородних підсвинків першої групи на 107,46 грн.

Різниця у доході та собівартості відповідно спричинила відмінності у рівні рентабельності. Помісні тварини третьої групи поступалися гібридам та чистолінійним тваринам батьківської лінії на 0,54 % і 2,73 % відповідно, але перевищували чистопородні материнські форми на 3,78 %.

Узагальнюючи результати, встановлено, що найвищі економічні показники під час дорощування демонстрували тварини батьківської лінії при внутрішньолінійному розведенні. Вони перевищували гібридних поросят за реалізаційною вартістю, доходом і рентабельністю на 6,5 %, 12,6 % та 2,2 %, помісних – на 19,7 %, 28,3 % та 2,7 % і чистопородних материнських форм – на 26,8 %, 51,8 % та 6,5 % відповідно. Гібридні тварини, хоча й поступалися лінійним аналогам, перевершували помісних ровесників на 12,3 %, 14,0 % та 0,5 % та чистопородних – на 19,0 %, 34,9 % та 4,32 %. Помісні тварини, у свою чергу, демонстрували економічні переваги над чистопородними материнськими формами – на 5,9 %, 18,3 % та 3,78 % відповідно.

Обговорення

Отримані нами результати узагальнюють вплив генотипу, методів розведення та особливостей гібридизації на ріст, конверсію корму, збереженість та економічну ефективність дорощування поросят, що узгоджується з провідними науковими даними. Період дорощування є одним із ключових етапів онтогенезу свиней, оскільки саме в цей час відбувається стабілізація фізіологічних функцій, формування адаптивних механізмів та реалізація потенціалу росту, закладеного генотипом (Erikson, 2015; Lykhach, 2015; Povod et al., 2022). Літературні джерела свідчать, що гібридизація в цей період сприяє підвищенню життєздатності молодняку (Schroyen & Tuggle, 2015), зменшенню стресочутливості та покращенню енергетичної ефективності росту завдяки прояву гетерозису (Iversen et al., 2019; 2020; Chernenko et al., 2022). Наші дані підтверджують ці положення: фенотипові прояви середньодобових приростів, маси тіла на кінець дорощування та конверсії корму демонстрували різний характер успадкування залежно від комбінацій схрещування. Позитивне наддомінування, встановлене у схрещуваннях за участі кнурів батьківської лінії, узгоджується з результатами досліджень, де зазначено, що селекція на швидкість росту та ефективність використання корму в спеціалізованих батьківських лініях забезпечує виражений гетерозис при поєднанні з материнськими формами (Nebylytsia, 2015; Vashchenko, 2017; Bashchenko et al., 2021).

Конверсія корму, яка за варіантів схрещування демонструвала позитивне наддомінування, а за гібриди-

зації – проміжне успадкування, повністю співвідноситься з літературними даними, що ефективність кормокористування є мультифакторною ознакою з високою адитивною складовою, але суттєвою часткою неадитивних ефектів у міжлінійних поєднаннях (Šprysl et al., 2005; Dube et al., 2013).

Економічний аналіз засвідчив суттєві переваги тварин батьківської синтетичної лінії, які характеризувалися найнижчими показниками кормової та операційної собівартості, а також найменшою вартістю 1 кг живої маси на кінець дорощування. Подібні результати широко описані в економічних моделях інтенсивного свинарства, де спеціалізовані термінальні батьківські лінії забезпечують максимальний економічний ефект у системах індустріального виробництва (Kuhlers et al., 1994; Berezovskyi et al., 2021). Переваги гібридних тварин над помісними та чистопородними особинами також узгоджуються з відомими даними щодо ефекту гетерозису, який, хоча й нижчий за чистолінійні батьківські форми, все ж забезпечує суттєве зниження собівартості продукції (Berezovskyi et al., 2021; Chernenko et al., 2022).

Тварини материнських генотипів та їх помісі закономірно продемонстрували нижчі показники ефективності, що відповідає спрямованості їх селекції – на відтворювальні ознаки, а не на інтенсивність росту чи конверсію корму (Berezovskyi et al., 2021; Voshchenko & Povod, 2024) Зниження рентабельності у цих груп додатково підтверджує економічну перевагу поєднання термінальних ліній у товарному виробництві свинини, що добре відображено у багатьох моделях оптимізації ланцюга “порося – відгодівля – реалізація” (Vashchenko, 2017; Bashchenko et al., 2021).

Таким чином, інтеграція наших даних з літературними джерелами підтверджує, що успішність дорощування поросят визначається не лише умовами годівлі та технологією утримання, але значною мірою – генетичною структурою стада та раціональним використанням гібридизації. Батьківські синтетичні лінії, розроблені для максимізації приросту та ефективності кормокористування, забезпечують найвищу економічну віддачу, тоді як гібриди займають проміжну позицію, а помісні та чистопородні тварини материнських генотипів демонструють нижчі виробничі та економічні показники. Отже, результати дослідження узгоджуються з сучасною науковою концепцією комплексного використання селекційно-генетичних ресурсів, спрямованою на підвищення продуктивності, життєздатності та рентабельності виробництва свинини.

Висновки

Генетична структура стада та методи розведення суттєво впливають на продуктивність і життєздатність поросят у період дорощування. Найвищі показники середньодобових приростів, маси тіла та ефективності конверсії корму встановлено у тварин батьківської синтетичної лінії за внутрішньолінійного розведення, що зумовлено цілеспрямованою селекцією на інтенсивність росту та оплату корму.

Характер успадкування основних ознак за різних варіантів поєднання генотипів варіював від позитивного наддомінування до проміжного та негативного домінування. Найбільш виражене позитивне наддомінування виявлено у схрещуваннях за участі кнурів батьківської лінії, тоді як поєднання материнських форм часто характеризувалося проміжним або від’ємним типом успадкування.

Гібридизація забезпечила підвищення збереженості поросят та покращення їх адаптивних властивостей, що узгоджується з ефектом гетерозису. Для гібридних тварин встановлено позитивне домінування за збереженістю та проміжні типи успадкування за іншими продуктивними ознаками.

Економічний аналіз підтвердив, що тварини батьківської лінії демонструють найнижчу кормову та операційну собівартість, а також найвищий рівень рентабельності виробництва. Вони переважали гібридних аналогів за рентабельністю на 2,2%, помісних – на 2,7% і чистопородних тварин материнських генотипів – на 6,5%.

Тварини гібридних генотипів займали проміжну позицію, демонструючи кращі економічні та продуктивні показники порівняно з помісними і чистопородними аналогами материнських ліній, що свідчить про доцільність їх використання у товарному виробництві.

Помісні тварини материнських ліній, попри покращені окремі економічні показники порівняно з чистопородними формами, все ж поступались гібридам та лінійним батьківським генотипам, що підтверджує різну зорієнтованість селекції цих ліній і їхню функціональну роль у сучасних програмах комерційної гібридизації.

Узагальнюючи, встановлено, що найбільш ефективним з погляду продуктивності та економічної результативності є використання тварин батьківської синтетичної лінії та їх гібридів, що дає можливість оптимізувати виробничі процеси та підвищити рентабельність товарного виробництва свинини.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів.

References

Bashchenko, M., Boyko, A., & Vaschenko, A. (2021). Analysis of the use of industrial crossbreeding to improve the profitability of the pig industry. EUREKA: Life Sciences, 4, 3–8. DOI: 10.21303/2504-5695.2021.001954.

Baxter, E., Rutherford, K., D’Eath, R., Arnott, G., Turner, S., SandØe, P., … Lawrence, A. (2013). The welfare implications of large litter size in the domestic pig II: management factors. Animal Welfare, 22(2), 219–238. DOI: 10.7120/09627286.22.2.219.

Berezovskyi, M. D., Naryzhna, O. L., Vashchenko, P. A., Shostia, A. M., Usenko, S. O., Kuzmenko, L. M., & Slynko, V. H. (2021). Terminalni knury ta inshi batkivski formy v systemi hibrydyzatsii. Visnyk

Poltavs-koi derzhavnoi ahrarnoi akademii, 3, 135–141. DOI: 10.31210/visnyk2021.03.16 (in Ukrainian).

Cassady, J. P., Young, L. D., & Leymaster, K. A. (2002). Heterosis and recombination effects on pig reproductive traits. Journal of animal science, 80(9), 2303–2315. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12350007.

Chernenko, O. M., Chernenko, O. I., Mylostyvyi, R. V., Khmeleva, O. V., Garashchenko, V. Y., Bordunova, O. G., & Dutka, V. R. (2022). The results of fattening hybrid pigs of Danish selection. Ukrainian Journal of Veterinary and Agricultural Sciences, 5(1), 3–7. DOI: 10.32718/ujvas5-1.01.

Dekkers J. C. (2007). Marker-assisted selection for commercial crossbred performance. Journal of animal science, 85(9), 2104–2114. DOI: 10.2527/jas.2006-683.

Dube, B., Mulugeta, S. D., & Dzama, K. (2013). Integrating economic parameters into genetic selection for Large White pigs. Animal : an international journal of animal bioscience, 7(8), 1231–1238. DOI: 10.1017/S1751731113000530.

Erikson, D. (2015). Amerykanska tekhnolohiia utrymannia svynei (vid vidluchennia do zaboiu). Prybutko-ve svynarstvo, 3(27), 64–67 (in Ukrainian).

Ibánez-Escriche, N., Fernando, R. L., Toosi, A., & Dekkers, J. C. (2009). Genomic selection of purebreds for crossbred performance. Genetics, selection, evolution : GSE, 41(1), 12. DOI: 10.1186/1297-9686-41-12.

Iversen, M. W., Nordbø, Ø., Gjerlaug-Enger, E., Grindflek, E., & Meuwissen, T. H. E. (2020). Predicting survival and longevity of sows using purebred and crossbred data. Translational animal science, 4(2), txaa073. DOI: 10.1093/tas/txaa073.

Iversen, M. W., Nordbø, Ø., Gjerlaug-Enger, E., Grindflek, E., Lopes, M. S., & Meuwissen, T. H. E. (2019). Effects of heterozygosity on performance of purebred and crossbred pigs. Genetics Selection Evolution, 51, 8. DOI: 10.1186/s12711-019-0450-1.

Johnson, R. K., & Omtvedt, I. T. (1975). Maternal heterosis in swine: Reproductive performance and dam productivity. Journal of Animal Science, 40(1), 29–37. DOI: 10.2527/jas1975.40129x.

Khramkova, O. M. (2020). Hospodarsko-biolohichni osoblyvosti, adaptatsiini vlastyvosti svynei irla-ndskoho pokhodzhennia ta yikh vykorystannia za riznykh metodiv rozvedennia. Dysertatsiia na zdobuttia kandydata silskohospodarskykh nauk. Dnipro. URL: https://www.mnau.edu.ua/files/spec_vchen_rad/d_38_806_02/hramkova/dis_hramkova.pdf (in Ukrainian).

Koketsu, Y., Tani, S., & Iida, R. (2017). Factors for improving reproductive performance of sows and herd productivity in commercial breeding herds. Porcine health management, 3, 1. DOI: 10.1186/s40813-016-0049-7.

Kuhlers, D. L., Jungst, S. B., & Little, J. A. (1994). An experimental comparison of equivalent terminal and rotational crossbreeding systems in swine: pig performance. Journal of animal science, 72(10), 2578–2584. DOI: 10.2527/1994.72102578x.

Ladyka, V. I., Khmelnychyi, L. M., & Povod, M. H. (2023). Tekhnolohiia vyrobnytstva i pererobky produktsii tvarynnytstva: pidruchnyk dlia aspirantiv. Odesa: Oldi+ (in Ukrainian).

Lisnyi, V. A., & Nazarenko, I. V. (2002). Pidvyshchennia efektyvnosti heterozysnoi selektsii v svynarstvi shliakhom otsinky kombinatsiinoi zdatnosti porid ta typiv svynei. Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomoria, 3, 58–66 (in Ukrainian).

Lutaaya, E., Misztal, I., Mabry, J. W., Short, T., Timm, H. H., & Holzbauer, R. (2001). Genetic parameters for growth, backfat and loin muscle area in pigs. Journal of Animal Science, 79(12), 3002–3007. DOI: 10.2527/2001.79123002x.

Lykhach, V. (2015). Tekhnolohichni osoblyvosti vyroshchuvannia porosiat. Tvarynnytstvo Ukrainy, 6, 11–13 (in Ukrainian).

Lykhach, V. Ya., Povod, M. H., Shpetnyi, M. B., Nechmilov, V. M., Lykhach, A. V., Mykhalko, O. H., Barkar, E. V., Lenkov, L. H., & Kucher, O. O. (2023). Optymizatsiia tekhnolohichnykh rishen utrymannia ta hodivli svynei v umovakh promyslovoi tekhnolohii: monohrafiia. Mykolaiv: Ilion (in Ukrainian).

Moisei, I. S., Povod, M. G., Mykhalko, O. G., Gutyj, B. V., Verbelchuk, T. V., Verbelchuk, S. P., Koberniuk, V. V., & Kovalchuk, T. I. (2024). Effectiveness of the liquid method of feeding suckling piglets. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 26(100), 16-26. DOI: 10.32718/nvlvet-a10003.

Mykhalko, O. H. (2021). Current state and ways of pig production in the world and Ukraine. Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Livestock, 3(46), 61–77. DOI: 10.32845/bsnau.lvst.2021.3.9.

Mykhalko, O. H., & Andrukhova, Y. O. (2023). Productivity of danish breeding pigs under different breeding methods and insemination season. Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Livestock, 4, 18–29. DOI: 10.32782/bsnau.lvst.2023.4.3.

Nakavisut, S., Crump, R., Saurez, M., & Graser, H. U. (2005). Genetic correlations between the performance of purebred and crossbred pigs. Proc. Assoc. Advmt. Anim. Breed. Genet., 16, 99–102. URL: https://scispace.com/pdf/genetic-correlations-between-the-performance-of-purebred-and-4xne7zh60i.pdf.

Nebylytsia, M. S. (2015). Heterozysnyi efekt pry poiednanni svynei porid landras i velyka bila. Rozvedennia i henetyka tvaryn, 50, 60–66 (in Ukrainian).

Povod, M. H., Lykhach, V. Ya., Lykhach, A. V., & Oboronko, D. M. (2022). Praktychna realizatsiia isnuiuchykh ta udoskonalenykh tekhnolohii vyrobnytstva produktsii svynarstva. Monohrafiia. Mykolaiv: Ilion (in Ukrainian).

Rydhmer, L., Lundeheim, N., & Canario, L. (2008). Genetic correlations between gestation length, piglet survival and early growth. Livestock Science, 115(2–3), 287–293

Schroyen, M., & Tuggle, C. K. (2015). Current transcriptomics in pig immunity research. Mammalian genome : official journal of the International Mammalian Genome Society, 26(1-2), 1–20. DOI: 10.1007/s00335-014-9549-4.

Sellier, P. (1976). The basis of crossbreeding in pigs: a review. Livestock Production Science, 3(2), 203–226. DOI: 10.1016/0301-6226(76)90016-6.

Sørensen, M. K., Norberg, E., Pedersen, J., & Christensen, L. G. (2008). Invited review: crossbreeding in dairy cattle: a Danish perspective. Journal of dairy science, 91(11), 4116–4128. DOI: 10.3168/jds.2008-1273.

Šprysl M., Stupka R., & Čítek J. (2005). Genotype impact on the economy of production performance in pigs. Agricultural Economics (AGRICECON), 51(3), 123–133. DOI: 10.17221/5085-agricecon.

Tsereniuk, O. M. (2018). Metodolohiia vyznachennia efektu heterozysu v svynarstvi. Naukovo-tekhnichnyi biuleten, 119, 173–184. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ntb_2018_119_25 (in Ukrainian).

Tsereniuk, O. M., Akimov, O. V., Chereuta, Yu. V., Chalyi, O. I. (2017). Typ dominuvannia osnovnykh pokaz-nykiv vidtvornoi zdatnosti svynomatok pry poiednanni riznykh porid. Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarno-ho universytetu. Seriia «Tvarynnytstvo», 5(1), 173–176. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vsna_tvar_2017_5%281%29__35 (in Ukrainian).

Tusell, L., Gilbert, H., Riquet, J., Mercat, M. J., Legarra, A., & Larzul, C. (2016). Pedigree and genomic evaluation of pigs using a terminal-cross model. Genetics, selection, evolution : GSE, 48, 32. DOI: 10.1186/s12711-016-0211-3.

Vashchenko, O. V. (2016). Produktyvnist svynei pry chystoporodnomu rozvedenni ta skhreshchuvanni. Roz-vedennia i henetyka tvaryn, 51, 34–41. URL: https://digest.iabg.org.ua/selection/item/download/780_2a1ccc95b825474830af831139c5ce90 (in Ukrainian).

Vashchenko, O. V. (2017). Ekonomichna efektyvnist vykorystannia heterozysu za promyslovoho skhreshchu-vanni svynei. Zbirnyk naukovykh prats «Tekhnolohiia vyrobnytstva ta pererobky produktsii tvarynnytstva», Bila Tserkva, 1(134), 32–37 (in Ukrainian).

Vashchenko, O. V. (2021). Efektyvnist vykorystannia svynei zarubizhnoi selektsii u skhreshchuvanni z vitchy-znianymy porodamy i typamy: dysertatsiia na zdobuttia naukovoho stupenia kandydata silskohospodarskykh nauk. Chubynske, Kyivska obl. URL: https://iabg.org.ua/images/aspirantura/dis.vaschenko2.pdf (in Ukrainian).

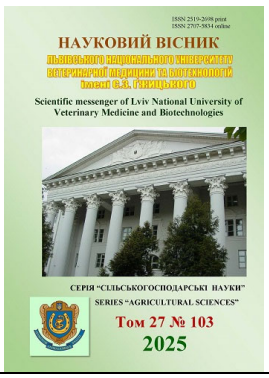
Voloshynov, V. V., Povod, M. H., Mykhalko, O. H., Usenko, S. O., Shaferivskyi, B. S., Shostia, H. M., & Shpyrna, I. H. (2024). Productive qualities and efficiency of fattening of hybrid pigs of danish and canadian origin under conditions of industrial technology. Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Livestock, 1, 25–32. DOI: 10.32782/bsnau.lvst.2024.1.4.

Voshchenko, I. B., & Povod, M. G. (2024). Dynamics of the realization of the genetic potential of fattening qualities of Danish-bred pigs under industrial technology conditions. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences, 26(101), 170–181. DOI: 10.32718/nvlvet-a10129.

Voshchenko, I. B., & Povod, M. G. (2024). The effectiveness of different methods of breeding pigs of maternal and paternal lines under the conditions of an industrial enterprise. Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Livestock, 1, 33–47. DOI: 10.32782/bsnau.lvst.2024.1.5.

Xiang, T., Christensen, O. F., Vitezica, Z. G., & Legarra, A. (2016). Genomic evaluation by including dominance effects and inbreeding depression for purebred and crossbred performance with an application in pigs. Genetics, selection, evolution : GSE, 48(1), 92. DOI: 10.1186/s12711-016-0271-4.

Yurchenko, O. S., Bondarska, O. M, Lykhach, V. Ya., Kalitaiev, K. K., Kovalenko, O. A. (2024). Stan vitchy-znianoho svynarstva. Problemy ta perspektyvy. Podilskyi visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika, 42, 55–61. DOI: 10.37406/2706-9052-2024-1.8 (in Ukrainian).



Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького. Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences

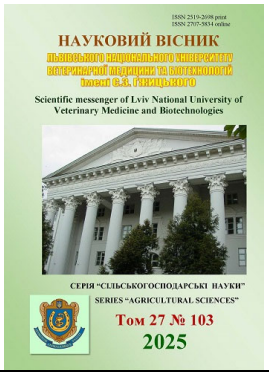
ISSN 2519–2698 print
ISSN 2707-5834 online
doi: 10.32718/nvlvet-a103
https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture

Зміст

1. **Фіялович Л. М., Паскевич Г. А.**
Особливості ефективного вирощування курчат-бройлерів ……. 3
2. **Мойсей І., Повод М., Гутий Б., Коваленко О., Леньков Л., Видрик А., Фаустов Р., Луник Ю., Петренко Р., Василенко А.**
Ефективність надранньої підгодівлі підсисних поросят за різної системи згодовування престартерів ……. 10
3. **Соболєв О. І., Гутий Б. В., Соболєва С. В., Соболєв А. О.**
Методи визначення добової норми годівлі форелі: їх суть, переваги та недоліки ……... 24
4. **Буцяк В. В.**
Гідрохімічна оцінка екологічного стану річки Західний Буг у межах Львівської області ….. 31
5. **Кащак Н., Малишева Х., Штапенко О., Буцяк В.**
Агроекологічні аспекти біоенергетики …….. 36
6. **Крамаренко О. С., Крамаренко С. С.**
Оцінювання впливу генетичних та негенетичних факторів на тривалість сервіс-періоду молочних корів (з використанням ТТЕ-аналізу) …….. 58
7. **Милостивий Р. В., Дубов Т. М., Сапронова В. О., Гутий Б. В., Бегма Н. А.**
Виробничій травматизм у тваринництві та рослинництві як основних постачальників продукції для переробної промисловості України ……... 68
8. **Семчук І. Я., Наумюк О. С., Наумюк Д. С., Качор В. Ю.**
Нормовані раціони годівлі ремонтних телиць від народження до спаровування ……... 74
9. **Слобода О. М., Семчук І. Я., Олексюк А. В., Головко І. М., Петрук Д. М.**
Аналіз годівлі собак породи німецька вівчарка з використанням БАРФ для профілактики закрепів (в умовах Кінологічного навчального центру Державної прикордонної служби України у м. Великі Мости Львівської області) …….. 80
10. **Бандура В. В., Супрович Т. М.**
Упорядкування алелів гена BoLA-DRB3 екзон 2 "без визначеної номенклатури" отриманих методом ПЛР-ПДРФ …… 88
11. **Свергун Ж. Г., Кухтин М. Д., Горюк Ю. В., Салата В. З., Перкій Ю. Б.**
Застосування водного розчину озону у виробничих умовах у технології яєчних продуктів .. 97
12. **Голубенко Т. Л., Ткаченко Т. Ю., Главатчук В. А.**
Вплив породи на ріст, розвиток і продуктивні якості телят …… 104
13. **Джус В. М., Бондаренко Л. В.**
Hermetia illucens у промисловому виробництві: технології, стратегії та перспективи …… 113
14. **Побережець Ю. М., Мандрик Ю. Ю.**
Продуктивність та стан статевої системи ремонтного молодняку курок-несучок за використання пробіотика …… 121
15. **Гунчак Р. В., Вудмаска І. В., Гунчак В. М., Солтис М. П.**
Хімічний та мінеральний склад пантів і кісток благородних оленів (*Cervus elaphus*) вирощених в умовах Волині ……... 127
16. **Голубенко Т. Л., Ткаченко Т. Ю.**
Продуктивність і м'ясні якості каченят кросу "Темп" …… 135

17. **Ткаченко Т. Ю.**
Оптимізація білково-амінокислотного забезпечення у годівлі свиней як чинник підвищення продуктивності …….. 142
18. **Алєксєєв В. О.**
Огляд: обґрунтування використання фітобіотичних добавок у птахівництві …….. 153
19. **Мітіогло Л. В., Мерзлов С. В., Мерзлова Г. В., Осіпенко О. П., Ковтун П. В.**
Фізико-хімічні показники соломи горохової компостованої за участі відчизняного біодеструктора …….. 159
20. **Маренич О. В., Романович М. М., Музика Л. І., Боднарук В. Є., Микитюк В. В.**
Порівняльний аналіз ознак молочної продуктивності корів голштинської породи отриманих від бугаїв-плідників різної селекції …… 166
21. **Садовий А. А., Лихач В. Я., Усенко С. О., Гутий Б. В., Зламанюк Л. М., Чепіль Л. В., Вербельчук Т. В., Вербельчук С. П., Кобернюк В. В., Вус У. М., Бондаренко Ю. В.**
Вплив різних систем випарного охолодження на мікроклімат приміщення, благополуччя та продуктивність свиней в умовах теплового стресу …….. 180
22. **Grymak Ya. I., Gutyj B. V., Pryimych V. I., Martyshuk T. V., Kurylas L. V., Kozenko O. V., Dvyliuk I. V., Magrelo N. V., Vus U. M., Vysotskyi A. O., Krempa N. Yu., Honcharov O. L.**
Dynamics of Immune system indicators in pregnant cows with physiological gestation and with endotoxicosis ……..... 195
23. **Хабінець І. І.**
Продуктивність курчат-бройлерів за різного рівня введення селенометіоніну в комбікорми …... 201
24. **Параняк Р. П., Петрунів В. В., Калин Б. М., Сухорська О. П., Ціолковський С. З., Литвин Н. А.**
Місце агробіорізноманіття в умовах посилення кліматичних ризиків …….. 206
25. **Бельченко А. С., Хмельничий Л. М.**
Особливості екстер'єру корів молочних порід української селекції …….. 214
26. **Dunaievska O. F., Sokulskyi I. M., Gutyj B. V., Radzykhovskyi M. L.**
Analysis of environmental monitoring of atmospheric air in Zhytomyr region …… 223
27. **Чех О. О., Чернявська Т. О.**
Біохімічна оцінка збереженості якості курячих харчових яєць курей кросу Lohmann LSL Classic після озонної обробки при зберіганні ……... 231
28. **Шостя А. М., Шпирна І. Г.**
Вплив тривалості лактації на ріст і ефективність використання кормів ремонтних свинок ландрас і великої білої порід …….. 237
29. **Крамаренко С. С., Крамаренко О. С., Луговий С. І.**
Історичний огляд формування правила "3 – 3 – 3" …….. 250
30. **Хмельова О. В., Яновська О. В.**
Селекція собак породи італійський кане корсо за ознаками екстер'єру та елімінацією спадкових аномалій ……. 255
31. **Федорович Є. І., Яцинка В. Я.**
Роль материнських предків у формуванні продуктивності корів української чорно-рябої молочної породи …… 261
32. **Федорович В. В., Чугаєв С. В.**
Гематологічні й біохімічні показники крові та мінеральний склад молока овець українсько гірськокарпатської породи ……. 268
33. **Куриленко Ю., Позняковський Ю., Гутий Б., Сичов М., Ільчук І., Осадча Ю., Голубєва Т., Борщенко Л.**
Протеїнове живлення як ключовий напрям досліджень у рибництві …… 274
34. **Шкарбан В., Сичов М.**
Біохімічний гомеостаз і ферментна адаптація бройлерів за часткової заміни соєвого шроту високопротеїновим соняшниковим концентратом …… 282
35. **Калин Б., Кропивка С., Параняк Р., Момут В., Жук М.**
Екологічно орієнтований моніторинг врожайності як інструмент адаптації до кліматичних змін …… 290

36. **Сичов М., Мандрига М.**
Вплив використання органічних кислот та їх солей в годівлі курчат-бройлерів на перетравність та ефективність використання ними корму …….. 298
37. **Шило В., Отченашко В.**
Вплив співвідношення SID ізолейцину до лізину у раціоні молодняку свиней на ефективність використання корму ……. 307
38. **Сачук Р. М., Велесик Т. А., Мартинюк Г. В., Бучко О. М., Пономарьова С. А., Калиновська Л. В., Кацараба О. А.**
Хімія та контроль якості сировини у виробництві ветеринарного препарату "Девівіт Селен": приклад вітаміну Е та селену, бензилового спирту та води для ін'єкцій …….. 318
39. **Іванюк Н. Т.**
Радіологічний та хімічний моніторинг якості води Янівського ставу ……... 324
40. **Пукало П. Я., Крушельницька О. В., Кравець С. І.**
Методи математичного моделювання біопродуктивності водойм: сучасний стан та перспективи для аквакультури ……... 329
41. **Чудак Р. А., Алєксєєв В. О.**
Вплив фітобіотичної добавки на яєчну продуктивність перепілок …… 336
42. **Божик В. Й., Пукало П. Я., Сенечин В. В., Гуфрій Д. Ф.**
Порівняльна оцінка згодовування комбікормів фірми Aller agua та Vita fisch цьогорічкам форелі в умовах ФГ "Західна рибна компанія" ……. 341
43. **Коритко О. О.**
Обмін метіоніну і ефективність його застосування в якості кормової добавки …… 349
44. **Іванніков О. О., Файлевич М. Т., Барановський Є. Д.**
Годівля корів з урахуванням фізіологічного стану і фаз лактації …….. 358
45. **Германська І. І., Мерзлов С. В.**
Ефективність згодовування перепелам стабілізованої біодобавки на основі вермикультури у складі комбікормів …… 363
46. **Трачук Є. Г.**
Ефективність застосування бактеріального препарату в годівлі ранньовідлученого молодняку свиней …… 370
47. **Огороднічук Г., Загамула Ю.**
Відгодівельні та забійні якості свиней за використання кормової добавки "Кормоцид" …… 377
48. **Огороднічук Г., Загамула В.**
Відгодівельні та забійні якості свиней за згодовування комплексної біологічної добавки "МікоСтоп" ……... 384
49. **Мацуська О. В., Буцяк А. А., Сухорська О. П., Тунік Т. І., Хахіна А. О.**
Оцінка еколого-економічних та соціальних аспектів компостування біовідходів у м. Львові 392
50. **Кремезь М. І., Гутий Б. В., Вербельчук Т. В., Слинько В. Г., Бондаренко Ю. В., Яремчук О. С., Калініченко Г. І., Онищенко Л. М., Марченко Є. І.**
Генетичні аспекти гетерозису, продуктивність та економічна результативність дорощування свиней за різних схем розведення …… 402



Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького. Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences

ISSN 2519–2698 print
ISSN 2707-5834 online
doi: 10.32718/nvlvet-a103
https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture

Content

1. **Fijalovych L. M., Paskevych G. A.**
Peculiarities of the effective cultivation of broiler chickens ……... 3
2. **Moisei I., Povod M., Gutyj B., Kovalenko O., Lenkov L., Vydryk A., Faustov R., Lunyk Yu., Petrenko R., Vasylenko A.**
Effectiveness of early feeding of suckling piglets under different feeding systems for prestarters 10
3. **Sobolev O. I., Gutyj B. V., Sobolieva S. V., Soboliev A. O.**
Methods for determining the daily feeding rate of trout: their essence, advantages and disadvantages ……... 24
4. **Butsiak V. V.**
Hydrochemical assessment of the ecological state of the Western Bug River within the Lviv region 31
5. **Kashchak N., Malysheva K., Shtapenko O., Butsyak V.**
Agroecological aspects of bioenergy ……... 36
6. **Kramarenko O. S., Kramarenko S. S.**
Assessment of the influence of genetic and non-genetic factors on the days open in dairy cows (using the TTE-analysis) ……. 58
7. **Mylostyvyi R. V., Dubov T. M., Sapronova V. O., Gutyj B. V., Begma N. A.**
Occupational injuries in animal husbandry and crop production as major suppliers of raw materials for the processing industry in Ukraine ……. 68
8. **Semchuk I. Y., Naumyk O. S., Naumyk D. O., Kachor V. Yu.**
Standardized feeding rations for replacement heifers from birth to mating …… 74
9. **Sloboda O. M., Semchuk I. Ya., Oleksiuk A. V., Holovko I. M., Petruk D. M.**
Analysis of feeding of German Shepherd dogs using BARF for the prevention of constipation (in the conditions of the Canine Training Center of the State Border Guard Service of Ukraine in the city of Velyki Mosty, Lviv region) …… 80
10. **Bandura V. V., Suprovych T. M.**
Ordering of alleles "without specific nomenclature" of BoLA-DRB3 exon 2 gene obtained by PCR-RFLP 88
11. **Sverhun Z. G., Kukhtyn M. D., Horiuk Y. V., Salata V. Z., Perkiy Yu. B.**
Application of aqueous ozone solution in industrial conditions for egg products technology …… 97
12. **Holubenko T. L., Tkachenko T. Y., Glavatchuk V. A.**
Influence of breed on growth, development and productive qualities of calves ……. 104
13. **Dzhus V. M., Bondarenko L. V.**
Hermetia illucens in industrial production: technologies, strategies and prospects …… 113
14. **Poberezhets J. M., Mandryk Y. Y.**
Productivity and reproductive system condition of young laying hens after using probiotics …… 121
15. **Hunchak R. V., Vudmaska I. V., Hunchak V. M., Soltys M. P.**
Chemical and mineral composition of antlers and bones of red deer (*Cervus elaphus*) reared under Volyn conditions ……..……. 127
16. **Tkachenko T. Y., Holubenko T. L.**
Productivity and meat qualities of ducklings of the "Temp" cross breed ……...… 135

17. **Tkachenko T. Yu.**
Optimization of protein and amino acid supply in pig feeding as a factor for improving productivity …….. 142
18. **Alieksieiev V. O.**
Review: Substantiation for the use of phytobiotic additives in poultry farming ……. 153
19. **Mitiohlo L. V., Merzlov S. V., Merzlova G. V., Osipenko O. P., Kovtun P. V.**
Physical and chemical indicators of composted peas straw with the participation of a domestic biodestructor …… 159
20. **Marenych O. V., Romanovych M. M., Muzyka L. I., Bodnaruk V. Ye., Mykytiuk V. V.**
Comparative analysis of milk productivity traits of Holstein cows sired by bulls from different countries of origin …… 166
21. **Sadovyi A. A., Lykhach V. Ya., Usenko S. O., Gutyj B. V., Zlamanyuk L. M., Chepil L. V., Verbelchuk T. V., Verbelchuk S. P., Koberniuk V. V., Vus U. M., Bondarenko Yu. V.**
Impact of different evaporative cooling systems on the indoor microclimate, welfare, and productivity of pigs under heat stress conditions ……. 180
22. **Grymak Ya. I., Gutyj B. V., Pryimych V. I., Martyshuk T. V., Kurylas L. V., Kozenko O. V., Dvyliuk I. V., Magrelo N. V., Vus U. M., Vysotskyi A. O., Krempa N. Yu., Honcharov O. L.**
Dynamics of Immune system indicators in pregnant cows with physiological gestation and with endotoxicosis ……... 195
23. **Khabinets I. I.**
Productivity of broiler chickens at different levels of selenomethionine addition in compound feed ……... 201
24. **Paranjak R. P., Petruniv V. V., Kalyn B. M., Sukhorska O. P., Tsiolkovskyi S. Z., Lytvyn N. A.**
The place of agrobiodiversity in the face of increasing climate risks ……. 206
25. **Belchenko A. S., Khmelnychyi L. M.**
Features of the exterior of dairy cows of Ukrainian selection ……. 214
26. **Dunaievska O. F., Sokulskyi I. M., Gutyj B. V., Radzykhovskyi M. L.**
Analysis of environmental monitoring of atmospheric air in Zhytomyr region …….. 223
27. **Chekh O. O., Cherniavska T. O.**
Biochemical assessment of the quality preservation of table eggs from Lohmann LSL Classic hens after ozone treatment during storage ……... 231
28. **Shostya A. M., Shpyrna I. G.**
The effect of lactation duration on growth and feed efficiency of Landrace and Large White breeding pigs …… 237
29. **Kramarenko S. S., Kramarenko O. S., Lugovyi S. I.**
Historical overview of the formation of the “3 – 3 – 3” rule ……... 250
30. **Khmeleva O. V., Yanovska O. V.**
Breeding of Italian Cane Corso dogs based on exterior characteristics and elimination of hereditary anomalies …… 255
31. **Fedorovych Ye. I., Yatsynka V. Ya.**
The role of maternal ancestors in shaping the productivity of Ukrainian black-and-white dairy cows ……. 261
32. **Fedorovych V. V., Chugaev S. V.**
Haematological and biochemical blood indices and mineral composition of milk in Ukrainian Carpathian sheep …….. 268
33. **Kurylenko Yu., Pozniakovskyi Yu., Gutyj B., Sychov M., Ilchuk I., Osadcha Yu., Holubieva, T., Borshchenko L.**
Protein nutrition as a key research direction in aquaculture …… 274
34. **Shkarban V., Sychov M.**
Biochemical homeostasis and enzymatic adaptation in broiler chickens under partial replacement of soybean meal with high-protein sunflower concentrate ……. 282
35. **Kalyn B., Kropyvka S., Paraniak R., Momut V., Zhuk M.**
Ecologically oriented yield monitoring as a tool for climate change adaptation ……. 290
36. **Sychov M., Mandryha M.**
Effect of dietary inclusion of organic acids and their salts on feed digestibility and utilization efficiency in broiler chickens …….. 298

37. **Shylo V., Otchenashko V.**
Influence of the standardized ileal digestible isoleucine-to-lysine ratio in the diet post weaning piglets on feed utilization efficiency …… 307
38. **Sachuk R. M., Velesyk T. A., Martyniuk H. V., Buchko O. M., Ponomareva S. A., Kalynovska L. V., Katsaraba O. A.**
Chemistry and quality control of raw materials in the production of the veterinary drug "Devivit Selen": an example of vitamin E and selenium, benzyl alcohol and water for injection …… 318
39. **Ivanyuk N. T.**
Radiological and chemical monitoring of water quality in the Yanivsky pond …….. 324
40. **Pukalo P. Ya., Krushelnytska O. V., Kravets S. I.**
Methods of mathematical modeling of water body bioproductivity: current state and prospects for aquaculture ……. 329
41. **Chudak R. A., Alieksieiev V. O.**
The effect of a phytobiotic supplement on the egg production of quails ……. 336
42. **Bozhyk V. Y., Pukalo P. Ya., Senechyn V. V., Hufriy D. F.**
Comparative assessment of feeding Aller Aqua and Vita Fisch compound feeds to rainbow trout yearlings under the conditions of the "Western Fish Company" farm …… 341
43. **Korytko O. O.**
Methionine metabolism and the effectiveness of its use as a feed additive ……. 349
44. **Ivannikov O. O., Failevych M. T., Baranovskyi Ye. D.**
Feeding cows according to their physiological condition and lactation phases …….. 358
45. **Hermanska I. I., Merzlov S. V.**
Effectiveness of feeding quail with a stabilized vermiculture-based supplement in compound feeds ……. 363
46. **Trachuk E. G.**
The effectiveness of the use of a bacterial preparation in feeding early weaned young pigs …….. 370
47. **Ogorodnichuk G., Zagamula Y.**
Fattening and slaughtering qualities of pigs using the feed additive "Kormocid" …….. 377
48. **Ohorodnichuk H., Zagamula V.**
Growth rate of fattening pigs with the feeding of the complex biological additive "MikoStop" … 384
49. **Matsuska O. V., Butsiak A. A., Sukhorska O. P., Tunik T. I., Khakhina A. O.**
Assessment of ecological, economic, and social aspects of biowaste composting in the city of Lviv …….. 392
50. **Kremez M. I., Gutyj B. V., Verbelchuk T. V., Slynko V. H., Bondarenko Yu. V., Yaremchuk O. S., Kalinichenko H. I., Onyshchenko L. M., Marchenko Ye. I.**
Genetic aspects of heterosis, performance indicators, and economic efficiency of pig rearing under different breeding schemes …… 402

НАУКОВИЙ ВІСНИК
ЛЬВІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ВЕТЕРИНАРНОЇ МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ імені С.З. ҐЖИЦЬКОГО

заснований у 1998 році

Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies

СЕРІЯ "СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ НАУКИ"
SERIES "AGRICULTURAL SCIENCES"

Том 27 № 103

Підписано до друку 27.11.2025. Формат 60x84/8
Гарн. Times New Roman. Папір офсетний № 1. Ум. друк. арк. 48,9
Наклад 300 прим. Зам. № 27/11.

Друк ФОП Корпан Б.І.
Львівська обл., Пустомитівський р-н., с Давидів, вул. Чорновола 18
Ел. пошта: bkorpan@ukr.net, тел. 093-480-6141
Код ДРФО 1948318017, Свідоцтво про державну реєстрацію
В02 № 635667 від 13.09.2007