

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ
МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМЕНІ С. З. ГЖИЦЬКОГО

Кваліфікаційна наукова праця на
правах рукопису

ХИМИНЕЦЬ ТЕТЯНА МИХАЙЛІВНА

УДК 57.042:638.12:615.33:546.29:620.3

ДИСЕРТАЦІЯ
ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНІ ПРОЦЕСИ В ОРГАНІЗМІ БДЖІЛ ЗА
ПІДГОДІВЛІ НАНОТЕХНОЛОГІЧНИМ ЦИТРАТОМ GE ТА
ПРОБІОТИКОМ

21 «Ветеринарна медицина»

211 «Ветеринарна медицина»

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ Тетяна ХИМИНЕЦЬ

Науковий керівник: Ірина КОВАЛЬЧУК, доктор ветеринарних наук,
професор

Львів - 2026

АНОТАЦІЯ

Химинець Т.М. Фізіолого-біохімічні процеси в організмі бджіл за підгодівлі нанотехнологічним цитратом Ge та пробіотиком. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії у галузі знань 21 «Ветеринарна медицина» за спеціальністю 211 «Ветеринарна медицина». Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького, Львів, 2026.

Дисертаційна робота присвячена з'ясуванню впливу цитрату германію та пробіотика *Lactobacillus casei* В-7280 на білковий обмін та з'ясуванню механізмів стимулюючого впливу на репродуктивну функцію бджолиних маток та життєздатності їхнього розплоду. З використанням сучасних методів фізіологічних і біохімічних досліджень з'ясовано відмінності резистентності та життєздатності, особливості мікробіоти середнього та заднього відділів кишечника бджіл, функціональної активності репродуктивної системи бджолиної матки, за підгодівлі цитратом германію і пробіотиком *Lactobacillus casei* В-7280 у весняний період. Обґрунтовано комплексного введення в підгодівлю медоносним бджолам фізіологічно активних доз пробіотика *Lactobacillus casei* В-7280 та цитрату германію, одержаного за використання методів нанотехнології.

Дослідження виконували у два етапи, що забезпечило комплексне вивчення впливу пробіотика *Lactobacillus casei* В-7280 та нанотехнологічного цитрату германію на життєздатність, фізіологічний стан і репродуктивну здатність медоносних бджіл. Метою I етапу дослідження було дослідити вплив пробіотика *Lactobacillus casei* В-7280 та цитрату германію на життєздатність бджіл за різної тривалості роздільного та комплексного застосування. Дослідження проведено в умовах ізолюваного утримання медоносних бджіл в умовах садків у термостаті,

з підгодівлею *Lactobacillus casei* В-7280 та цитрату германію комплексно та роздільно за різної тривалості застосування.

Дослід I проведений на медоносних бджолах в умовах лабораторного термостату на п'ятьох групах. Бджоли контрольної (К) групи отримували підгодівлю з цукровим сиропом. Дослідні групи додатково до цукрового сиропу отримували пробіотик *Lactobacillus casei* В-7280 за різної тривалості застосування (щодобово, через добу, через кожні 3 доби, один раз на тиждень).

Дослід II виконаний в умовах лабораторного термостату на трьох бджолиних сім'ях, аналогах за масою, силою сім'ї, віком матки. Бджоли контрольної групи отримували підгодівлю з 60 % цукрового сиропу. Дослідні групи бджіл – додатково отримували цитрат Ge у різній концентрації та пробіотик *L. casei* В-7280 у концентрації 10^6 КУО/см³.

Дослід III виконаний в умовах лабораторного термостату на чотирьох групах бджолиних сім'ях, аналогах за масою, силою сім'ї, віком матки. Бджоли контрольної групи отримували підгодівлю з 60 % цукрового сиропу. Дослідні групи бджіл – додатково отримували роздільно і комплексно добавки цитрат Ge та пробіотику *L. casei* В-7280. У період досліджень виконували щодобовий контроль кількості живих і мертвих бджіл у садках, їх рухову і кормову активність. У підготовчий період, а також на 30 добу дослідного періоду з контрольної та дослідних груп відбирали живих бджіл для проведення фізіолого-біохімічних досліджень з визначенням вмісту ліпідного та фосфоліпідного складу тканин організму, загальний протеїн, глікоген, активність каталази, ГПЛ, ТБК-активних продуктів, спектру мікробіоми, відносний вміст фракцій розчинних білків у гемолімфі бджіл

Наступний етап проведений в умовах стаціонарного утримання на приватній пасіці Мукачівського району. Метою дослідження було комплексне вивчення впливу нанотехнологічного цитрату германію та пробіотика *Lactobacillus casei* В-7280 на фізіологічний стан, репродуктивну здатність бджолиних маток, розвиток і силу сімей та якісні показники поліфлорного меду

Дослід IV проведений на медоносних бджолах карпатської породи, що сформовані для досліду у літньо-осінньо-весняний період. Дослідження були проведені на двох групах бджолосімей, аналогів за масою бджіл, силою сім'ї, віком матки, по три сім'ї у кожній групі. Бджоли першої (контрольної) групи отримували у період підгодівлю з 50% цукрового сиропу в кількості 2 л /сім'ю/тиждень. Друга група бджіл (Д1) – додатково з 2 л цукрового сиропу отримувала 0,1 мкг/мл Ge у вигляді нанотехнологічного цитрату. Тривалість випоювання цукрового сиропу та нанотехнологічного цитрату Ge становила 30 діб у літньо-осінньому періоді (серпень-вересень). Впродовж зимівлі та ранньовесняного періоду контролювали стан бджолосімей контрольної і дослідних груп, їх силу за кількістю бджіл, масу «підмору». Для визначення інтенсивності розвитку, стану бджолиних сімей, оцінки відтворної здатності маток було проведено підрахунок кількості печатного розплоду у гніздах сімей за допомогою рамки-сітки, середньодобове відкладання яєць маткою.

Дослід V проведений на проведені на двох групах бджолосімей, аналогів за масою бджіл, силою сім'ї, віком матки, по три сім'ї у кожній групі. Бджоли першої (контрольної) групи отримували у період підгодівлю з 60% цукрового сиропу в кількості 2 л /сім'ю/тиждень. Друга група бджіл (Д1) – додатково з 2 л цукрового сиропу отримувала 0,1 мкг/мл Ge у вигляді нанотехнологічного цитрату та 1 мл L. casei B-7280 10^6 КУО/мл Тривалість випоювання цукрового сиропу та нанотехнологічного цитрату Ge становила 30 діб у весняний періоді (квітень-травень). Для визначення інтенсивності розвитку, стану бджолиних сімей, оцінки відтворної здатності маток було проведено підрахунок кількості печатного розплоду у гніздах сімей за допомогою рамки-сітки, середньодобове відкладання яєць маткою. Підрахунок проводили аналогічно застосованим методам у досліді IV, додатково здійснювали аналіз якісних показників меду.

Уперше визначено схему додавання цитрату Ge до цукрового сиропу як компонента підгодівлі медоносних бджіл. Доведено, що цитрату Ge покращує якісні показники бджолопродукції та підвищує інтенсивність відкладання яєць бджолиними матками. Отримані результати використані для оптимізації

компонентів підгодівлі медоносних бджіл і вдосконалення способу підвищення репродуктивної функції їх маток у весняний період.

Фізіологічний вплив цитрату германію за згодовування у літньо-осінній період характеризувався підвищенням інтенсивності функціонування репродуктивної системи бджолиних маток із зростанням середньодобової та загальної кількості відкладених яєць у дослідній групі. За дії цитрату згерманію у меді виявлено нижчі концентрації вищу діастазну активність ($P < 0,05$) і пролін ($P < 0,01$).

Обґрунтовано введення в підгодівлю медоносним бджолам пробіотика *Lactobacillus casei* В-7280 через 3 доби. З'ясовано відмінності резистентності та життєздатності, а також особливості мікробіоти середнього та заднього відділів кишечника бджіл за підгодівлі пробіотика *Lactobacillus casei* В-7280. Застосування пробіотичних штамів *Lactobacillus casei* В-7280 для підгодівлі бджіл за умов лабораторного термостату приводило до кількісних змін у складі кишкової мікробіоти бджіл, зокрема до збільшення кількості молочнокислих бактерій та біфідобактерій, а також зменшення кількості деяких інших груп мікроорганізмів в кишківнику.

Підгодівля бджіл цитратом германію додатково до цукрового сиропу змінювало співвідношення окремих протеїнових фракцій гемолімфи зі зменшенням відносний рівень γ -глобулінової фракції на тлі підвищення β -глобулінової ($P < 0,05$) у дослідних групах порівняно до контролю. Це підтверджується аналогічними як у дослідних групах змінами з нижчим відносним вмістом γ -глобулінів, але вищим β -глобулінів у гемолімфі бджіл контрольної групи у дослідний період порівняно з підготовчим.

Підгодівля бджіл *Lactobacillus casei* 10^6 КУО/мл характеризувалась зростанням вмісту загального протеїну у тканинах цілого організму бджіл Д4 дослідної груп ($P < 0,05$), активності каталази ($P < 0,05$) на тлі зниженням вмісту ТБК-активних продуктів ($P < 0,05$) та гідроперекисів ліпідів ($P < 0,05$), що свідчить про стимулюючий вплив пробіотика на білковий обмін та антиоксидантний статус організму бджіл. Застосування пробіотичного штаму *Lactobacillus casei*

для підгодівлі бджіл за різної тривалості в умовах ентомологічних садків спричиняло кількісні зміни у складі кишкової мікробіоти, зокрема до збільшення числа молочнокислих бактерій ($P < 0,05$) та біфідобактерій ($P < 0,05$) у кишечнику на тлі нижчої кількості мікроскопічних грибів та псевдомонад ($P < 0,05-0,02$).

Згодовування цитрату германію у поєднанні з пробіотиком *Lactobacillus casei* спричинило підвищення вмісту загальних ліпідів у бджіл дослідних груп, що супроводжувалося зростанням рівня фосфоліпідів, моно- та триацилгліцеролів, етерифікованого холестеролу та одночасним зниженням концентрації неетерифікованих жирних кислот і вільного холестеролу. Отримані результати свідчать про позитивний модулюючий вплив комплексної підгодівлі на ліпідний метаболізм бджіл.

Згодовування бджолиним сім'ям нанотехнологічного цитрату германію сприяло активації репродуктивної функції маток, що підтверджується вірогідним зростанням середньодобової яйцекладки у дослідній групі порівняно з контролем (17 884 проти 16 155 яєць упродовж II періоду дослідження). Включення цитрату германію до складу цукрового сиропу у весняний період підгодівлі позитивно вплинуло на фізико-хімічні властивості меду, що проявилось підвищенням вмісту проліну ($P < 0,001$) та діастазного числа ($P < 0,05$). Отримані результати свідчать про регуляторну дію цитрату германію на репродуктивні процеси бджолиних маток та якісні характеристики бджолопродукції, що підтверджує його перспективність як інноваційного засобу підвищення продуктивності та якості у практиці бджільництва.

Наукова новизна одержаних результатів. Науково обґрунтовано вплив цитрату Ge на фізіолого-біохімічні процеси у бджіл, розроблено способи його використання для покращення ліпідного обміну, стимулювання яйцекладки маток у весняний період та встановлено різницю у співвідношенні білкових фракцій.

Вперше визначено схему та дози введення цитрату Ge, отриманого за допомогою методів нанотехнології, в цукровий сироп як складову комплексної підгодівлі медоносних бджіл. Доведено його стимулюючий вплив на інтенсивність

відкладання яєць бджолиними матками. Експериментально визначено фізіологічні дію та тривалість застосування пробіотика *Lactobacillus casei* B-7280 ліпідного та білкового обміну, склад кишкової мікробіоти, активність каталази, процеси пероксидного окиснення ліпідів. Обґрунтовано доцільність згодовування нанотехнологічного цитрату германію медоносним бджолам та з'ясовано фізіологічні та біохімічні механізми його коригуючого впливу на метаболічні процеси в їх організмі.

Практичне значення одержаних результатів. Результати дослідження впливу цитрату германію на організм бджіл можуть бути використані для теоретичного обґрунтування та практичного застосування у сучасному бджільництві. Результати досліджень використані для обґрунтування способу підгодівлі бджіл, інтерпретації фізіологічних механізмів впливу цитрату германію на репродуктивну функцію та інтенсивність відкладання яєць бджолиними матками.

Стимулюючий вплив пробіотика *Lactobacillus casei* B-7280 у концентрації 10^6 КУО/мл та цитрату германію, у кількості 0,1 мг на 2000 мл цукрового сиропу у весняний період впродовж 30 діб, на життєздатність, резистентність та покращення складу кишкової мікробіоти бджіл використано для наукового обґрунтування пропозицій щодо його застосування у підгодівлі із цукровим сиропом.

Отримані теоретичні результати використовуються в науковій і практичній роботі викладачів та освітньому процесі здобувачів вищої освіти і аспірантів вищих навчальних закладів: Дніпровського державного аграрно-економічного університету, Національного університету біоресурсів і природокористування України, Одеського державного аграрного університету, що підтверджується відповідними документами.

Ключові слова: бджола, цитрат германію, життєздатність, мікробіота, пробіотик, яйцекладка, продуктивність, антиоксидантна система, ліпіди, мінеральні елементи

ANNOTATION

Khyminets, T.M. Physiological and biochemical processes in the bodies of bees when supplemented with nanotechnology-based Ge citrate and probiotics. – Qualifying scientific thesis in manuscript form.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in the field of knowledge 21 – «Veterinary Medicine» in the specialty 211 – «Veterinary Medicine» – Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, Lviv, Ministry of Education and Science of Ukraine, Lviv, 2026.

This dissertation is devoted to investigating the effects of germanium citrate and the probiotic *Lactobacillus casei* B-7280 on protein metabolism and to elucidating the mechanisms underlying their stimulatory effects on the reproductive function of queen bees and the viability of their brood. Using modern methods of physiological and biochemical research, differences in resistance and viability, characteristics of the microbiota of the mid and hind gut of bees, and the functional activity of the queen bee's reproductive system were determined, when supplemented with germanium citrate and the probiotic *Lactobacillus casei* B-7280 during the spring period. The study justifies the comprehensive inclusion in the supplemental diet of honeybees of physiologically active doses of the probiotic *Lactobacillus casei* B-7280 and germanium citrate obtained using nanotechnology methods.

The study was conducted in two stages, which allowed for a comprehensive examination of the effects of the probiotic *Lactobacillus casei* B 7280 and nanotechnology-based germanium citrate on the viability, physiological condition, and reproductive capacity of honeybees. The objective of the first stage of the study was to investigate the effect of the probiotic *Lactobacillus casei* B-7280 and germanium citrate on the viability of bees during varying durations of separate and combined administration. The study was conducted under conditions of isolated housing of honeybees in hives inside a thermostat, with supplementary feeding of *Lactobacillus*

casei B-7280 and germanium citrate—both in combination and separately—for varying durations of application.

Experiment I was conducted on honeybees under laboratory thermostat conditions, using five groups. Bees in the control (C) group were fed sugar syrup. The experimental groups received the probiotic *Lactobacillus casei* B-7280 in addition to sugar syrup for varying durations (daily, every other day, every 3 days, or once a week).

Experiment II was conducted under laboratory thermostat conditions on three bee colonies that were matched for weight, colony strength, and queen age. The bees in the control group were fed a 60% sugar syrup. The experimental groups of bees additionally received Ge citrate in various concentrations and the probiotic *L. casei* B-7280 at a concentration of 10^6 CFU/cm³.

Experiment III was conducted under laboratory thermostat conditions on four groups of bee colonies that were matched for weight, colony strength, and queen age. Bees in the control group were fed a 60% sugar syrup. The experimental groups of bees received additional supplements—separately and in combination—of Ge citrate and the probiotic *L. casei* B-7280. During the study period, daily monitoring was conducted of the number of live and dead bees in the hives, as well as their motor and foraging activity. During the preparatory period, as well as on day 30 of the experimental period, live bees were sampled from the control and experimental groups for physiological and biochemical studies to determine the lipid and phospholipid composition of body tissues, total protein, glycogen, catalase activity, GPL, TBC-active products, the microbiome spectrum, and the relative content of soluble protein fractions in the bees' hemolymph.

The next stage was conducted under stationary conditions at a private apiary in the Mukachevo District. The aim of the study was to comprehensively investigate the effects of nanotechnology-based germanium citrate and the probiotic *Lactobacillus casei* B 7280 on the physiological condition and reproductive capacity of queen bees, as well as on colony development, colony strength, and the quality parameters of polyfloral honey.

Experiment IV was conducted on Carpathian honeybees, which were established for the experiment during the summer-fall-spring period. The study was carried out on two groups of bee colonies, matched for bee weight, colony strength, and queen age, with three colonies in each group. Bees in the first (control) group were fed 50% sugar syrup at a rate of 2 L per colony per week during the feeding period. The second group of bees (D1) received 0.1 $\mu\text{g}/\text{mL}$ of Ge in the form of nanotechnology-based citrate in addition to 2 L of sugar syrup. The duration of feeding with sugar syrup and nanotechnology-based Ge citrate was 30 days during the summer-fall period (August–September). Throughout the winter and early spring, the condition of the bee colonies in the control and experimental groups was monitored, including their strength in terms of the number of bees and the weight of the “dead bees.” To determine the intensity of development, the condition of the bee colonies, and to assess the reproductive capacity of the queens, the number of sealed brood in the colonies’ nests was counted using a mesh frame, and the average daily egg-laying rate of the queen was recorded.

Experiment V was conducted on two groups of bee colonies that were matched for bee weight, colony strength, and queen age, with three colonies in each group. Bees in the first (control) group received 2 L of 60% sugar syrup per colony per week during the feeding period. The second group of bees (D1) received, in addition to the 2 L of sugar syrup, 0.1 $\mu\text{g}/\text{mL}$ of Ge in the form of nanotechnology-based citrate and 1 mL of *L. casei* B-7280 at 10^6 CFU/ ml. The duration of feeding with sugar syrup and nanotechnology-based Ge citrate was 30 days during the spring period (April–May). To determine the intensity of development, the condition of the bee colonies, and to assess the reproductive capacity of the queens, the number of capped brood in the colonies’ nests was counted using a mesh frame, and the average daily egg-laying rate of the queen was measured. The counting was performed using methods similar to those applied in Experiment IV; additionally, an analysis of the qualitative characteristics of the honey was conducted.

For the first time, a method for adding Ge citrate to sugar syrup as a supplement for honeybees has been established. It has been demonstrated that Ge citrate improves the quality indicators of bee products and increases the egg-laying rate of queen bees.

The results obtained have been used to optimize the components of supplementary feeding for honeybees and to refine methods for enhancing the reproductive function of their queens during the spring period.

The physiological effect of germanium citrate when fed during the summer and fall was characterized by an increase in the activity of the queen bees' reproductive system, with a rise in the average daily and total number of eggs laid in the experimental group. When germanium citrate was added to honey, lower concentrations of diastase activity ($P < 0.05$) and proline ($P < 0.01$) were observed.

The inclusion of the probiotic *Lactobacillus casei* B-7280 in the supplementary feed for honeybees after 3 days was justified. Differences in resistance and viability, as well as characteristics of the microbiota in the mid and hind sections of the bees' intestines, were identified following supplementation with the probiotic *Lactobacillus casei* B-7280. The use of the probiotic strain *Lactobacillus casei* B-7280 to supplement the bees' diet under laboratory thermostat conditions led to quantitative changes in the composition of the bees' gut microbiota, specifically an increase in the number of lactic acid bacteria and bifidobacteria, as well as a decrease in the number of certain other groups of microorganisms in the gut.

Supplementing the bees' diet with germanium citrate in addition to sugar syrup altered the ratio of individual protein fractions in the hemolymph, resulting in a decrease in the relative level of the γ -globulin fraction and an increase in the β -globulin fraction ($P < 0.05$) in the experimental groups compared to the control group. This is confirmed by similar changes observed in the experimental groups, with a lower relative content of γ -globulins but a higher relative content of β -globulins in the hemolymph of bees in the control group during the experimental period compared to the preparatory period

Supplementation of bees with *Lactobacillus casei* at 10^6 CFU/mL was characterized by an increase in total protein content in the tissues of the entire body of D4 bees in the experimental group ($P < 0.05$), as well as an increase in catalase activity ($P < 0.05$), accompanied by a decrease in the content of TBA-reactive products ($P < 0.05$) and lipid peroxides ($P < 0.05$), indicating a stimulating effect of the probiotic on

protein metabolism and the antioxidant status of the bees. The use of the probiotic strain *Lactobacillus casei* for feeding bees over varying durations in entomological gardens caused quantitative changes in the composition of the gut microbiota, specifically an increase in the number of lactic acid bacteria ($P < 0.05$) and bifidobacteria ($P < 0.05$) in the gut, accompanied by a lower number of microscopic fungi and pseudomonads ($P < 0.05$ – 0.02).

Feeding germanium citrate in combination with the probiotic *Lactobacillus casei* resulted in an increase in total lipid content in bees from the experimental groups, accompanied by a rise in the levels of phospholipids, mono- and triacylglycerols, and esterified cholesterol, along with a simultaneous decrease in the concentration of non-esterified fatty acids and free cholesterol. The results indicate a positive modulatory effect of the complex supplement on the lipid metabolism of bees.

Feeding bee colonies with nanotechnology-based germanium citrate contributed to the activation of the queens' reproductive function, as evidenced by a statistically significant increase in average daily egg laying in the experimental group compared to the control group (17,884 versus 16,155 eggs during the second period of the study). The inclusion of germanium citrate in sugar syrup during the spring feeding period had a positive effect on the physicochemical properties of honey, as evidenced by an increase in proline content ($P < 0.001$) and the diastase number ($P < 0.05$). The results obtained indicate that germanium citrate has a regulatory effect on the reproductive processes of queen bees and the quality characteristics of bee products, confirming its potential as an innovative means of improving productivity and quality in beekeeping practice.

Scientific novelty of the obtained results. The effect of Ge citrate on physiological and biochemical processes in bees has been scientifically substantiated; methods for its use to improve lipid metabolism and stimulate egg-laying in queens during the spring have been developed; and differences in the ratio of protein fractions have been established. For the first time, a regimen and dosage for administering Ge citrate—produced using nanotechnology methods—in sugar syrup as a component of a comprehensive feeding regimen for honeybees have been determined. Its stimulating

effect on the intensity of egg-laying by queen bees has been demonstrated. The physiological effects and duration of application of the probiotic *Lactobacillus casei* B-7280 on lipid and protein metabolism, the composition of the gut microbiota, catalase activity, and lipid peroxidation processes were experimentally determined. The feasibility of feeding nanotechnology-based germanium citrate to honeybees has been substantiated, and the physiological and biochemical mechanisms of its corrective effect on metabolic processes in their bodies have been elucidated.

Practical significance of the results obtained. The results of the study on the effects of germanium citrate on bees can be used to provide a theoretical basis and practical application in modern beekeeping. The research findings were used to justify a method of feeding bees and to interpret the physiological mechanisms by which germanium citrate affects reproductive function and the intensity of egg-laying in queen bees.

The stimulating effect of the probiotic *Lactobacillus casei* B-7280 at a concentration of 10^6 CFU/mL and germanium citrate at a concentration of 0.1 mg per 2,000 mL of sugar syrup during the spring season over a 30-day period, on the viability, resistance, and improvement of the composition of the intestinal microbiota of bees was used to provide a scientific basis for proposals regarding its use in supplementary feeding with sugar syrup.

The theoretical results obtained are used in the scientific and practical work of faculty members and in the educational process for undergraduate and graduate students at the following higher education institutions: Dnipro State Agrarian and Economic University, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, and Odesa State Agrarian University, as confirmed by relevant documents.

Keywords: honeybee, germanium citrate, viability, microbiota, probiotic, egg laying, productivity, antioxidant system, lipids, minerals

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України,

включених до міжнародних наукометричних баз даних

1. Ковальчук І.І.(10%) , Співак М.Я.(10%), Химинець Т.М.(30%), Цап М.М.(10%), Пилипець А.З.(10%), Каплінський В.В.(10%) , Романович М.М.(10%), Андрoшулік Р.Л.(10%) (2024) Дослідження дії пробіотика *Lactobacillus casei* В-7280 за різної тривалості застосування на резистентність організму бджіл. *Біологія тварин.* 26(2): 27-31
<https://doi.org/10.15407/animbiol26.02.027>
2. Ковальчук І.І.(10%), Химинець Т.М.(60%) , Пилипець А.З.(10%), Андрoшулік Р.Л.(10%), Слепокура О.І.(10%) (2026) Вплив пробіотика *LACTOBACILLUS CASEI* за різної тривалості застосування на життєздатність бджіл *Бджільництво України.* 16: 31-37
<https://doi.org/10.32782/beekeepingjournal.2026.16.05>
3. Химинець Т.М. (100%) (2026) Вплив нанотехнологічного цитрату германію на біохімічні показники тканин організму та гемолімфи бджіл *Науково-технічний бюлетень ДНДКІ і ІБТ.* 27(1): 236-243 <https://doi.org/10.36359/scivp.2026-27-1.26>
4. Ковальчук І.І.(10%), Химинець Т.М. (70%), Андрoшулік Р.Л.(10%), Романович М.М.(10%) (2026) Динаміка біохімічних показників у тканинах та гемолімфі бджіл за впливу цитрату германію та *Lactobacillus casei* *Біологія тварин* 2026; 28(1) 31-37 <https://doi.org/10.32782/beekeepingjournal.2026.16.05>
5. Ковальчук І.І. (20%), Химинець Т.М.(80%) (2026) Репродуктивна здатність маток та продуктивність бджіл за підгодівлі германію цитрату *Scientific Progress & Innovations*, 29(1), 255-260 <https://doi.org/10.31210/spi2026.29.01.39>

Статті у науковому фаховому виданні України, включеному до наукометричної бази даних Scopus

6. Pylypets A.Z.1(10%), Kovalchuk I.I.(10%), Babenko L.P.(10%), Fedoruk R.S.(10%), Khyminets T.M.(20%), Tsap M.M.(10%), Romanovych M.M.(10%), Androshulik R.L.(10%), Zhylikhovska T.V.(10%). (2025) Effect of different doses of

Ge citrate and probiotic lactobacillus casei B-7280 on the phospholipid composition of bees tissues. Microbiological Journal. 2025; (1): 13-26
<https://doi.org/10.15407/microbiolj87.01.013>

Розділ у колективній монографії

7. Kovalchuk I. (20%), Khymynets T.(80%) (2024) The effect of different doses of nanotechnological citrate Ge and probiotic *Lactobacillus casei* B-7280 on lipid composition and peroxidation products in the body tissues of bees and their viability. Prospects for the development and implementation of innovative technologies in veterinary medicine and animal husbandry: Scientific monograph. Riga, Latvia : Baltija Publishing, 2024;55-75 <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-454-2-3>

Методичні рекомендації

8. Ковальчук І. І.(10%), Співак М. Я.(10%), Цап М. М.(10%), Пилипець А. З.(10%), Химинець Т. М.(40%), Романович М. М.(10%), Андрошулік Р. Л.(10%) Застосування пробіотиків у бджільництві :— Науково-методичні рекомендації. — Львів, 2026: 32

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

Тези наукових доповідей

9. Химинець Т.М.(80%), Ковальчук І.І.(20%) Вплив цитрату германію на життєздатність бджіл Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні проблеми фізіології тварин» присвяченої 100-річному ювілею ректора Степана Васильовича Стояновського (м.Львів, 25-26 травня 2023) – Львів: ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького. 2023. С.85 <https://vet.edu.ua/images/step/2023/05/26/zbirnyk.pdf>

10. Химинець Т.М. (100%) Вплив різних доз Ge цитрату та пробіотика *Lactobacillus casei* B 7280 на життєздатність бджіл. Матеріали XII всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених «Актуальні проблеми агропромислового виробництва України: виклики і шляхи розвитку в умовах війни і повоєнної відбудови». Львів-Оброшине, 2023: 108-109 https://drive.google.com/file/d/1Y3jSB9B5iM6_kRfgqr5CLA8rc2b9Rxyv/view

11. Kovalchuk I.(10%), Kovalsky Y.(10%), Pylypets A.(10%), Tsap M.(10%), Petryshak R.(10%), Khymynets T.(40%), Androshulik R.(10%) Biological action of trace elements citrates on melliferous bees in different life periods Materials of the conference

61. Naukowa Konferencja Pszczelarska, Pulawa, 5-6 marca 2024: 18 http://www.opisik.pulawy.pl/pdf/61.Naukowa_Konferencja_Pszczelarska_2024.pdf

12. Ковальчук І.І.(10%), Химинець Т.М.(70%), Цап М.М.(10%), Пилипець А.З.(10%) Вплив різної тривалості застосування пробіотика *Lactobacillus casei* В-7280 на життєздатність бджіл Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Інновації щодо зимівлі та весняного розвитку бджолиних сімей (селекція, розведення, профілактика хвороб і апітерапія). Житомир, 2024: 44-45

13. Ковальчук І.І.(10%), Химинець Т.М.(60%), Цап М.М.(10%), Пилипець А.З.(10%), Андрoшулік Р.Л.(10%) Вплив різних доз Ge цитрату та пробіотика *Lactobacillus casei* на спектр кишкової мікробіоти бджіл Матеріали ІХ Міжнародної науково-практичної конференції викладачів і здобувачів вищої освіти, Дніпро, 2024: 69-70 <https://dspace.dsau.dp.ua/handle/123456789/9787>

14. Ковальчук І.І.(10%), Химинець Т.М.(60%), Цап М.М.(10%), Пилипець А.З.(10%), Андрoшулік Р.Л.(10%) Вплив пробіотика *Lactobacillus casei* В-7280 за різної тривалості застосування на спектр кишкової мікробіоти бджіл. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Пріоритетні напрями наукового забезпечення виробництва продукції тваринництва у карпатському регіоні для подолання викликів, пов'язаних з воєнним станом» Оброшине, 2024; 51-53 https://drive.google.com/file/d/1vkR4MM_8QvWYxxGfgWxDExYpidXrbQVI/view

15. Андрoшулік Р.Л.(10%), Химинець Т.М.(80%), Ковальчук І.І.(10%) Вплив пробіотика *L. Casei* в 7280 за різної тривалості згодовування на процеси перекисного окиснення ліпідів в організмі бджіл. Матеріали науково-практичної конференції науковців, викладачів та аспірантів «Актуальні питання ветеринарної медицини: реалії та перспективи» Харків, 2024. 79-80 <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/55778>

16. Химинець Т.М.(90%), Андрошулік Р.Л.(10%). Фізіолого-біохімічні показники гемолімфи і гомогенату тканин організму бджіл за умов підгодовлі різних доз Ge цитрату та пробіотика *Lactobacillus casei* В-7280. Матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених, присвяченої 75-річчю від дня народження д.вет.н, професора, членкор НААН Ростислава Федорука (19-20 вересня 2024). Біологія тварин. 2024; (26(3): 174 https://aminbiol.com.ua/images/Journal/2024/3/AB_2024_26_3_6_CYS.pdf

17. Ковальчук І.І.(10%), Химинець Т.М.(50%), Цап М.М.(10%), Пилипець А.З.(10%), Андрошулік Р.Л.(10%), Романович М.М.(10%) Вплив цитрату Ge на процеси перекисного окиснення ліпідів в організмі бджіл та білковий профіль гемолімфи. Матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції «Актуальні проблеми сучасної біології, тваринництва та ветеринарної медицини», присвяченої 100-річчю від дня народження д.біол.н, професора, академіка УААН Петра Лагодюка (3-4 жовтня 2024). Біологія тварин. 2024; (26(3): 73 https://aminbiol.com.ua/images/Journal/2024/3/AB_2024_26_3_5_conference.pdf

18. Химинець Т.(80%), Ковальчук І.(20%) Вплив цитрату Ge та пробіотика *Lactobacillus casei* на фізіолого-біохімічні показники організму бджіл. Матеріали III наукової конференції «Сучасні методи діагностики, лікування та профілактика у ветеринарній медицині» (до 240-річчя започаткування викладання ветеринарної медицини у Львові). Львів, 17–18 жовтня 2024 р. : 89 <https://nvlvet.com.ua/index.php/conferences/article/view/5778/5998>

19. Ковальчук І.І. (10%), Химинець Т.М.(40%), Цап М.М.(10%), Пилипець А.З.(10%), Романович М.М.(10%), Андрошулік Р.Л.(10%), Петришак Р.А.(10%) Фізіологічні процеси в організмі бджіл за впливу пробіотика *Lactobacillus casei* В-7280. Збірник матеріалів міжнародної науково-практичної конференції «Зміна клімату та її наслідки для тваринництва і ветеринарної медицини: наукові підходи та інноваційні рішення. 2024: 243- <https://www.pdatu.edu.ua/images/news/2024/October/09/04/conf24.pdf>

20. Ковальчук І.І.(10%), Химинець Т.М.(60%), Цап М.М.(10%),

Слепокура О.І.(10%), Андрошулік Р.Л.(10%) Фізіолого-біохімічні показники гемолімфи і гомогенату тканин організму бджіл за впливу різних доз Ge цитрату та пробіотика *LACTOBACILLUS CASEI* B-7280 Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції викладачів і здобувачів вищої освіти «Актуальні аспекти біології тварин, ветеринарної медицини та ветеринарно-санітарної експертизи», присвячену 90-річчю кафедри фізіології, біохімії тварин і лабораторної діагностики, 20-21 травня 2025 року, м.Дніпро. 2025:87-88 <https://dspace.dsau.dp.ua/handle/123456789/11952>

21. Химинець Т.М.(60%), Цап М.М.(10%), Пилипець А.З.(10%), Андрошулік Р.Л.(10%), Ковальчук І.І.(10%) Репродуктивна здатність бджолиних маток та продуктивність бджіл за підгодівлі цитратом германію Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні проблеми сучасного землеробства, рослинництва і тваринництва», присвяченої 100-річчю від дня народження доктора біологічних наук, академіка УААН Палфія Ф.Ю. (Оброшине, 25 червня 2025р.) Оброшине, 2025: 228-230 https://isgkr.com.ua/images/sampledata/Tezy/%D0%A2%D0%B5%D0%B7%D0%B8_2025_2.pdf

22. Химинець Т.М.(80%), Ковальчук І.І.(20%) Фізіолого-біохімічні процеси в організмі бджіл за впливу пробіотика *Lactobacillus casei* B-7280 Матеріали всеукраїнської конференції: «На зламі століть: спадщина та інновації у ветеринарній фармакології та токсикології» (м. Львів, 13–14 листопада 2025 р.). Львів, 2025: 130-135 <https://doi.org/10.32718/konf.13-14.11.2025>

23. Химинець Т.М.(30%), Ковальчук І.І.(10%), Пилипець А.З.(10%), Цап М.М.(10%), Романович М.М.(10%), Пахолків Н.І.(10%), Андрошулік Р.Л.(10%), Лучка І.В. (10%) Вплив цитрату германію та пробіотика *Lactobacillus casei* на процеси ліпідного обміну та перекисного окиснення ліпідів у гемолімфі й тканинах медоносних бджіл Матеріали II міжнародної науково-практичної конференції «Зміна клімату та її наслідки для тваринництва і ветеринарної медицини: наукові підходи та інноваційні рішення», 2025:287-289. <https://www.doi.org/10.32782/2324102025>

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ	21
ВСТУП	22
РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	29
1.1 Особливості мінерального живлення бджіл із використанням нанотехнологічних форм біогенних елементів	29
1.2 Роль Ge у природному середовищі та фізіологічних процесах організму бджіл	34
1.3 Функціональні особливості травної системи бджіл та склад мікробіоти	37
1.4 Резистентність та життєздатність бджолиних сімей за використання пробіотичних добавок	43
1.5 Обґрунтування вибору теми дисертаційної роботи	47
РОЗДІЛ 2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	51
2.1 Загальна схема і вибір напрямку досліджень	51
2.2 Основні методи і методики дослідження	59
2.3 Статистична обробка первинних даних	68
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	69
3.1. Збереженість та тривалість життя бджіл за різної тривалості застосування пробіотики <i>Lactobacillus casei</i>	69
3.2 Особливості білкового обміну, активності антиоксидантної системи та спектр кишкової мікробіоти бджіл за різної тривалості застосування пробіотики <i>Lactobacillus casei</i>	75
3.3. Життєздатність бджіл за згодовування різних доз цитрату Ge та пробіотики <i>Lactobacillus casei</i>	81
3.4 Ліпідний та фосфоліпідний склад тканин організму бджіл за згодовування різних доз Ge цитрату та пробіотики <i>Lactobacillus casei</i>	87
3.5 Активність антиоксидантної системи, фракційний склад розчинних білків гемолімфи та спектр кишкової мікробіоти бджіл за	95

підгодівлі цукровим сиропом з додаванням <i>Lactobacillus casei</i> B-7280 та <i>Lactobacillus plantarum</i> B-7679	
3.6. Життєздатність бджіл за умов періодичного застосування цитрату германію та пробіотика <i>Lactobacillus casei</i> B-7280	103
3.7 Особливості білкового обміну, активність каталази та спектр кишкової мікробіоти бджіл за умов періодичного застосування цитрату германію та пробіотика <i>Lactobacillus casei</i> B-7280	107
3.8 Ліпідний склад тканин та продукти перекисного окиснення в організмі бджіл за умов періодичного застосування цитрату германію та пробіотика <i>Lactobacillus casei</i> B-7280	112
3.9 Репродуктивна здатність бджолиних маток та продуктивність бджіл за підгодівлі цитрату германію у весняний період	115
3.10 Комплексний вплив нанотехнологічного цитрату германію та пробіотика <i>Lactobacillus casei</i> B-7280 на репродуктивну здатність маток, життєздатність бджіл та якість бджолопродукції	122
РОЗДІЛ 4. АНАЛІЗ ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	126
ВИСНОВКИ	139
ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	141
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	142
ДОДАТКИ	171

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

ЦС — цукровий сироп

МЕ — мінеральні елементи

ВА – біфідобактерії

АМП - антимікробні пептиди

МПА – м'ясо-пептонний агар;

BAIRD-PARKER-Agar– селективне середовище для виділення стафілококів;

KF-Streptococcus agar – селективне середовище для виділення стрептококів;

MRSA – Man-Rogosa-Sharpe agar селективне середовище для виділення лактобактерій;

ЕНДО– селективне середовище для виділення коліформних бактерій;

АФК - активні форми кисню,

У.М.О. – умовна медова одиниця

НТЦ Ge – нанотехнологічний цитрат германію

МДАГ - моно- і диацилгліцероли

НЕЖК - неестерифіковані жирні кислоти

ПНЖК — поліненасичені жирні кислоти

ВСТУП

Актуальність теми. Медоносна бджола (*Apis mellifera* L.) як біоіндикатор стану навколишнього середовища відображає рівень екологічної стабільності та вплив антропогенних факторів, водночас залишаючись ключовим запилювачем, що забезпечує збереження біорізноманіття та продуктивність агроecosystem. Зниження чисельності популяцій медоносних бджіл упродовж останніх десятиліть стало серйозним екологічним фактором, що відображає вплив антропогенних чинників і загрожує продовольчій безпеці. Серед ключових проблем — погіршення морфофункціонального стану бджіл, спричинене забрудненням довкілля, використанням пестицидів, кліматичними змінами та поширенням інфекційних хвороб.

Саме тому сучасне бджільництво спрямоване на виробництво екологічно безпечної продукції та впровадження інноваційних методів, що забезпечують стимуляцію розмноження, підвищення резистентності до патогенів і захист від несприятливих умов середовища. Це зумовлює необхідність пошуку інноваційних підходів розроблення засобів і методів стимуляції відтворювальної функції та підвищення стійкості бджіл до збудників хвороб.

Особливе значення у системі профілактики хвороб медоносних бджіл заслуговують дослідження, що обґрунтовують фізіологічну доцільність використання пробіотиків. Їхні антибактеріальні та антифунгальні властивості зумовлені вираженою антагоністичною активністю щодо широкого спектра патогенних і умовно-патогенних мікроорганізмів. Фізіологічний ефект пробіотиків полягає у відновленні та стабілізації кишкової мікробіоти, а також у регуляції запальних процесів. У шлунково-кишковому тракті пробіотики діють безпосередньо пригнічуючи розвиток патогенних і умовно-патогенних мікроорганізмів та шляхом активації специфічних і неспецифічних механізмів імунного захисту. Багатофакторний вплив пробіотичних препаратів сприяє стабілізації кишкової мікробіоти, знижує ризик розвитку патологічних процесів та забезпечує підвищення неспецифічної резистентності організму бджіл.

Дефіцит вуглеводного корму у медоносних бджіл компенсують шляхом згодовування цукрового сиропу, проте нестачу мікроелементів покращують введенням до складу підгодівлі спеціальних добавок. Одним з ефективних та перспективних методів підвищення стійкості бджолиних сімей до негативних зовнішніх чинників є використання мінеральних елементів, отриманих методом нанотехнології. На сьогодні розроблено значну кількість препаратів, що містять мікроелементи органічного та неорганічного походження. До числа найбільш важливих мінеральних компонентів належать кобальт (Co), цинк (Zn), марганець (Mn), хром (Cr), нікель (Ni), селен (Se) та германій (Ge).

Германій (Ge) характеризується низькою токсичністю та комплексом біологічних властивостей, здатний активувати клітинні та гуморальні механізми захисту, стимулювати синтез інтерферонів і підвищувати активність фагоцитів. Завдяки цьому германій сприяє зниженню інтенсивності запальних процесів, стабілізації нуклеїнових кислот та підтриманню клітинної резистентності. У біологічних системах він бере участь у регуляції метаболізму, процесів проліферації та апоптозу, що визначає його значення як перспективного ультраелемента для збереження гомеостазу та підвищення адаптаційних можливостей організму. Отже, вплив на організм медоносних бджіл цитрату германію та пробіотика є актуальним напрямом, що відкриває можливості для оптимізації живлення у критичні періоди життєдіяльності, забезпечуючи підвищення резистентності та продуктивності бджолиної сім'ї.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами. Дисертаційна робота є розділом наукової тематики кафедри нормальної та патологічної фізіології імені Степана Стояновського Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького «Дослідження імунобіологічної і репродуктивної функцій та розроблення способів їх підвищення у тварин і птиці з використанням наноматеріалів та пробіотиків» (ДР 0121U110477, 2021–2025 рр.).

Мета і завдання досліджень. Мета роботи - з'ясувати фізіологічні та біохімічні механізми впливу цитрату германію та пробіотика на білковий та

ліпідний обмін, стан антиоксидантної системи у тканинах організму бджіл, склад кишкової мікробіоти та розробити способи підвищення репродуктивної функції бджолиних маток і життєздатності їхнього розплоду.

Для досягнення мети були поставлені такі завдання:

- ❑ Дослідити збереженість та тривалість життя бджіл за різної тривалості застосування пробіотика *Lactobacillus casei*
- ❑ Проаналізувати особливості білкового обміну, активності антиоксидантної системи та спектр кишкової мікробіоти бджіл за різної тривалості застосування пробіотика *Lactobacillus casei*
- ❑ Дослідити збереженість та життєздатність бджіл за роздільного, поєданого та періодичного застосування цитрату Ge і пробіотика *Lactobacillus casei*;
- ❑ Вивчити вплив роздільного та поєданого застосування цитрату Ge і пробіотика у літній період підгодівлі бджіл на їх життєздатність, розвиток та репродуктивну функцію маток;
- ❑ Визначити показники протеїнового та антиоксидантного обміну в організмі бджіл за підгодівлі цитрату Ge і пробіотика *Lactobacillus casei*;
- ❑ Дослідити мікробіоценоз кишкового тракту бджіл за підгодівлі цитратом Ge і пробіотиком;
- ❑ Експериментально обґрунтувати й розробити способи підвищення репродуктивної функції маток бджіл, їх життєздатності за підгодівлі цитратом Ge і пробіотиком у весняний період;
- ❑ З'ясувати вплив підгодівлі цитратом Ge і пробіотиком на продуктивність бджолиних сімей.

Об'єкт дослідження – фізіолого-біохімічні процеси в організмі бджіл за дії цитрату германію, отриманого методами нанотехнології та пробіотика *Lactobacillus casei*.

Предмет дослідження – особливості впливу нанотехнологічного цитрату германію та пробіотика *Lactobacillus casei* на метаболічні процеси й біохімічні показники організму медоносних бджіл, зокрема на протеїновий та ліпідний

обмін, репродуктивну здатність бджолиних маток, а також якісні показники бджолопродукції.

Методи дослідження – фізіологічні (інтенсивність яйцекладки, продуктивність бджіл), біохімічні (загальний білок і співвідношення його фракцій, каталаза, глікоген); мікробіологічні (склад мікробіоти кишечника), фізико-хімічні статистичні (середні величини та їх відхилення, вірогідність міжгрупової різниці).

Наукова новизна одержаних результатів. Науково обґрунтовано вплив цитрату Ge на фізіолого-біохімічні процеси у бджіл, розроблено способи його використання для покращення ліпідного обміну, стимулювання яйцекладки маток у весняний період та встановлено різницю у співвідношенні білкових фракцій. Вперше визначено схему та дози введення цитрату Ge, отриманого за допомогою методів нанотехнології, в цукровий сироп як складову комплексної підгодівлі медоносних бджіл. Доведено його стимулюючий вплив на інтенсивність відкладання яєць бджолиними матками. Експериментально визначено фізіологічні дію та тривалість застосування пробіотики *Lactobacillus casei* B-7280 ліпідного та білкового обміну, склад кишкової мікробіоти, активність каталази, процеси пероксидного окиснення ліпідів. Обґрунтовано доцільність згодовування нанотехнологічного цитрату германію медоносним бджолам та з'ясовано фізіологічні та біохімічні механізми його коригуючого впливу на метаболічні процеси в їх організмі.

Практичне значення одержаних результатів. Результати дослідження впливу цитрату германію на організм бджіл можуть бути використані для теоретичного обґрунтування та практичного застосування у сучасному бджільництві. Результати досліджень використані для обґрунтування способу підгодівлі бджіл, інтерпретації фізіологічних механізмів впливу цитрату германію на репродуктивну функцію та інтенсивність відкладання яєць бджолиними матками.

Стимулюючий вплив пробіотики *Lactobacillus casei* B-7280 у концентрації 10^6 КУО/мл та цитрату германію, у кількості 0,1 мг на 2000 мл цукрового сиропу

у весняний період впродовж 30 діб, на життєздатність, резистентність та покращення складу кишкової мікробіоти бджіл використано для наукового обґрунтування пропозицій щодо його застосування у підгодівлі із цукровим сиропом.

Отримані теоретичні результати використовуються в науковій і практичній роботі викладачів та освітньому процесі здобувачів вищої освіти і аспірантів вищих навчальних закладів: Дніпровського державного аграрно-економічного університету, Національного університету біоресурсів і природокористування України, Одеського державного аграрного університету, що підтверджується відповідними документами.

Особистий внесок здобувача. Дисертантка самостійно здійснила пошук, аналіз та систематизацію наукових джерел за темою дослідження. Вона виконала дві серії експериментальних досліджень (5 дослідів), провела статистичну обробку отриманих даних, підготувала та опублікувала наукові статті, розділ у колективній монографії, методичні рекомендації та тези. Дисертантка брала активну участь у розробці схеми проведення дослідів, здійснювала підбір методів і методик для їх реалізації. Інтерпретація отриманих результатів, їх узагальнення, формулювання висновків та практичних рекомендацій виконувалися у співпраці з науковим керівником.

Апробація результатів дисертаційних досліджень. Отримані результати досліджень дисертаційної роботи доповідались на вчених радах Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнології імені С. З. Гжицького (2022-2025 рр.), міжнародних та всеукраїнських науково-практичних конференціях зокрема: міжнародна науково-практична конференція «Актуальні проблеми фізіології тварин» присвячена 100-річному ювілею ректора Степана Васильовича Стояновського (25-26 травня 2023, м. Львів); XII всеукраїнська науково-практична конференція молодих вчених «Актуальні проблеми агропромислового виробництва України: виклики і шляхи розвитку в умовах війни і повоєнної відбудови». (23 листопада 2023, с. Оброшине); 61. Naukowa Konferencja Pszczelarska, (5-6 marca 2024, Pulawa); міжнародної

науково-практичної конференції «Інновації щодо зимівлі та весняного розвитку бджолиних сімей (селекція, розведення, профілактика хвороб і апітерапія). (2024, Житомир); ІХ міжнародна науково-практична конференція викладачів і здобувачів вищої освіти «Актуальні аспекти біології тварин, ветеринарної медицини та ветеринарно-санітарної експертизи» (28-29 травня 2024, м. Дніпро); міжнародна науково-практична конференція «Пріоритетні напрями наукового забезпечення виробництва продукції тваринництва у Карпатському регіоні для подолання викликів, пов'язаних з воєнним станом» (25 червня 2024, с. Оброшине); Матеріали науково-практичної конференції науковців, викладачів та аспірантів «Актуальні питання ветеринарної медицини: реалії та перспективи» (2024, м.Харків); всеукраїнська науково-практична конференція молодих вчених, присвяченої 75-річчю від дня народження д.вет.н, професора, членкор НААН Ростислава Федорука (19-20 вересня 2024, м.Львів); всеукраїнська науково-практична конференція «Актуальні проблеми сучасної біології, тваринництва та ветеринарної медицини», присвяченої 100-річчю від дня народження д.біол.н, професора, академіка УААН Петра Лагодюка (3-4 жовтня 2024, м.Львів), ІІІ наукова конференція «Сучасні методи діагностики, лікування та профілактика у ветеринарній медицині» (до 240-річчя започаткування викладання ветеринарної медицини у Львові). (17–18 жовтня 2024, м.Львів); міжнародна науково-практична конференція «Зміна клімату та її наслідки для тваринництва і ветеринарної медицини: наукові підходи та інноваційні рішення» (10-11 жовтня 2024, м. Одеса – м. Кам'янець-Подільський); Х Міжнародної науково-практичної конференції викладачів і здобувачів вищої освіти «Актуальні аспекти біології тварин, ветеринарної медицини та ветеринарно-санітарної експертизи», присвячену 90-річчю кафедри фізіології, біохімії тварин і лабораторної діагностики, (20-21 травня 2025 року, м.Дніпро). міжнародна науково-практична конференція «Актуальні проблеми сучасного землеробства, рослинництва і тваринництва», присвяченої 100-річчю від дня народження доктора біологічних наук, академіка УААН Палфія Ф.Ю. (25 червня 2025р.с.Оброшине); всеукраїнська конференція: «На зламі століть: спадщина та

інновації у ветеринарній фармакології та токсикології» (13–14 листопада 2025, м.Львів), II міжнародна науково-практична конференція «Зміна клімату та її наслідки для тваринництва і ветеринарної медицини: наукові підходи та інноваційні рішення» (23-24 жовтня 2025, м. Одеса – м. Кам'янець-Подільський).

Публікації. За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 23 наукових праць, у тому числі 6 статей у наукових фахових виданнях України (1 стаття – у науковому виданні, що індексується у міжнародних наукометричних базах Scopus; 5 – у фахових журналах категорії Б), розділ у колективній монографії, науково-методичні рекомендації та 15 тез наукових доповідей.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається із анотацій, вступу, огляду літератури, матеріалів та методів досліджень, результатів власних досліджень, аналізу і узагальнення результатів досліджень, висновків. Список використаних джерел налічує 241 джерело. Загальний обсяг дисертації 180 сторінок, що включає 29 таблиць та 14 рисунків.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Особливості мінерального живлення бджіл із використанням нанотехнологічних форм біогенних елементів

Мінеральне живлення медоносних бджіл є складовою загальної системи забезпечення їхнього організму речовинами, необхідними для підтримання життєдіяльності, росту, розвитку, репродукції та функціонування бджолої сім'ї як цілісної біологічної одиниці. На відміну від багатьох сільськогосподарських тварин, бджоли не отримують раціон у вигляді щоденно збалансованої кормової суміші. Їхнє живлення формується природними ресурсами - нектаром, пилом, пергою, водою, а в умовах пасічного утримання також цукровим сиропом, білково-ліпідними сумішами та спеціальними добавками. Тому мінеральний склад кормів суттєво залежить від ботанічного походження рослин, ґрунтово-кліматичних умов, агрохімічного стану території, рівня забруднення довкілля і технології ведення пасіки [14, 141, 145].

Основним джерелом мінеральних елементів для бджіл є квітковий пилок і перга. Пилок містить протеїни, амінокислоти, ліпіди, вітаміни, макро- та мікроелементи, які забезпечують розвиток молодих бджіл, функціонування глоткових залоз, синтез маточного молочка і вирощування розплоду. Мед переважно забезпечує енергетичні потреби, однак його мінеральна цінність значно нижча порівняно з пилом. При тривалому використанні лише цукрового сиропу виникає ризик дефіциту біогенних елементів, що негативно відображається на фізіологічному стані робочих особин, інтенсивності ферментативних процесів і тривалості життя [161].

До макроелементів, необхідних для організму бджіл, належать Кальцій, Фосфор, Магній, Калій, Натрій, Сірка і Хлор. Вони беруть участь у регуляції

осмотичного тиску, кислотно-лужної рівноваги, провідності нервово-м'язових структур, активації ферментів і підтриманні мембранного потенціалу. Мікроелементи - Ферум, Купрум, Цинк, Манган, Кобальт, Нікель, Селен, Йод, Хром та інші - входять до складу або активують численні ферментні системи. Їхня фізіологічна дія часто проявляється у дуже малих концентраціях, але як дефіцит, так і надлишок можуть спричиняти порушення метаболізму [127, 148].

Ферум бере участь у процесах тканинного дихання, окисно-відновних реакціях і функціонуванні ферментів, пов'язаних із перенесенням електронів. Купрум є важливим компонентом оксидаз і бере участь у пігментному, антиоксидантному та імунному обміні. Цинк входить до складу багатьох металоферментів, зокрема карбоангідрази, і впливає на стан епітеліальних тканин, репаративні процеси та білковий обмін. Манган пов'язаний з активністю ферментів вуглеводного і ліпідного обміну. Селен бере участь у функціонуванні системи глутатіонпероксидази та захисті клітин від оксидативного ушкодження. Отже, мінеральні елементи не є другорядними компонентами раціону, а виступають регуляторами фізіологічного стану бджіл [46, 48, 55].

Однією з проблем мінерального живлення є біодоступність елементів. Неорганічні солі можуть проявляти подразнювальну або токсичну дію, особливо за перевищення рекомендованих доз. Крім того, у шлунково-кишковому тракті можливі антагоністичні взаємодії між елементами, утворення нерозчинних комплексів і зниження засвоєння. Саме тому в останні роки зростає інтерес до органічних форм мікроелементів, хелатних сполук, цитратів, карбоксилатів і нанотехнологічних форм біогенних елементів, які потенційно можуть мати кращу біодоступність і нижчу токсичність [177].

Нанотехнологічні форми біогенних елементів розглядаються як перспективний інструмент корекції живлення бджіл. Наночастинки характеризуються малою розмірністю, великою питомою поверхнею, високою реакційною здатністю та здатністю взаємодіяти з біологічними мембранами. Для ветеринарної медицини і тваринництва важливо, що наноформи можуть забезпечувати надходження елемента в нижчих дозах, ніж традиційні солі, і

водночас проявляти виражений біологічний ефект. Водночас застосування таких препаратів потребує особливої обережності, оскільки їхня дія залежить від розміру частинок, заряду поверхні, стабілізатора, шляху введення, тривалості застосування та фізіологічного стану організму [89, 127].

У бджільництві нанотехнологічні препарати можуть використовуватися у складі стимулюючої підгодівлі з цукровим сиропом, медово-цукровим тістом або іншими кормовими основами. Їх потенційна дія полягає в активації ферментативних реакцій, посиленні антиоксидантного захисту, поліпшенні функціонального стану травної системи, підвищенні резистентності до стресових чинників і оптимізації розвитку бджолиних сімей. Особливо актуальним є використання таких препаратів у критичні періоди: ранньовесняний розвиток, нарощування сили сімей до медозбору, післямедозбірний період, підготовка до зимівлі та відновлення після дії токсикантів або інфекційних чинників [8, 35, 36].

Проте застосування наноформ не повинно розглядатися лише як спосіб стимуляції продуктивності. У медоносних бджіл будь-яка кормова добавка впливає не тільки на окрему особину, але й на всю сім'ю, оскільки змінює поведінку, трофічні зв'язки, догляд за розплодом, функціонування матки і якість кормових запасів. Тому оцінка ефективності мінеральних нанодобавок має включати комплекс показників: силу сім'ї, кількість розплоду, інтенсивність льотної активності, збереженість бджіл, показники гемолімфи, активність антиоксидантних ферментів, стан кишківника, склад мікробіоти, якість меду та можливе накопичення елементів у продуктах бджільництва.

Важкі метали, такі як Кадмій і Плюмбум, навіть у низьких концентраціях можуть негативно впливати на фізіологічний стан бджіл, порушувати ферментативні процеси, викликати оксидативний стрес і знижувати життєздатність. Тому біогенні елементи необхідно відрізнити від токсичних металів, а при застосуванні нових сполук оцінювати не тільки позитивний ефект, але й можливість кумуляції, зміни поведінки, порушення мікробіоти та залишкові кількості у продукції [36, 84, 110].

Таким чином, мінеральне живлення бджіл є важливою умовою нормального перебігу фізіологічних процесів. Використання нанотехнологічних форм біогенних елементів відкриває перспективи для цілеспрямованої корекції обміну речовин, але потребує науково обґрунтованих доз, чіткої оцінки ефективності та безпеки. Саме поєднання фізіологічного, біохімічного, мікробіологічного і продуктивного підходів дає змогу об'єктивно оцінити доцільність застосування таких препаратів у бджільництві.

Серед біогенних елементів, які останнім часом привертають увагу дослідників, особливе місце посідає Германій (Ge). Цей елемент належить до групи металоїдів і характеризується широким спектром біологічної активності. Упродовж останніх десятиліть було накопичено значний обсяг експериментальних даних щодо впливу сполук Германію на організм лабораторних і сільськогосподарських тварин. Встановлено, що окремі органічні форми Германію здатні проявляти антиоксидантні, імуномодулювальні, мембраностабілізуювальні та детоксикаційні властивості. Завдяки цьому вони розглядаються як перспективні компоненти кормових добавок і засобів метаболічної корекції [147, 217].

Фізіологічна роль Германію остаточно не з'ясована, однак численні дослідження свідчать про його участь у процесах клітинного метаболізму та підтриманні функціональної активності різних систем організму. Передбачається, що біологічна дія елемента пов'язана з його здатністю впливати на перебіг окисно-відновних реакцій, стабілізувати структуру клітинних мембран та модулювати активність ферментних систем. Крім того, окремі форми Германію можуть сприяти підвищенню ефективності використання кисню тканинами, що особливо важливо за умов підвищеного функціонального навантаження або дії стресових факторів [66].

Важливою властивістю сполук Германію є їхній вплив на антиоксидантну систему організму. У процесі життєдіяльності клітин постійно утворюються активні форми кисню, які за надмірного накопичення здатні викликати пошкодження білків, ліпідів та нуклеїнових кислот. Для запобігання таким

змінам функціонує складна система антиоксидантного захисту, до якої входять ферментативні та неферментативні механізми. За даними низки досліджень, застосування органічних сполук Германію супроводжується зниженням інтенсивності процесів перекисного окиснення ліпідів і підвищенням активності окремих антиоксидантних ферментів, що свідчить про їхню здатність підтримувати прооксидантно-антиоксидантну рівновагу.

Не менш важливим є потенційний вплив Германію на імунологічну реактивність організму. Відомо, що ефективність функціонування імунної системи визначає рівень природної резистентності до інфекційних агентів, паразитів і несприятливих чинників довкілля. Експериментально встановлено, що окремі органічні форми Германію можуть активізувати неспецифічні механізми захисту, стимулювати функціональну активність клітин імунної системи та підвищувати адаптаційні можливості організму. У зв'язку з цим особливий інтерес становить дослідження можливого впливу Германію на природну резистентність медоносних бджіл, які постійно контактують із широким спектром мікроорганізмів і факторів навколишнього середовища [63, 86, 87].

Перспективним напрямом є також вивчення взаємодії сполук Германію з кишковою мікробіотою. Кишковий мікробіом бджіл відіграє важливу роль у процесах травлення, синтезі біологічно активних речовин, підтриманні колонізаційної резистентності та формуванні імунної відповіді. Будь-які зміни у складі мікробіоти можуть супроводжуватися змінами інтенсивності обміну речовин і загального фізіологічного стану організму [102, 103, 104]. Тому вивчення впливу Германію на чисельність та видовий склад симбіотичних мікроорганізмів становить значний науковий інтерес і може сприяти розкриттю механізмів його біологічної дії.

Незважаючи на перспективність використання Германію, необхідно враховувати залежність його ефектів від хімічної форми, концентрації, тривалості застосування та особливостей організму-реципієнта. Високі дози окремих сполук можуть проявляти небажані ефекти, тоді як фізіологічно

обґрунтовані концентрації здатні забезпечувати позитивний вплив на обмін речовин і функціональний стан організму. Саме тому розроблення безпечних та ефективних схем застосування Германію потребує проведення комплексних фізіологічних, біохімічних і токсикологічних досліджень.

Отже, Германій є перспективним об'єктом досліджень у галузі біології та ветеринарної медицини. Його потенційна здатність впливати на антиоксидантний захист, імунну реактивність, метаболічні процеси та мікробіоту організму відкриває нові можливості для використання цього елемента у складі кормових добавок для медоносних бджіл. Подальше вивчення механізмів дії Германію дозволить оцінити доцільність його практичного застосування для підвищення життєздатності, резистентності та продуктивності бджолиних сімей.

1.2 Роль Ge у природному середовищі та фізіологічних процесах організму бджіл

Германій (Ge) належить до рідкісних розсіяних елементів земної кори. У природному середовищі він трапляється у складі мінералів, ґрунтів, рослинної сировини, води та деяких біологічних об'єктів. За хімічними властивостями Германій близький до Силіцію, проте його біологічна дія має низку специфічних особливостей. У науковій літературі Германій розглядають як елемент, що може впливати на окисно-відновні процеси, клітинне дихання, імунну реактивність, антиоксидантний захист і детоксикаційні механізми організму.

Біологічна активність Германію залежить від форми сполуки. Неорганічні сполуки можуть мати обмежене застосування через потенційну токсичність і низьку біосумісність. Натомість органічні сполуки, зокрема карбоксиетилгермсесквіоксан, відомий як Ge-132, у багатьох дослідженнях характеризують як речовини з імуномодулювальними, антиоксидантними, протизапальними та адаптогенними властивостями. Водночас пряма екстраполяція результатів, отриманих на ссавцях, на медоносних бджіл є

обмеженою, оскільки комахи мають іншу організацію імунної системи, інші шляхи детоксикації, особливості травлення і колективний тип життєдіяльності [1].

У природних умовах надходження Германію до організму бджіл може відбуватися через пилок, нектар, воду і частинки ґрунтового пилу. Концентрація цього елемента в рослинах залежить від геохімічних особливостей ґрунту, виду рослини, рівня техногенного навантаження та здатності рослин акумулювати мікроелементи. Оскільки бджоли активно контактують із рослинним середовищем, вони можуть бути чутливими індикаторами елементного складу біогеоценозів. Проте Германій не належить до достатньо вивчених мікроелементів у живленні бджіл, що створює наукову нішу для дослідження його фізіологічної ролі [79, 118].

Можливий вплив Ge на організм бджіл доцільно розглядати через кілька взаємопов'язаних механізмів. Перший механізм пов'язаний з антиоксидантним захистом. У бджіл оксидативний стрес виникає за дії пестицидів, інфекційних агентів, паразитів, температурних коливань, дефіциту корму, інтенсивного льотного навантаження та старіння. Надлишкове утворення активних форм Оксигену ушкоджує мембрани, білки, ліпіди і нуклеїнові кислоти. Якщо сполуки Германію здатні посилювати антиоксидантний потенціал, вони можуть опосередковано підтримувати життєздатність бджіл у стресових умовах.

Імунна система комах представлена клітинними реакціями гемоцитів, гуморальними факторами гемолімфи, антимікробними пептидами, фенолоксидазною системою, бар'єрними властивостями епітелію та жирового тіла. Для бджолиної сім'ї важливим є не лише індивідуальний імунітет, але й соціальний імунітет - гігієнічна поведінка, видалення хворого розплоду, використання прополісу, регуляція мікроклімату і колективна організація захисту. Сполуки Германію потенційно можуть впливати на окремі ланки імунної реактивності, однак це потребує експериментальної перевірки за показниками гемолімфи, активності ферментів, експресії імунних генів і стану мікробіоти [121, 122, 130, 135].

Медоносні бджоли контактують із ксенобіотиками, зокрема інсектицидами, фунгіцидами, гербіцидами та важкими металами. Детоксикаційні процеси здійснюються за участю ферментів цитохром-Р450-залежної монооксигеназної системи, глутатіон-S-трансфераз, карбоксилестераз та інших ферментів. Якщо Ge впливає на окисно-відновні реакції і стабілізацію клітинного метаболізму, його застосування може мати значення для підвищення стійкості бджіл до токсичного навантаження. Однак надлишок або неправильно підібрана форма сполуки може, навпаки, викликати метаболічний дисбаланс.

Потрапляючи до організму з кормом, сполуки Германію насамперед контактують з епітелієм середньої кишки і мікробіотою. Тому їхній ефект може реалізовуватися через зміну ферментативної активності, стану перитрофічної мембрани, проникності кишкового бар'єра, складу мікроорганізмів і метаболітів. Для бджіл це особливо важливо, оскільки травний тракт є не тільки місцем перетравлення, але й ключовим бар'єром проти патогенів і токсикантів [137,].

Нанотехнологічні форми Германію становлять окремий напрям досліджень. Вони можуть мати іншу біологічну доступність порівняно з традиційними сполуками, швидше взаємодіяти з клітинами і проявляти активність у низьких дозах. Водночас саме наноформи потребують ретельної токсикологічної оцінки, адже їхня дія може залежати від фізико-хімічних параметрів частинок. Для медоносних бджіл важливо встановити не лише оптимальну дозу, але й тривалість згодовування, форму введення, вплив на продукти бджільництва, стан матки, розвиток розплоду і зимостійкість сімей.

У контексті фізіології бджіл Германій можна розглядати не як класичний есенціальний елемент, а як потенційний біологічно активний компонент кормової добавки. Його значення полягає у можливості м'якої корекції адаптаційних реакцій організму за умов стресу, дефіциту живлення або підвищеного токсичного навантаження. Однак відсутність достатньої кількості прямих досліджень на *Apis mellifera* обмежує можливість однозначних висновків. Це підкреслює актуальність експериментального вивчення дії сполук Ge на

фізіологічні, біохімічні, мікробіологічні та продуктивні показники бджолиних сімей.

Отже, Германій є перспективним об'єктом для дослідження у ветеринарній фізіології бджіл. Його потенційна дія може охоплювати антиоксидантний захист, імунну реактивність, детоксикаційні процеси, функціонування травної системи та резистентність бджолиних сімей. Водночас застосування цитрату Ge може охоплювати підтвердження ефективності і безпеки конкретної форми сполуки.

1.3 Функціональні особливості травної системи бджіл та склад мікробіоти

Травна система медоносної бджоли забезпечує надходження, перетравлення, всмоктування і метаболічну трансформацію поживних речовин, а також виконує бар'єрну та імунну функції. Вона складається з передньої, середньої та задньої кишки. Передній відділ включає глотку, стравохід і медовий зобик, який має особливе значення для збирання і транспортування нектару. Середня кишка є основним місцем ферментативного травлення та всмоктування поживних речовин. Задній відділ бере участь у водно-сольовому обміні, формуванні екскрементів і взаємодії з характерною кишковою мікробіотою [213, 216].

Медовий зобик виконує транспортну функцію, але не є простим резервуаром. У ньому нектар контактує з ферментами, які виділяються слинними та глотковими залозами, зокрема інвертазою, що бере участь у розщепленні сахарози на глюкозу і фруктозу. Цей процес має значення для формування меду. Після повернення до вулика бджола передає нектар іншим особинам, і внаслідок багаторазової трофалаксії, ферментативної обробки та випаровування води формується кормовий запас сім'ї. Таким чином, травні процеси окремої особини безпосередньо пов'язані з кормовим забезпеченням усієї сім'ї [217].

Середня кишка є головною ділянкою перетравлення білків, ліпідів і вуглеводів. Тут діють протеази, ліпази, амілази та інші ферменти. Епітелій середньої кишки має високу метаболічну активність і є чутливим до токсикантів, патогенів і змін корму. Перитрофічна мембрана захищає епітелій від механічного ушкодження і частково обмежує контакт із мікроорганізмами та токсичними речовинами. Порушення структури середньої кишки може супроводжуватися зниженням засвоєння поживних речовин, розвитком дисбіозу, послабленням імунної відповіді і скороченням тривалості життя бджіл [218, 223].

Задня кишка має особливе значення у період зимівлі. У товстій кишці накопичуються неперетравлені рештки корму, які бджоли не виділяють у вулику за нормальних умов. Надмірне накопичення екскрементів, неякісний корм, падевий мед або порушення мікроклімату можуть спричинити неспокій бджіл, пронос і ослаблення сімей. У цей період стан травної системи тісно пов'язаний із зимостійкістю, збереженістю робочих особин і здатністю сім'ї до ранньовесняного розвитку.

Кишкова мікробіота медоносних бджіл є відносно специфічною і менш різноманітною, ніж у багатьох хребетних тварин, але має високу функціональну значущість. Основу мікробіому дорослих робочих бджіл становлять представники родів і груп *Snodgrassella*, *Gilliamella*, *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Vombilactobacillus*, *Bartonella*, *Frischella* та інші бактерії. Їхній склад залежить від віку бджіл, сезону, кормової бази, контакту з іншими особинами, стану сім'ї, застосування ветеринарних препаратів і впливу довкілля [225, 227, 232].

Формування мікробіоти відбувається після виходу молодої бджоли з комірки. Новонароджені особини мають незначну кількість мікроорганізмів, а повноцінний мікробіоценоз формується внаслідок контакту з дорослими бджолами, кормом, стільниками та середовищем вулика. Трофалаксія, спільне живлення, догляд за розплодом і контакт із восковими стільниками забезпечують горизонтальну передачу симбіонтів [236, 241]. Тому порушення структури сім'ї,

ізоляція молодих бджіл або застосування антибіотиків можуть негативно впливати на становлення нормальної мікробіоти.

Функції кишкової мікробіоти багатовекторні. По-перше, бактерії беруть участь у розщепленні складних вуглеводів пилку і перги, які не повністю перетравлюються ферментами самої бджоли. По-друге, вони продукують органічні кислоти та інші метаболіти, що можуть впливати на рН кишкового середовища і пригнічувати розвиток патогенів. По-третє, симбіонти беруть участь у детоксикації окремих ксенобіотиків, зокрема компонентів пестицидів і вторинних метаболітів рослин. По-четверте, мікробіота впливає на імунну систему, підтримуючи базальний рівень імунної готовності без надмірного навантаження [221, 229, 220].

Порушення складу мікробіоти, або дисбіоз, може виникати за дії антибіотиків, пестицидів, нестачі білкового корму, монофлорного пилку низької якості, інвазії *Varroa destructor*, вірусних інфекцій, *Nosema spp.*, температурного стресу та інших факторів. Дисбіоз супроводжується зниженням бар'єрної функції кишківника, підвищеною чутливістю до патогенів, змінами метаболізму і зменшенням тривалості життя. Для бджолиної сім'ї це може проявлятися ослабленням, зменшенням кількості розплоду, погіршенням зимівлі і зниженням продуктивності [207, 214].

Особливо важливим є зв'язок мікробіоти з мінеральним живленням. Мікроорганізми можуть впливати на біодоступність мінеральних елементів, змінювати їхню розчинність, зв'язувати або вивільняти іони, а також брати участь у метаболізмі сполук, що надходять із кормом. З іншого боку, мінеральні добавки, особливо у наноформі, можуть змінювати склад і активність мікробіоти. Дослідження дії сполук Германію на бджіл доцільно поєднувати з аналізом кишкового мікробіоценозу, оскільки саме кишківник є першою ланкою контакту кормової добавки з організмом.

Травна система і мікробіота бджіл утворюють єдину функціональну систему, яка забезпечує перетравлення корму, захист від патогенів, підтримання імунної рівноваги і адаптацію до змін довкілля. Будь-які кормові добавки,

включаючи мінеральні та пробіотичні препарати, необхідно оцінювати з урахуванням їхнього впливу на кишковий бар'єр і мікробіоценоз [205].

Останніми роками дедалі більше уваги приділяється концепції осі «кишківник – імунітет – метаболізм», яка активно вивчається не лише у хребетних тварин, але й у комах. Згідно з сучасними уявленнями, стан кишкової мікробіоти може впливати на інтенсивність обміну речовин, рівень оксидативного стресу, активність детоксикаційних систем і здатність організму протистояти інфекційним агентам. У медоносних бджіл ця взаємодія має особливе значення, оскільки порушення функціонування окремих особин здатне відобразитися на стані всієї сім'ї. Саме тому дослідження травної системи та мікробіоти сьогодні розглядають як один із пріоритетних напрямів сучасної фізіології бджіл [196, 197, 202].

Важливою особливістю кишкового мікробіому є його динамічність. Склад мікробіоти змінюється залежно від сезону, віку бджіл та виконуваних ними функцій у сім'ї. Молоді бджоли-годувальниці, льотні бджоли та зимуючі особини можуть відрізнятися за чисельністю окремих груп мікроорганізмів і спектром метаболічних процесів, які вони забезпечують. Крім того, сезонні зміни кормової бази впливають на видовий склад симбіотичних бактерій та їхню функціональну активність. Це свідчить про високу адаптивність мікробіоти та її важливу роль у пристосуванні бджолиної сім'ї до мінливих умов середовища [183, 186, 191, 193].

Формування мікробіоти розпочинається вже в перші дні життя молоді бджоли. Після виходу з комірки особини поступово заселяються мікроорганізмами під час контакту з кормом, восковими стільниками та іншими членами сім'ї. Соціальний спосіб життя медоносних бджіл сприяє передачі корисної мікрофлори між поколіннями та підтриманню відносно стабільного мікробного співтовариства. Незважаючи на вплив зовнішніх факторів, основне ядро кишкової мікробіоти дорослих бджіл залишається достатньо консервативним і представлено обмеженою кількістю домінуючих бактеріальних таксонів [172, 180].

До найбільш характерних представників нормальної мікробіоти медоносних бджіл належать бактерії родів *Gilliamella*, *Snodgrassella*, *Lactobacillus*, *Vifidobacterium* та деякі інші мікроорганізми. Вони беруть участь у розщепленні складних компонентів корму, ферментації вуглеводів, утворенні коротколанцюгових органічних кислот, синтезі окремих біологічно активних сполук і підтриманні бар'єрної функції кишечника. Завдяки цьому мікробіота сприяє ефективнішому використанню поживних речовин та забезпечує стабільність метаболічних процесів [154, 158, 163].

Важливою функцією кишкових мікроорганізмів є захист організму бджоли від патогенних агентів. Симбіотична мікрофлора конкурує з потенційно небезпечними мікроорганізмами за поживні речовини та місця прикріплення до епітелію кишечника, а також здатна продукувати речовини з антимікробною активністю. Крім того, мікробіота бере участь у регуляції імунних реакцій, стимулюючи синтез антимікробних пептидів та підтримуючи функціональний стан місцевих захисних механізмів. Таким чином, нормальний мікробіоценоз є одним із факторів природної резистентності бджіл [149, 151, 156].

Порушення складу кишкової мікробіоти може виникати під впливом різноманітних екзогенних та ендогенних чинників. До них належать неповноцінне живлення, одноманітна кормова база, застосування антибактеріальних препаратів, дія пестицидів, важких металів, інвазійні захворювання, температурний стрес та інші несприятливі фактори. Наслідком таких змін може бути розвиток дисбіотичних процесів, що супроводжуються погіршенням травлення, зниженням ефективності засвоєння корму, послабленням імунного захисту та підвищенням чутливості до інфекцій [165, 167].

Особливої актуальності проблема збереження нормального мікробіоценозу набуває в умовах сучасного інтенсивного бджільництва. Значні площі монокультур, використання засобів захисту рослин, транспортування пасік та інші технологічні фактори створюють додаткове навантаження на організм бджіл. За таких умов природні механізми підтримання мікробної

рівноваги можуть виявитися недостатніми, що обумовлює необхідність пошуку додаткових засобів стабілізації кишкової мікрофлори [170, 174].

Особливий інтерес становить можливість цілеспрямованої модифікації кишкової мікробіоти за допомогою кормових добавок. Сучасні дослідження свідчать, що пробіотики, пребіотики, органічні кислоти, рослинні екстракти та окремі мікроелементи можуть впливати на співвідношення між симбіотичними та умовно-патогенними мікроорганізмами. Такі зміни здатні супроводжуватися покращенням засвоєння поживних речовин, підвищенням резистентності до патогенів і зменшенням негативних наслідків стресових впливів. У зв'язку з цим оцінка впливу нових кормових добавок повинна включати не лише традиційні показники продуктивності, а й аналіз змін кишкового мікробіоценозу [179, 182].

Перспективним напрямом є дослідження комбінованої дії пробіотичних препаратів та біологічно активних сполук мікроелементів, зокрема Германію. Передбачається, що така комбінація може забезпечувати комплексний вплив на організм бджоли через оптимізацію метаболічних процесів, підтримання структурно-функціональної цілісності кишкового бар'єра, регуляцію антиоксидантного захисту та стабілізацію мікробного гомеостазу. Отримання нових даних щодо цих взаємозв'язків має важливе значення для розроблення науково обґрунтованих підходів до підвищення життєздатності, резистентності та продуктивності бджолиних сімей в умовах сучасного бджільництва.

1.4 Резистентність та життєздатність бджолиних сімей за використання пробіотичних добавок

Резистентність бджолиних сімей є комплексною властивістю, що відображає здатність сім'ї протистояти дії несприятливих чинників і зберігати життєдіяльність, розвиток та продуктивність. Вона формується на рівні окремої особини і на рівні всієї сім'ї. Індивідуальна резистентність пов'язана зі станом імунної системи, травного тракту, жирового тіла, гемолімфи, ферментативних систем і нервової регуляції. Колективна резистентність визначається силою сім'ї, кількістю молодих бджіл, якістю матки, кормовими запасами, мікрокліматом гнізда, гігієнічною поведінкою, здатністю до терморегуляції і взаємодією між особинами [82, 91, 96].

Пробіотичні добавки у бджільництві розглядаються як засоби, що можуть підтримувати нормальний кишковий мікробіоценоз, підвищувати стійкість до патогенів, покращувати перетравлення корму і зменшувати негативні наслідки стресу. Найчастіше до складу пробіотичних препаратів входять молочнокислі бактерії, біфідобактерії, *Bacillus spp.*, дріжджові культури або їхні метаболіти. Однак ефективність пробіотиків залежить від видового складу штамів, їхньої життєздатності, здатності виживати у кормовому середовищі, сумісності з природною мікробіотою бджіл, дози, тривалості застосування і сезону [65, 77, 92].

На відміну від ссавців, у бджіл кишкова мікробіота має специфічний склад, тому використання універсальних пробіотиків не завжди є достатньо обґрунтованим. Найперспективнішими вважаються препарати, створені на основі бактерій, асоційованих із самими бджолами, або штамів, які не порушують природний баланс мікробіоти. Важливо, щоб пробіотик не лише тимчасово проходив через кишківник, а й сприяв відновленню функціональної активності корисних симбіонтів, зменшував кількість умовно-патогенних мікроорганізмів і підтримував метаболічну рівновагу. [98, 99, 113]

Позитивний вплив пробіотиків може проявлятися у підвищенні активності ферментів травлення, покращенні засвоєння пилку, стабілізації рН кишкового середовища, синтезі органічних кислот, бактеріоцинів та інших антимікробних сполук. За рахунок цього зменшується конкурентна можливість патогенних мікроорганізмів, а епітелій кишківника краще виконує бар'єрну функцію. Крім того, окремі пробіотичні штами можуть модулювати імунну відповідь, стимулювати продукцію антимікробних пептидів і підвищувати активність клітинних механізмів захисту [116, 124,].

Особливе значення пробіотики можуть мати в періоди підвищеного ризику дисбіозу: після застосування антибіотиків, при весняному розвитку, під час підготовки до зимівлі, за нестачі пилку, після дії пестицидів, у сім'ях, ослаблених *Nosema spp.* або кліщем *Varroa destructor*. У таких умовах підтримання нормального мікробіому може бути одним із чинників відновлення життєздатності бджіл. Проте пробіотики не слід розглядати як універсальний засіб лікування або заміну ветеринарно-санітарним заходам. Вони можуть бути ефективними лише у системі комплексного догляду, що включає належні корми, профілактику хвороб, контроль паразитів і оптимальні умови утримання [133, 176].

Життєздатність бджолиних сімей за використання пробіотичних добавок необхідно оцінювати за комплексом показників. До них належать сила сім'ї, кількість вуличок, площа відкритого і запечатаного розплоду, інтенсивність яйцекладки матки, кількість підмору, тривалість життя робочих бджіл, активність льоту, зимостійкість, санітарний стан гнізда, прояви проносу, інтенсивність ураження *Nosema spp.*, якість кормових запасів і продуктивність. На індивідуальному рівні доцільно визначати показники гемолімфи, активність антиоксидантних ферментів, стан жирового тіла, морфологію кишківника та склад мікробіоти [164].

Резистентність бджіл тісно пов'язана з антиоксидантним статусом. У процесі інтенсивної льотної роботи, терморегуляції, детоксикації і боротьби з інфекціями підвищується утворення активних форм Оксигену. Якщо

антиоксидантна система не забезпечує нейтралізацію вільних радикалів, розвивається оксидативний стрес. Пробиотики можуть впливати на цей процес опосередковано: через поліпшення живлення, зменшення запальної реакції, підтримання кишкового бар'єра і синтез метаболітів з антиоксидантною активністю. Комбінація пробіотиків із мінеральними добавками, зокрема потенційно з наноформами біогенних елементів, може мати синергічний ефект, але потребує обов'язкової експериментальної перевірки.

Не менш важливим є питання сумісності пробіотичних і мінеральних препаратів. Деякі мікроелементи у високих концентраціях можуть пригнічувати ріст бактерій, тоді як у фізіологічних дозах вони можуть підтримувати ферментативну активність і метаболізм мікробних клітин. Наноформи елементів здатні проявляти антимікробну дію, тому при їх поєднанні з пробіотиками необхідно встановити, чи не знижують вони життєздатність корисних штамів. Для теми, пов'язаної з Ge, це має принципове значення, оскільки кінцевий ефект може залежати не тільки від прямої дії Германію на організм бджоли, але й від його впливу на кишковий мікробіоценоз.

Пробиотичні добавки є перспективним напрямом підвищення резистентності і життєздатності бджолиних сімей, але їх застосування має бути науково обґрунтованим. Необхідно враховувати вид і штам мікроорганізмів, дозу, спосіб введення, сезон, силу сім'ї, стан кормової бази і взаємодію з іншими кормовими добавками. Найбільш об'єктивною є оцінка, що поєднує продуктивні, фізіологічні, біохімічні, мікробіологічні та імунологічні показники [1].

Слід також враховувати, що вплив пробіотиків на організм бджіл не обмежується лише травною системою. У результаті нормалізації мікробіоти можуть змінюватися процеси енергетичного обміну, синтезу біологічно активних речовин, детоксикації та регуляції фізіологічних функцій. Завдяки цьому пробіотичні культури здатні опосередковано впливати на поведінкові реакції бджіл, інтенсивність льотної діяльності, здатність до орієнтації в просторі та ефективність використання кормових ресурсів. Для соціальних комах навіть

незначні зміни фізіологічного стану окремих особин можуть відобразитися на функціонуванні всієї колонії [29, 30, 50].

Особливого значення набуває застосування пробіотичних препаратів в умовах сучасного антропогенного навантаження. Урбанізація, скорочення площ природних медоносів, використання засобів захисту рослин і вплив промислових забруднювачів створюють додаткові виклики для бджолиних сімей. За таких умов природні механізми адаптації можуть бути недостатніми для підтримання стабільного функціонального стану організму. Тому використання кормових добавок, здатних підтримувати фізіологічний гомеостаз і мікробіологічну рівновагу, розглядається як один із перспективних напрямів профілактики ослаблення бджолиних сімей.

Водночас необхідно враховувати, що реакція бджолиних сімей на пробіотичні препарати може суттєво відрізнятись залежно від породи бджіл, природно-кліматичних умов, сили сім'ї, наявності кормових ресурсів та епізоотичного благополуччя пасіки. Результати, отримані в одних умовах, не завжди можуть бути безпосередньо перенесені на інші виробничі системи. Саме тому важливим завданням сучасних досліджень є визначення оптимальних схем використання пробіотиків з урахуванням біологічних особливостей бджіл та конкретних технологічних умов ведення пасічного господарства.

Перспективним напрямом є також пошук комбінованих кормових добавок, які поєднують пробіотичні культури з мікроелементами, антиоксидантами, пребіотиками та іншими біологічно активними речовинами. Передбачається, що такі комплекси можуть забезпечувати більш виражений фізіологічний ефект порівняно із застосуванням окремих компонентів. Зокрема, поєднання пробіотиків зі сполуками Германію може створювати передумови для одночасної оптимізації мікробіологічних, метаболічних та антиоксидантних процесів в організмі бджіл. Однак характер таких взаємодій залишається недостатньо вивченим і потребує проведення комплексних експериментальних досліджень.

Таким чином, підвищення резистентності та життєздатності бджолиних сімей є багатофакторним завданням, вирішення якого потребує поєднання

сучасних знань з фізіології, мікробіології, біохімії та ветеринарної медицини. Використання пробіотичних препаратів і біологічно активних сполук мікроелементів розглядається як один із перспективних інструментів підтримання здоров'я бджіл. Проте їх ефективність повинна підтверджуватися результатами комплексних досліджень, які враховують не лише продуктивні показники, а й зміни метаболічного статусу, мікробіоценозу, імунної реактивності та адаптаційних можливостей бджолиних сімей.

1.5 Обґрунтування вибору теми дисертаційної роботи

Аналіз літературних джерел свідчить, що проблема підтримання життєздатності медоносних бджіл в умовах сучасного аграрного виробництва є актуальною для ветеринарної науки, бджільництва та екологічної безпеки.

На бджолині сім'ї одночасно впливають дефіцит повноцінного пилку, зменшення біорізноманіття медоносних рослин, пестицидне навантаження, інфекційні та інвазійні хвороби, кліматичні коливання, порушення мікробіоти і технологічні стреси. За таких умов особливого значення набуває пошук безпечних кормових компонентів, які здатні підтримувати фізіологічний стан бджіл і підвищувати адаптаційні можливості сімей.

Мінеральне живлення є одним із ключових чинників нормального функціонування організму бджіл. Біогенні елементи беруть участь у ферментативних реакціях, антиоксидантному захисті, енергетичному обміні, роботі нервово-м'язової системи, формуванні імунної відповіді та детоксикації. Проте традиційні форми мінеральних добавок не завжди забезпечують належну біодоступність і можуть мати небажану токсичну дію. Тому нанотехнологічні та органічні форми біогенних елементів становлять науковий інтерес як потенційно ефективніші і фізіологічно прийнятні засоби корекції обміну речовин.

Германій є перспективним елементом для вивчення у цьому напрямі. У літературі описано його можливі антиоксидантні, імуномодулювальні, адаптогенні та детоксикаційні властивості. Однак для медоносних бджіл роль Ge

залишається недостатньо з'ясованою. Невирішеними залишаються питання оптимальної форми введення, фізіологічно активної дози, тривалості застосування, впливу на травну систему, мікробіоту, резистентність, розвиток розплоду, зимостійкість і продуктивність бджолиних сімей. Саме недостатність таких даних і визначає наукову новизну обраного напрямку.

Особливо важливим є те, що дія будь-якої кормової добавки у бджільництві не може оцінюватися лише за зміною одного показника. Бджолина сім'я є складною суперорганізмовою системою, у якій стан окремих особин відображається на функціонуванні всієї колонії. Тому дослідження впливу Ge доцільно проводити комплексно: за показниками росту і розвитку сімей, кількості розплоду, збереженості робочих особин, активності ферментних систем, антиоксидантного статусу, стану травного каналу, складу мікробіоти та продуктивності.

Значущість теми підсилюється зв'язком між мінеральним живленням і кишковою мікробіотою. Сучасні дослідження доводять, що мікробіота бджіл бере участь у травленні, імунному захисті, детоксикації та підтриманні бар'єрної функції кишківника. Водночас мінеральні й нанотехнологічні добавки можуть змінювати мікробний баланс. Отже, вивчення Ge без аналізу травної системи та мікробіоценозу було б неповним. Поєднання цих напрямів дає змогу глибше зрозуміти механізми впливу досліджуваної добавки на організм бджіл.

Практичне значення теми полягає у можливості розроблення науково обґрунтованих підходів до підгодівлі бджолиних сімей у критичні періоди їхнього розвитку. Якщо буде підтверджено позитивну дію сполук Ge у безпечних дозах, це може стати підставою для використання таких добавок з метою підвищення життєздатності, резистентності і продуктивності сімей. Водночас результати дослідження можуть мати значення для оцінки безпечності нанотехнологічних форм біогенних елементів у бджільництві.

Таким чином, вибір теми дисертаційної роботи є обґрунтованим з огляду на недостатню вивченість фізіологічної ролі Германію в організмі медоносних бджіл, потребу у безпечних засобах корекції мінерального живлення, важливість

підтримання кишкової мікробіоти та резистентності бджолиних сімей. Дослідження цього напрямку має теоретичне значення для ветеринарної фізіології та практичне значення для удосконалення технологій утримання бджіл.

Додатково слід підкреслити, що сучасний стан бджільництва характеризується зростанням ролі превентивних підходів у підтриманні здоров'я бджолиних сімей. Замість виключно лікувальних заходів все більшого значення набуває профілактична корекція фізіологічного стану організму, спрямована на підвищення його стійкості до дії стресових чинників. У цьому контексті кормові добавки, що поєднують мінеральні, пробіотичні та антиоксидантні властивості, розглядаються як перспективний інструмент стабілізації функціонального стану бджіл.

Водночас впровадження нових біологічно активних речовин у практику бджільництва потребує науково обґрунтованого підходу, що базується на експериментальному підтвердженні їх ефективності та безпечності. Особливо це стосується нанотехнологічних форм сполук, біологічна дія яких може суттєво відрізнятися від традиційних мінеральних препаратів. Відсутність стандартизованих схем застосування та недостатність даних щодо довготривалих ефектів зумовлюють необхідність проведення комплексних досліджень із використанням фізіологічних, біохімічних та мікробіологічних методів оцінки.

Окремої уваги потребує питання інтеграції результатів різних наукових підходів для формування цілісного уявлення про механізми дії біологічно активних речовин на організм бджоли. Лише поєднання даних про стан кишкового мікробіоценозу, активність антиоксидантної системи, показники імунної реактивності та продуктивність сімей дозволяє об'єктивно оцінити ефективність досліджуваних препаратів.

Такий системний підхід є особливо важливим у випадку складних багатофакторних впливів, характерних для умов сучасного агроекологічного середовища.

Узагальнюючи наведене, можна стверджувати, що подальше вивчення впливу сполук Германію та пробіотичних препаратів на організм медоносних

бджіл є актуальним і перспективним напрямом досліджень. Отримані результати здатні розширити уявлення про механізми регуляції фізіологічних процесів у бджолиних сім'ях та створити підґрунтя для розроблення нових технологій підгодівлі, спрямованих на підвищення їх життєздатності та продуктивності в умовах сучасного бджільництва.

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Загальна схема і вибір напрямку досліджень

Дослідження виконані в 2022–2026 рр. на кафедрі нормальної та патологічної фізіології імені Степана Стояовського, реалізована в рамках програми підготовки доктора філософії.

Під час виконання дисертаційної роботи проведено дві серії дослідження (5 дослідів) за схемою, наведеною у табл. 2.1.

Метою I етапу дослідження було дослідити вплив пробіотика *Lactobacillus casei* В-7280 та цитрату германію на життєздатність бджіл за різної тривалості роздільного та комплексного застосування (3 досліді).

Дослід I проведений на медоносних бджолах карпатської породи в відібраних для дослідження із пасіки, благополучної щодо інфекційних та інвазійних хвороб. Дослідження були проведені в умовах лабораторного термостату на п'ятьох групах, по 60-90 бджіл у кожній, аналогів за масою, силою сім'ї, віком матки. Бджоли контрольної групи отримували підгодівлю з 60% цукрового сиропу (ЦС) в кількості 1 см³/групу/добу. Дослідна 1 група бджіл – додатково до 1 см³ цукрового сиропу отримувала розчин пробіотика *Lactobacillus casei* В-7280 у концентрації 10⁶ КУО/см³ щодобово. Дослідна 2 група бджіл (Е 2) – аналогічно отримувала 1 см³ ЦС щодобово і розчин пробіотика *Lactobacillus casei* В-7280 у концентрації 10⁶ КУО/см³ через добу. Дослідна 3 група бджіл – отримувала 1 см³ ЦС щодобово і розчин пробіотика через кожні 3 доби. Дослідна 4 група бджіл – отримувала 1 см³ ЦС щодобово і розчин пробіотика один раз на тиждень.

Бджіл контрольної та дослідних груп утримували в садках-контейнерах об'ємом 4 дм³ в аналогічних умовах лабораторного термостата ТС-80М-3 з

мікрорентильяцією при температурі 30° С, вологості 74–76 % протягом чотирьох тижнів дослідження.

У період досліджень виконували щодобовий контроль кількості живих і мертвих бджіл, їх рухову і кормову активність. Кормову і рухову активність бджіл реєстрували щодобово впродовж усього періоду дослідження. Проводили підрахунок мертвих і живих бджіл. На 30-ту добу було звірено журнальні записи з фактичною кількістю живих і мертвих бджіл і визначено щодобову динаміку збереженості. У підготовчий період, а також на 30 добу дослідного періоду з контрольної та дослідних груп відбирали бджіл для проведення фізіолого-біохімічних досліджень.

Для приготування гомогенату тканин всього організму групу бджіл масою 0,5 г гомогенізували з фізіологічним розчином у співвідношенні 1:10 за допомогою гомогенізатора (Homogenizer Type 302, Poland) на льоду. Проби центрифугували за 3000 g, 5 хвилин. Супернатант використовували для біохімічних досліджень.

Дослід II виконаний в умовах лабораторного термостату на трьох бджолиних сім'ях, аналогах за масою, силою сім'ї, віком матки, з яких відбирали по 50-60 бджіл і формували у три групи. Бджіл контрольної та дослідних груп утримували в садках-контейнерах об'ємом 4 дм³ в аналогічних умовах лабораторного термостата ТС-80М-3 з мікрорентильяцією при температурі 30° С, вологості 74–76 %.

Бджоли контрольної групи отримували підгодівлю з 60 % цукрового сиропу (ЦС) в кількості 1 см³/групу/добу. Дослідна 1 група бджіл – додатково до 1 см³ цукрового сиропу отримувала 0.1 мкг Ge у вигляді нанотехнологічного цитрату (НТЦ) [27] і розчин пробіотика *L. casei* В-7280 у концентрації 10⁶ КУО/см³; дослідна 2 група бджіл – додатково до 1 см³ цукрового сиропу отримувала 0,2 мкг Ge у вигляді цитрату та пробіотик *L. casei* В-7280 у концентрації 10⁶ КУО/см³.

Тривалість випоювання ЦС, цитрату Ge та пробіотика – 30 діб. У період досліджень виконували щодобовий контроль кількості живих і мертвих бджіл, їх

рухову і кормову активність. Кормову і рухову активність бджіл реєстрували щодобово впродовж усього періоду дослідження. Проводили підрахунок мертвих і живих бджіл. На 30-ту добу було звірено журнальні записи з фактичною кількістю живих і мертвих бджіл, визначено добову динаміку збереженості та коефіцієнт середньої тривалості життя [36]. У підготовчий період, а також на 30 добу дослідного періоду з контрольної та дослідних груп відбирали живих бджіл для проведення фізіолого-біохімічних досліджень з визначенням вмісту ліпідного та фосfolіпідного складу тканин організму, загальний протеїн, глікоген, активність каталази, ГПЛ, ТБК-активних продуктів, спектру мікробіоми, відносний вміст фракцій розчинних білків у гемолімфі бджіл [5].

Для приготування гомогенату тканин всього організму групу бджіл масою 0,5 г гомогенізували з фізіологічним розчином у співвідношенні 1:10 за допомогою гомогенізатора (Homogenizer Type 302, Poland) на льоду. Проби центрифугували за 3000 g, 5 хвилин. Супернатант використовували для біохімічних досліджень.

Для відбору гемолімфи, медоносних бджіл поступово охолоджували у холодильній камері при температурі до -1 оС. З кожної групи відібрали 10 бджіл, механічно зафіксували у чашці Петрі. Відбирали гемолімфу використовуючи інсулінові шприці, проколюючи тіло бджоли між третім та четвертим тергітом з дорсальної поверхні. Відібрану гемолімфу розводили електродним буфером (рН 8,3) у співвідношенні 1:3. Визначення вмісту окремих фракцій розчинних білків гемолімфи проводили методом вертикального електрофорезу в 7,5 % поліакриамідному гелі. Відносний вміст білкових фракцій визначали за допомогою програми TotalLab TL120 (Nonlinear Dynamics Limited, Великобританія) і виражали у відсотках від загального пулу.

СХЕМА ДОСЛІДЖЕННЯ

Групи медоносних бджіл	Періоди дослідження	Тривалість досліду, діб
І ЕТАП		
ДОСЛІД І		
Контрольна	1 мл (50%) цукровий сироп (ЦС) + 1 мл H ₂ O/ щодобово	28
Дослідна I	1 мл (50%) ЦС + 1 мл L. casei B-7280 10 ⁶ КУО/мл/щодобово	28
Дослідна II	1 мл (50%) ЦС + 1 мл L. casei B-7280 10 ⁶ КУО/мл/через 1 добу	28
Дослідна III	1 мл (50%) ЦС + 1 мл L. casei B-7280 10 ⁶ КУО/мл/через 3 доби	28
Дослідна IV	1 мл (50%) ЦС + 1 мл L. casei B-7280 10 ⁶ КУО/мл/через 7 діб	28
ДОСЛІД II		
I Контрольна	1 мл (50%) цукровий сироп (ЦС) + 1 мл H ₂ O/ щодобово	30
II Дослідна	1 мл (50%) ЦС + 1 мл Ge цитрату (0,1 мкг Ge/л) + 1 мл L. casei B-7280 10 ⁶ КУО/мл/щодобово	30
III Дослідна	1 мл (50%) ЦС + 1 мл Ge цитрату (0,2 мкг Ge/л) + 1 мл L. casei B-7280 10 ⁶ КУО/мл/щодобово	30
ДОСЛІД III		
I Контрольна	1 мл (50%) цукровий сироп (ЦС) + 1 мл H ₂ O/ щодобово	30
II Дослідна	1 мл (50%) ЦС + 1 мл Ge цитрату (0,01 мкг Ge/л) через 3 доби	30
III Дослідна	1 мл (50%) ЦС + 1 мл L. casei B-7280 10 ⁶ КУО/мл/через 3 доби	30
IV Дослідна	1 мл (50%) ЦС + 1 мл Ge цитрату (0,1 мкг Ge/л) + 1 мл L. casei B-7280 10 ⁶ КУО/мл/через 3 доби	30
II ЕТАП		
ДОСЛІД IV (ЛІТНЬО-ОСІННЬО-ВЕСНЯНИЙ ПЕРІОД)		
I Контрольна	ЦС – 2000 мл/тиждень/бджолосім'ю	30
II Дослідна	ЦС + цитрат Ge (0,1 мкгGe/л) /тиждень/бджолосім'ю	30
ДОСЛІД V (ВЕСНЯНИЙ ПЕРІОД)		
I Контрольна	ЦС – 2000 мл/тиждень/бджолосім'ю	30
II Дослідна	ЦС + цитрат Ge (0,1 мкгGe/л) /2000 мл + 1 мл L. casei B-7280 10 ⁶ КУО/тиждень/бджолосім'ю	30

Дослід III проведений в умовах лабораторного термостату на трьох групах, по 60-90 бджіл у кожній, аналогів за масою, силою сім'ї, віком матки. Бджоли контрольної (К) групи отримували підгодівлю з 60% цукрового сиропу в кількості 1 мл/групу/добу. Дослідна 1 група бджіл (Д 1) – додатково до 1 мл цукрового сиропу отримувала 0,1 мкг Ge у вигляді цитрату через кожні три доби. Дослідна 2 група бджіл (Д 2) – додатково до 1 мл цукрового сиропу отримувала розчин пробіотика *Lactobacillus casei* B-7280 у концентрації 10⁶ КУО/мл через кожні три доби. Дослідна 3 група бджіл (Д 3) – додатково до 1 мл цукрового

сиропу отримувала 0,1 мкг Ge у вигляді цитрату і р-н пробіотика *Lactobacillus casei* B-7280 у концентрації 10^6 КУО/мл через кожні три доби.

Бджоли контрольної та дослідних груп утримувалися в аналогічних умовах лабораторного термостату з мікрорегуляцією при температурі 30,0 °С. Тривалість випоювання сиропу та пробіотика 30 діб. У період досліджень виконували щодобовий контроль кількості живих і мертвих бджіл, їх рухову і кормову активність. Кормову і рухову активність бджіл реєстрували щодобово впродовж усього періоду дослідження. Проводили підрахунок мертвих і живих бджіл. На 30-ту добу було звірено журнальні записи з фактичною кількістю живих і мертвих бджіл, визначено щодобову динаміку збереженості та коефіцієнт середньої тривалості життя [36]. Для визначення якісного та кількісного спектру кишкової мікробіоти бджіл проводили забір середнього та заднього кишківника (окремо) від бджіл кожної дослідної групи. Після культивування в термостатах при 37 °С протягом 24 год підраховували кількість колоній на чашці Петрі.

Метою II етапу дослідження було комплексне вивчення впливу нанотехнологічного цитрату германію та пробіотика *Lactobacillus casei* B-7280 на фізіологічний стан, репродуктивну здатність бджолиних маток, розвиток і силу сімей та якісні показники поліфлорного меду

Дослід IV проведений на медоносних бджолах карпатської породи в умовах приватного пасічничому господарстві Мукачівського району Закарпатської області, що сформовані для досліду у літньо-осінньо-весняний період. Дослідження були проведені на двох групах бджолосімей, аналогів за масою бджіл, силою сім'ї, віком матки, по три сім'ї у кожній групі.

Бджоли першої (контрольної) групи отримували у період підгодівлю з 60% цукрового сиропу в кількості 2 л /сім'ю/ тиждень. Друга група бджіл (Д1) – додатково з 2 л цукрового сиропу отримувала 0,1 мкг/мл Ge у вигляді нанотехнологічного цитрату. Тривалість випоювання цукрового сиропу та

нанотехнологічного цитрату Ge становила 30 діб у літньо-осінньому періоді (серпень-вересень).

Крім того, впродовж зимівлі та ранньовесняного періоду контролювали стан бджолосімей контрольної і дослідних груп, їх силу за кількістю бджіл, масу «підмору». Для визначення стану сімей після зимівлі було оцінено зимостійкість порівнюючи дані головних весняних ревізій (лютий-березень-квітень). При цьому враховували такі показники: кількість загинувих сімей; масу «підмору» та кількість витраченого корму під час зимівлі з розрахунку на 1 бджолину сім'ю (кг); силу сім'ї після зимівлі за кількістю вуличок; кількість печатного розплоду на день весняної ревізії. Оцінку збереженості бджолиних сімей після зимівлі здійснювали на основі їхньої наявності та сили на період проведення ревізії.

Для визначення інтенсивності розвитку, стану бджолиних сімей, оцінки відтворної здатності маток було проведено підрахунок кількості печатного розплоду у гніздах сімей за допомогою рамки-сітки, середньодобове відкладання яєць маткою. Підрахунок проводили безпосереднім накладанням рамки – сітки на стільники зі зрілим запечатаним розплідом з інтервалом у 12 діб, оскільки бджолиний розплід знаходиться в запечатаному стані впродовж 12 діб. Підраховавши суму запечатаних комірок всіх квадратів за один промір та поділивши цю кількість на 12, отримували показник інтенсивності середньодобової яйцекладки бджолиних маток.

Матеріалом для досліджень слугували бджоли та поліфлорний квітковий мед. Зразки бджіл відбирали з контрольної та дослідних груп від клінічно здорових бджолосімей у дослідний період. З кожної сім'ї відібрано 90–100 робочих медоносних бджіл. Для дослідження продукції бджіл, у червні місяці відбирали поліфлорний мед з вуликів контрольної та дослідної груп бджолиних сімей. Мед для дослідження відбирали в кількості 100–150 г та збудованих по краю рамки стільників (язики) методом безпосереднього вирізування їхніх гніздових надбудов масою 30–40 г з кожного вулика. У лабораторних умовах із зразків цілого організму бджіл готували гомогенати для проведення

дослідження. У зразках меду визначали якісні показники меду, зокрема вміст проліну, діастазну активність, масову частку води та рН.

Дослід V проведений на медоносних бджолах карпатської породи в умовах приватного пасічничому господарстві Мукачівського району Закарпатської області, що сформовані для досліду у весняний період. Дослідження були проведені на двох групах бджолосімей, аналогів за масою бджіл, силою сім'ї, віком матки, по три сім'ї у кожній групі.

Бджоли першої (контрольної) групи отримували у період підгодівлю з 60% цукрового сиропу в кількості 2 л /сім'ю/тиждень. Друга група бджіл (Д1) – додатково з 2 л цукрового сиропу отримувала 0,1 мкг/мл Ge у вигляді нанотехнологічного цитрату та 1 мл L. casei B-7280 10^6 КУО/мл Тривалість випоювання цукрового сиропу та нанотехнологічного цитрату Ge становила 30 діб у весняний періоді (квітень-травень).

Для визначення інтенсивності розвитку, стану бджолиних сімей, оцінки відтворної здатності маток було проведено підрахунок кількості печатного розплоду у гніздах сімей за допомогою рамки-сітки, середньодобове відкладання яєць маткою. Підрахунок проводили аналогічно застосованим методам у досліді IV, додатково здійснювали аналіз якісних показників меду.

Характеристика пробіотичного штаму *Lactobacillus casei* IMB B-7280. Штам *Lactobacillus casei* IMB B-7280 отримано в лабораторних умовах із асоційованої культури ферментованого біологічного матеріалу у відділі проблем інтерферону та імуномодуляторів Інституту мікробіології та вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України під керівництвом академіка М.Я. Співака. *Lactobacillus casei* IMB B-7280 характеризується як непатогенний і нетоксичний, генетично стабільний та однорідний, не зазнавав мутагенних впливів чи трансформацій. Морфологічно має паличкоподібну форму, нерухомий, спор не утворює, грампозитивний, факультативний анаероб, каталазонегативний.

Тинкторіальні, культурально-морфологічні та фізіолого-біохімічні характеристики штаму відповідають опису *Lactobacillus casei* у визначнику Bergey. Ідентифікація за нуклеотидною послідовністю гена 16S рДНК методом секвенування підтвердила його належність до цього виду. Оптимальні умови культивування становлять 38 ± 1 °C протягом 18–24 годин на середовищі MRS або капустиному агарі. Штам зберігає життєздатність у широкому діапазоні рН (1,0–8,5), а також у присутності жовчі, холестерину, шлункового соку, травних ферментів та фенолу. *Lactobacillus casei* здатний зброджувати різноманітні вуглеводи й спирти. Для довготривалого зберігання використовується ліофілізований стан у герметично запаяних скляних ампулах.

За результатами досліджень, виконаних у Інституті мікробіології та вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України, штам *Lactobacillus casei* ІМВ В-7280 рекомендовано як перспективний для створення лікарських засобів із імуномодулювальною дією, що можуть застосовуватися у та ветеринарії, а також для розробки дієтичних добавок [45, 155].

Цитрат германію, що використовували у дослідженнях. У проведених експериментальних дослідженнях були використанні органічні сполуки – водний розчин цитрату германію ($1,0 \text{ г Ge/дм}^3$), отриманого від ТОВ «Наноматеріали і нанотехнології», м. Київ.

Цитрати мікроелементів розглядаються як перспективні органічні сполуки для збагачення харчових продуктів і кормів. На відміну від традиційних хімічних методів синтезу метал-органічних комплексів (зокрема на основі лимонної кислоти), сучасні дослідження пропонують використання нанотехнологічних підходів, що забезпечують отримання сполук із високою чистотою та стабільністю [27, 33, 34].

Синтез цитратів за аквананотехнологією відбувається в два етапи. На першому етапі отримують водний колоїдний розчин наночастинок металів диспергуванням високочистих гранул відповідних металів імпульсами електричного струму в деіонізованій воді. На другому етапі отримують власне карбоксилати біогенних металів за реакцією прямої взаємодії високо хімічно

активних наночастинок з лимонною кислотою. Оскільки до числа реагентів не входять жодні інші речовини, а наночастинки повністю беруть участь у хімічній реакції синтезу солі лимонної кислоти, в результаті утворюється продукт високої хімічної чистоти і, що особливо важливо, ця сполука не містить вільних наночастинок. Збагачення ж харчових продуктів сполуками мікроелементів – карбоксилатами лимонної кислоти, а не вільних наночастинок металів, знімає одну з важливих проблем ризику використання в продуктах харчування високо реакційно здатних і мало контрольованих наночастинок, властивості яких постійно міняються з часом і зміною середовища.

Дослідження проводили відповідно до «Загальних етичних принципів експериментів на тваринах» (VII Національний конгрес з біоетики, Київ, 2019) та Європейської конвенції про захист тварин, що використовуються для експериментальних та інших наукових цілей (Страсбург, 1986 р.).

2.2. Основні методи досліджень

Визначення вмісту загального білка та окремих фракцій у гемолімфі [5]. Концентрацію загального білка в гемолімфі та екстракті тканин організму визначали за методом Лоурі, за допомогою набору фірми “LACHEMA” (Чехія). Метод базується на утворенні кольорових продуктів, утворених у результаті реакції ароматичних амінокислот з реактивом Фоліна-Чокальтеу, в поєднанні з біуретовою реакцією на пептидні зв'язки. До 0,4 мл розчину, який містив білок додавали 2 мл робочого розчину, до складу якого входили 10 %-ний Na_2CO_3 в 0,5 М NaOH і 0,5 %-ний розчин $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, перемішували і через 10 хв. додавали 0,2 мл реактиву Фоліна-Чокальтеу. Вміст пробірок знову перемішували і через 30 хв. колориметрували при довжині хвилі 750 нм. Концентрацію білка в зразках, що досліджувались визначали за калібрувальним графіком.

Визначення вмісту окремих фракцій розчинних білків гемолімфи проводили методом вертикального електрофорезу в 7,5 % поліакриамідному гелі (ПААГ) [5]. Відібрану гемолімфу розводили електродним буфером (рН 8,3) у

співвідношенні 1:3. 0,1 мл зразка змішували з аналогічним об'ємом 40 % сахарози, в лунки концентруючого гелю вносили 0,02 мл (\square 150 - 200 мкг протеїну). Завершення електрофорезу контролювали за рухом маркерного барвника (0,01 %-ний розчин бромфенолового синього) в ПААГ, який додавали в електродний буфер перед розбавленням зразків. Після електрофорезу гелі фарбували 0,25 % водним розчином кумасі R-250. Відносний вміст білкових фракцій визначали за допомогою програми TotalLab TL120 (Nonlinear Dynamics Limited, Великобританія) і виражали у відсотках від загального пулу.

Визначення активності каталази [5] Принцип методу визначення активності каталази базується на здатності H_2O_2 утворювати з солями молібдену стійкий забарвлений комплекс. Інтенсивність забарвлення пероксидних сполук молібдену залежить від кількості H_2O_2 в розчині, тобто від активності каталази в пробі. Каталазну реакцію запускали додаванням до 0,1 мл гемолізату еритроцитів або гомогенату тканини (100 мг тканини на 1 мл 0,05 М Тріс-НСІ буферу, рН 7,8), 2 мл 0,03% розчину гідроген пероксиду. Холоста проба 1 мл 4% розчину амоній молібдату на 0,025 н H_2SO_4 та 2 мл H_2O_2 . Реакцію у дослідній пробі зупиняли через 10 хв додаванням 1 мл 0,25 н H_2SO_4 та 1 мл 4% розчину амоній молібдату. У холосту пробу вносили 1 мл 0,25 н H_2SO_4 та 0,1 мл гемолізату/гомогенату. Проби центрифугували 5 хв при 3000 g. Інтенсивність забарвлення визначали спектрофотометрично при $\lambda=410$ нм у кюветі з довжиною оптичного шляху 1 см. Активність каталази розраховували за формулою:

$$A = \frac{\Delta E \times V \times n}{\varepsilon \times t \times 0,1 \times C}, \text{ де}$$

де ΔE – різниця екстинкції холостої та дослідної проб;

V – загальний об'єм реакційної суміші в кюветі, мл;

n – розведення вихідного екстракту;

ε - молярний коефіцієнт екстинкції комплексу H_2O_2 з амоній молібдатовим при $\lambda = 410$ нм, рівний $22200 \text{ M}^{-1} \times \text{см}^{-1}$, в розрахунках використовували величину молярного коефіцієнта екстинкції, виражену як $22,2 \times 10^3 \text{ ммоль}^{-1} \text{ см}^{-1}$;

C – концентрація протеїну, мг/мл;

t – час реакції (10 хв).

Визначення концентрації продуктів переоксидного окиснення ліпідів [5]. Визначення вмісту гідропероксидів ліпідів (ГПЛ) у біологічному матеріалі проводили шляхом осадження білків розчином трихлороцтової кислоти та подальшої екстракції ліпідів етанолом. Дослідження здійснювали при температурі не вище 4 °С. До 0,2 мл плазми крові додавали 2,8 мл етанолу та 0,05 мл 50% розчину у центрифужні пробірки, які закривали та струшували протягом 5–6 хвилин. Для осадження білків проби центрифугували 10 хв при 3500 об/хв. Із супернатанту відбирали 1,5 мл етанольного екстракту ліпідів, доводили об'єм етанолом до 2,7 мл, після чого додавали 0,02 мл концентрованої HCl та 0,03 мл розчину 1% солі Мора у 3% HCl. Суміш струшували, витримували 30 секунд і додавали 0,2 мл 20% розчину тіоціанату амонію.

У результаті взаємодії утворювалося малинове забарвлення, інтенсивність якого вимірювали спектрофотометрично на приладі Unico 1205 (США) при довжині хвилі 480 нм (синій світлофільтр). Вміст гідропероксидів ліпідів визначали як різницю між показниками дослідного зразка та контролю, де замість гомогенату тканини використовували бідистильовану воду. Концентрацію виражали в умовних одиницях (ΔD_{480}) на 1 мл плазми або мг тканини.

Визначення концентрації ТБК-активних продуктів [5]. Принцип методу ґрунтується на кольоровій реакції малонового діальдегіду (МДА) з тіобарбітуровою кислотою (ТБК) у кислому середовищі при високій температурі. У результаті утворювався триметиновий комплекс, що складався з однієї молекули МДА та двох молекул ТБК. Для аналізу до 0,5 мл плазми крові додавали 5 мл фосфорно-вольфрамової кислоти, пробірки закривали, перемішували та витримували 15 хв у холодильнику. Далі проводили центрифугування протягом 15 хв при 3000 об/хв і температурі +4 °С. Надосадову рідину видаляли, а до осаду додавали 2 мл дистильованої води та 1 мл 0,8% розчину ТБК. Суміш перемішували, закривали корками та інкубували на водяній

бані протягом 1 години при 100 °С. Після охолодження у холодній воді проби центрифугували 10 хв при 6000 об/хв.

Вимірювання абсорбції утвореної кольорової реакції проводили спектрофотометрично ($\lambda = 535$ – $\lambda = 580$ нм). Вміст ТБК-активних продуктів розраховували, як нмоль МДА на 1 мл плазми крові (нмоль/мл).

Формула для визначення вмісту ТБК-активних продуктів:

$$C = 0,21 + 26,5 \times \Delta D, \text{ де}$$

C – вміст ТБК-активних продуктів;

ΔE – різниця екстинкцій (E535 – E580) зразка.

Дослідження вмісту загальних ліпідів у тканинах організму бджіл.

Принцип класичного методу екстрагування загальних ліпідів, відомого як метод Фолча [94], ґрунтується на руйнуванні ліпопротеїдних комплексів полярним розчинником (метанолом), що забезпечує їх подальшу екстракцію неполярним розчинником (хлороформом). Такий підхід дозволяє отримати ліпідний екстракт, очищений від сторонніх, не ліпідних компонентів шляхом промивання. Нейтральні ліпіди, зокрема триацилгліцероли, воски та пігменти, ефективно вилучаються з тканин за допомогою органічних розчинників — етилового ефіру, хлороформу чи бензолу, які перешкоджають утворенню асоціацій між молекулами ліпідів, зумовлених їхніми гідрофобними властивостями. Водночас мембранні ліпіди краще екстрагуються більш полярними розчинниками, такими як етанол або метанол, що знижують гідрофобну взаємодію між ліпідними молекулами та послаблюють водневі й електростатичні зв'язки, які утримують мембранні ліпіди у комплексі з білками.

Для екстракції ліпідів використовували суміш органічних розчинників: хлороформ, метанол та їх комбінацію у співвідношенні 2:1, а також 0,74% розчин КСl і промивну суміш (хлороформ:метанол:КСl – 8:4:3). У колби з притертими корками вносили одну частину подрібненої тканини та додавали двадцять частин суміші хлороформ–метанол (2:1). Отриману суспензію ретельно струшували та

залишали на 12 годин при кімнатній температурі для екстракції. Після цього суміш фільтрували через обезжирений фільтр, осад двічі промивали екстрагуючим розчином (по 5 мл), а отримані екстракти об'єднували. Для видалення водорозчинних неліпідних домішок до екстракту додавали 0,74 М розчин KCl у кількості, що становила 1/5 об'єму ліпідного екстракту. Суміш повторно струшували та витримували 12 годин для відстоювання.

Після 12-годинного відстоювання утворювалася двофазна система. Верхній шар, що складався з водно-метанольної фази, відсмоктували за допомогою водоструменевої помпи, оскільки саме в ньому концентрувалися більш полярні сполуки, зокрема білки та вуглеводи. Ліпіди залишалися у нижньому хлороформному шарі, який піддавали подальшому концентруванню на роторному випарювачі. Абсолютний вміст загальних ліпідів у тканині визначали гравіметричним методом після завершення процесу концентрування.

Екстракт ліпідів, який отримали за методом Фолча, висушували шляхом відгонки випарювача, а відтак доводили до постійної маси у вакуум–ексикаторі. Для цього проби поміщали в ексикатор, заповнений як вологовловлювачем концентрованою H_2SO_4 . Через дві години проби зважували на аналітичній вазі і визначали кількість ліпідів за формулою:

$$(A - B) \times 100 / C = \text{мг}\%$$

A – маса бюкса з ліпідами;

B – маса бюкса без ліпідів;

C – маса тканини, мг.

Дослідження вмісту окремих класів ліпідів методом тонкошарової хроматографії. Метод ґрунтується на визначенні відносного вмісту окремих класів ліпідів за допомогою тонкошарової хроматографії із застосуванням силікагелевих пластин Sorbfil (100–150 мм). Як рухому фазу використовували петролейний етер–ацетон 85:15 за об'ємом. Для розділення фосфоліпідів використовували систему розчинників хлороформ–метанол–вода у відношенні 65:5:4 за об'ємом [Kates 1986]. Пластини проявляли у парах кристалічного йоду. Ідентифікували ліпіди за величиною утримування (R_f), яку визначали як

відношення відстані від точки нанесення плями та до верхньої кромки плями після хроматографування до відстані, що пройдено фронтом розчинника від цієї точки нанесення. Кількісний аналіз та підрахунок вмісту окремих класів ліпідів здійснювали комп'ютерною обробкою фореграм з використанням програмного забезпечення TotalLab TL120 («Non-linear Dynamics Limited», Великобританія) і виражали у відсотках від загальної кількості.

Екстракт загальних ліпідів розчиняли у 1 мл хлороформу та наносили капіляром на алюмінієві пластини з шаром силікагелю. Хроматографування проводили у камері, насиченій парами суміші гексану, діетилового ефіру та льодової оцтової кислоти (70:30:1), до моменту, коли фронт рухомої фази досягав 0,5 см від верхнього краю пластини. Після вилучення пластини висушували до зникнення запаху оцтової кислоти, а хроматограму проявляли у парах кристалічного йоду, що взаємодіє з подвійними зв'язками ненасичених жирних кислот, забарвлюючи відповідні ліпіди у жовті або коричневі відтінки.

Визначення вмісту окремих класів фосфоліпідів методом тонкошарової хроматографії. Визначення окремих класів фосфоліпідів у плазмі крові кролів проводили методом висхідної тонкошарової хроматографії на силікагелевих пластинках із застосуванням суміші розчинників, що складаються з хлороформу, метанолу та води у співвідношенні 65:25:4 (об/об/об). Проявлення пластинок проводили шляхом випаровування кристалічного йоду. Сканування проводили за допомогою пристрою Canon LiDE 300. Отримані цифрові фореграми аналізували за допомогою програмного забезпечення: TotalLab TL120 (Nonlinear Dynamics Limited, Newcastle upon Tyne, Great Britain) і проводили кількісне визначення (%) вмісту окремих класів фосфоліпідів від загальної їх фракції.

Визначення глікогену в тканинах організму медоносних бджіл [5, 153]. Спосіб включає кип'ятіння досліджуваного біологічного субстрату в концентрованому розчині гідроксиду натрію в центрифужній пробірці з наступним додаванням спирту, охолодженням, центрифугуванням, відбором надосадової рідини, розчиненням осаду в напівнасиченому розчині

сірчанокислового натрію, а також наступним додатковим охолодженням, центрифугуванням і повторним розчиненням осаду. Після цього в центрифужну пробірку з досліджуванним біологічним субстратом, в контрольну пробірку з водою і в пробірку зі стандартним розчином глюкози одночасне додавання 13 мл сірчаної кислоти і 1 мл 1% розчину конденсату з наступним нагріванням, охолодженням, фотометруванням проти контролю та визначенням глікогену за формулою:

$$Г = E_0 \cdot 100 / E_{ст}; \text{ мг\%},$$

де Г - кількість глікогену, мг%;

E_0 - екстинкція дослідної проби;

$E_{ст}$ - екстинкція стандартного розчину,

В якості біологічного субстрату використовують екстракт з органів і тканин бджіл, а для кип'ятіння - 30% гідроксид натрію, при цьому охолодження здійснюють протягом 15 хвилин, центрифугують при 3 тис. об/хв протягом 15 хвилин, додають в пробірки 2 мл 1% конденсату, в якості якого використовують резорцин, і фотометрують при довжині хвилі $\lambda = 315$ нм.

Мікробіологічні дослідження. Для визначення якісного та кількісного спектру кишкової мікробіоти бджіл проводили забір середнього та заднього кішківника (окремо) від бджіл кожної дослідної групи. Отримані зразки поміщували в мікропробірки типу «Eppendorf», зважували, заливали 1 мл фізіологічного розчину та гомогенізували у стерильних ступках із додаванням стерильного піску. Отриману суспензію розводили до концентрацій 10^{-5} та 10^{-7} за рахунок серії десятикратних розведень стерильним 0,15 М NaCl.

Проводили висів 100 мкл отриманих аліквот у трьох повторностях на чашки Петрі на вісім поживних агаризованих середовищ, а саме:

□ м'ясо-пептонний агар (МПА) – середовище для виділення та культивування аеробних та факультативно анаеробних мікроорганізмів;

□ BAIRD-PARKER-Agar («Merck», Germany) – селективне середовище для виділення стафілококів;

□ KF-Streptococcus agar («Merck», Germany) – селективне середовище для виділення стрептококів;

□ Man-Rogosa-Sharpe agar (MRSA, HiMedia, Індія) – селективне середовище для виділення лактобактерій;

□ Bifidum agar (BA, HiMedia, Індія) – селективне середовище для виділення біфідобактерій;

□ ЕНДО (HiMedia, Індія) – селективне середовище для виділення коліформних бактерій;

□ Сабуро (HiMedia, Індія) – селективне середовище для виділення мікроскопічних грибів;

□ Pseudomonas agar (HiMedia, Індія) – селективне середовище для виділення псевдомонад.

Після культивування в термостатах при 37 °С протягом 24 год підраховували кількість колоній на чашці Петрі, враховуючи, що одна така колонія відповідає одній бактерії. Отримані дані виражали в Lg колонієутворюючих одиниць (КУО) на мг зразка кишкового вмісту, враховуючи вихідну вагу зразка та розведення суспензії.

Дослідження репродуктивної здатності бджолиних маток [28] . Показники інтенсивності яйцекладки бджолиних маток карпатської породи бджіл визначали за допомогою описаного експрес-методу. Експрес-метод базується на використанні рамки-сітки, із стандартним діленням 5×5 см для вимірювання площі запечатаного бджолиного розплоду, яку встановлювали на стандартний стільник рамки Дадана-Блатта, розміром 435×300 мм. Стандартний стільник цієї системи вуликів вміщує 40 квадратів з кожної зі сторін, окремий квадрат якої містить 100 бджолиних комірок. Підрахунок проводили безпосереднім накладанням рамки – сітки на стільники зі зрілим запечатаним розплодом з інтервалом 12 діб, оскільки бджолиний розплід знаходиться в запечатаному стані саме такий строк. Підраховували суму комірок всіх квадратів за один промір та

поділивши цю кількість на 12, отримували показник інтенсивності середньодобової яйцекладки бджолиних маток.

Дослідження якісних і фізико-хімічних показників меду згідно ДСТУ4497:2005 [11, 15].

Дослідження діастазного числа ґрунтується на колориметричному визначенні кількості субстрату, розщепленого в умовах ензимної реакції діастази. Діастазне число є показником активності цього ферменту й виражається в одиницях Готе — тобто як об'єм (мл) 1%-ного розчину крохмалю, що розщеплюється протягом 1 години діастазою, яка міститься в 1 г меду (у перерахунку на сухі речовини) при температурі 40 °С.

Вміст проліну визначали шляхом розчинення меду у воді, проведення реакції проліну з нінгідрином з утворенням забарвленої комплексної сполуки, вимірюванням оптичної щільності проби та розчину порівняння при довжині хвилі $\lambda = 520$ нм. Масову частку проліну обчислювали та виражали в мг/кг.

Визначення масової частки води здійснювали методом, що ґрунтується на залежності показника заломлення світлового променя від вмісту води в меді.

Активну кислотність (рН) меду визначали електрометричним методом. Для цього 20 г меду розчиняли у 36 см³ дистильованої води з використанням гомогенізатора MPW-302 для швидкого розчинення та рівномірного змішування. Вимірювання рН проводили на іонометрі U-130 з точністю до другого знаку після коми.

Тривалість життя бджіл аналізували шляхом визначення коефіцієнту середньої тривалості життя [28]. Розрахунки проводили за формулою:

$$\text{КСТЖ} = (a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_{12}) / N,$$

де КСТЖ – коефіцієнт середньої тривалості життя бджіл;

$a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_{12}$ – кількість живих бджіл на 1, 2, 3, 4 і т. д. доби;

N – кількість бджіл на початок досліджень

2.3 Статистична обробка первинних даних

Отриманий цифровий матеріал опрацьовувала методом варіаційної статистики з використанням t-критерію Стьюдента. Розраховувала середні арифметичні величини (M) та похибки середніх арифметичних величин ($\pm m$). Зміни вважали вірогідними за $P \leq 0,05$. Для розрахунків використала комп'ютерну програму Microsoft Excel.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Збереженість та тривалість життя бджіл за різної тривалості застосування пробіотика *Lactobacillus casei*

Застосування пробіотика *Lactobacillus casei* В-7280 у поєднанні з цукровим сиропом бджолам за різної тривалості застосування дослідним групам зумовлювало вплив на резистентність організму в умовах лабораторного термостату (табл. 3.1). Більш виражена дія відзначена у бджіл Д 1 та Д 3 групи у перші 7 діб згодовування препарату. Зокрема, за підгодівлі пробіотиком *Lactobacillus casei* кількість живих бджіл становила 97,1 (Д 1); 80,5 % (Д 2); 98,7% (Д 3); 71,6% (Д 4) групи проти 71,1 % в контролі. На 14-ту добу кількість живих бджіл в Д 1 групі була 41,5 %, Д 2-22,1 %, Д 3 – 83,3%, Д 4-71,6%, в контрольній групі (63,2 %). На 21-ту добу згодовування препаратів бджолам дослідних груп їх збереженість становила в Д 1 групі – 39,0 %, у Д 2 групі – 15,6 %, Д 3 – 69,2%, Д 4 – 70,3%, а в контрольній – 53,9 %. На 28 добу досліду кількість живих бджіл становила – 31,7 % в Д 1 групі, 15,6 % в Д 2 групі, 28,2 % в Д 3 групі, 66,2 % в Д 4 групі, проти 25,0 % у контрольній. Отже, дослідження життєздатності бджіл за умов підгодівлі цукровим сиропом з додаванням пробіотика *L. casei* В-7280 за різною тривалістю застосування вказує на стимулюючий вплив на їх збереженість за тривалості застосування добавки через 3 доби.

Добова динаміка збереженості та загибелі бджіл за згодовування пробіотика *Lactobacillus casei*

Доба згодовування добавки	Групи бджіл																			
	Контроль – 1 мл ЦС/добу щодобово				Дослідна 1 - 1 мл ЦС+пробіотик /добу щодобово				Дослідна 2 - 1 мл ЦС.+пробіотик /добу через добу				Дослідна 3 - 1 мл ЦС.+пробіотик /добу через 3 доби				Дослідна 4 - 1 мл ЦС.+пробіотик /добу 1 раз в тиждень			
	Живі		Мертві		Живі		Мертві		Живі		Мертві		Живі		Мертві		Живі		Мертві	
	шт	%	шт	%	шт	%	шт	%	шт	%	шт	%	шт	%	шт.	%	шт	%	шт	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	76	100	0	0	82	100	0	0	77	100	0	0	78	100	0	0	74	100	0	100
2	76	100	0	0	82	100	0	0	77	100	0	0	78	100	0	0	74	100	0	100
3	76	100	0	0	82	100	0	0	77	100	0	0	78	100	0	0	74	100	0	100
4	68	89,5	8	10,5	80	97,6	2	2,4	71	92,2	6	7,8	77	98,7	1	1,3	70	90,5	4	9,5
5	55	72,4	21	27,6	77	93,9	5	6,1	68	88,3	9	11,7	77	98,7	1	1,3	56	75,7	18	24,3
6	55	72,4	21	27,6	77	93,9	5	6,1	62	80,5	15	19,5	77	98,7	1	1,3	53	71,6	21	28,4
7	54	71,1	22	28,9	77	97,1	5	6,1	62	80,5	15	19,5	77	98,7	1	1,3	53	71,6	21	28,4
Середнє за 7 діб	65,9	86,7	10,1	13,3	79,6	97,1	2,4	2,9	70,6	91,7	6,4	8,3	77,4	99,2	0,5	0,8	64,9	87,7	9,1	12,3
± до контролю		100		100		+10,4		-10,4		+5		-5		+12,5		-12,5		+1		-1

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
8	54	71,1	22	28,9	77	93,9	5	6,1	62	80,5	15	19,5	73	93,6	5	6,4	53	71,6	21	28,4
9	54	71,1	22	28,9	75	91,5	7	8,5	61	79,2	16	20,8	73	93,6	5	6,4	53	71,6	21	28,4
10	49	64,5	27	35,5	70	85,4	12	14,6	61	79,2	16	20,8	73	93,6	5	6,4	53	71,6	21	28,4
11	49	64,5	27	35,5	42	51,2	40	48,8	61	79,2	16	20,8	72	92,3	6	7,7	53	71,6	21	28,4
12	49	64,5	27	35,5	35	42,7	47	53,7	61	79,2	16	20,8	71	91	7	9	53	71,6	21	28,4
13	48	63,2	28	36,8	34	41,5	48	58,5	18	23,4	59	76,6	71	91	7	9	53	71,6	21	28,4
14	48	63,2	28	36,8	34	41,5	48	58,5	17	22,1	60	77,9	65	83,3	13	16,7	53	71,6	21	28,4
Середнє за 7 діб ± до контролю	50,1	65,9	25,9	34,1	52,4	63,9	29,6	36,1	48,7	63,2	28,3	36,8	71,1	91,2	6,9	8,8	53	71,6	21	28,4
		100		100		-2		+2		-2,7		+2,7		+25,3		-25,3		+5,7		-5,7
15	48	63,2	28	36,8	34	41,5	48	58,5	16	20,8	61	79,2	62	79,5	16	20,5	52	70,3	22	29,7
16	48	63,2	28	36,8	33	40,2	49	59,8	15	19,5	62	80,5	62	79,5	16	20,5	52	70,3	22	29,7
17	45	59,2	31	40,8	33	40,2	49	59,8	15	19,5	62	80,5	62	79,5	16	20,5	52	70,3	22	29,7
18	44	57,9	32	42,1	33	40,2	49	59,8	14	18,2	63	81,8	59	75,6	19	24,4	52	70,3	22	29,7
19	44	57,9	32	42,1	33	40,5	49	59,8	13	16,9	64	83,1	54	69,2	24	30,8	52	70,3	22	29,7
20	42	55,3	34	44,7	32	39	50	61	12	15,6	65	84,4	54	69,2	24	30,8	52	70,3	22	29,7
21	41	53,9	35	46,1	32	39	50	61	12	15,6	65	84,4	54	69,2	24	30,8	52	70,3	22	29,7
Середнє за 7 діб ± до контролю	45	59,2	31	41,4	32,9	40,1	49,1	59,9	13,9	18,1	63,1	81,9	58,1	74,5	19,9	25,5	52	70,3	22	29,7
		100		100		-19,1		+28,5		-41,1		+50,5		+15,3		-5,9		+11,1		-1,7

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
22	32	42,1	44	57,9	32	39	50	61	12	15,6	65	84,4	52	66,7	26	33,3	52	70,3	22	29,7
23	24	31,6	52	68,4	32	39	50	61	12	15,6	65	84,4	32	41	46	59	50	67,6	24	32,4
24	24	31,6	52	68,4	30	36,6	52	63,4	12	15,6	65	84,4	26	33,3	52	66,7	50	67,6	24	32,4
25	23	30,3	53	69,7	27	32,9	55	67,1	12	15,6	65	84,4	24	30,8	54	69,2	49	66,2	25	33,8
26	21	27,6	55	72,4	27	32,9	55	67,1	12	15,6	65	84,4	24	30,8	54	69,2	49	66,2	25	33,8
27	20	26,3	56	73,7	27	31,7	55	67,1	12	15,6	65	84,4	24	30,8	54	69,2	49	66,2	25	33,8
28	19	25	57	75	26	31,7	56	68,3	12	15,6	65	84,4	22	28,2	56	71,8	42	66,2	32	33,8
Середнє за 7 діб	23,3	30,7	52,7	69,3	28,7	35	53,3	65	12	15,6	65	84,4	29,1	37,4	48,8	62,6	48,7	65,8	25,3	34,2
± до контролю		100		100		+4,3		-4,3		-15,1		+15,1		+6,7		-6,7		+35,1		-35,1

Таблиця 3.2.

Середнє значення збереженості та загибелі бджіл за умов їх підгодівлі пробіотичним препаратом *Lactobacillus casei* (M±m, n=5)

Доба згодовування добавки	Групи бджіл, їх вихідна кількість																			
	Контроль – 1 мл Ц.С./добу щодобово				Дослідна 1 - 1 мл Ц.С.+пробіотик щодобово				Дослідна 2 - 1 мл Ц.С.+пробіотик через добу				Дослідна 3 - 1 мл Ц.С.+пробіотик через 3 доби				Дослідна 4 - 1 мл Ц.С.+пробіотик 1 раз в тиждень			
	Живі бджоли		Мертві бджоли		Живі бджоли		Мертві бджоли		Живі бджоли		Мертві бджоли		Живі бджоли		Мертві бджоли		Живі бджоли		Мертві бджоли	
	шт	%	шт	%	шт	%	шт	%	шт	%	шт	%	шт	%	шт	%	шт	%	шт	%
Середнє за 1-7 діб ± до контролю	65,9	86,7	10,1	13,3	79,6	97,1	2,4	2,9	70,6	91,7	6,4	8,3	77,4	99,2	0,5	0,8	64,9	87,7	9,1	12,3
		100		100		+10,4		-10,4		+5,0		-5,0		+12,5		-12,5		+1,0		-1,0
Середнє за 7-14 діб ± до контролю	58,0	76,3	18	23,7	66,0	80,5	16	19,5	59,6	77,4	27,4	22,6	74,3	95,3	3,7	4,7	58,9	79,3	15,1	20,7
		100		100		+4,2		-4,2		+1,1		-1,1		+19,0		-19,0		+3,0		-3,0
Середнє за 14-21 добу ± до контролю	53,7	70,6	22,3	29,4	55	67,1	27	32,9	44,4	57,7	32,6	42,3	68,9	88,3	9,1	11,7	56,6	76,5	17,4	23,5
		100		100		-3,5		+3,5		-12,9		+12,9		+17,7		-17,7		+6,0		-6,0
Середнє за 21-28 діб ± до контролю	46,1	60,7	29,9	39,3	48,4	59,4	33,6	40,6	36,0	47,1	40,7	52,9	59,0	75,6	19,0	24,4	54,6	73,8	19,4	26,2
		100		100		-1,3		+1,3		-13,6		+13,6		+14,9		-14,9		+13,1		-13,1

У середньому за перших 7 діб підгодівлі кількість живих бджіл в Д 1 групі перевищувала контрольну на 10,4 %, а Д 2 – 5,0 %, Д 3 – 12,5 %, Д 4 – 1,0 % зі зменшенням їхньої загибелі на вказані величини (табл. 3.2).

У наступний 7-добовий дослідний період (7–14 доби) загибель бджіл на 14 добу була нижчою в Д 1 групі на 4,2 % (19,5 %), Д 2 – на 1,1 % (22,6 %), Д 3 – на 19,0% (4,7), Д 4 – 3,0 (20,7%) зі збереженням цих різниць для живих бджіл порівняно до контролю. На 14–21 добу дослідного періоду кількість живих і мертвих бджіл у Д 1 (67,1% і 32,9 %) були вищими ніж у контрольній (70,6 і 29,4 %) групі, проте в Д 2 групі становила 57,7 і 42,3 % і була відмінною від контрольної групи на 12,9 %. Середні величини кількості живих бджіл на 21- 28 доби згодовування пробіотику у Д 1 - Д 4 (59,4 %; 47,1%; 75,6%; і 73,8 % відповідно) групах за цей період також перевищували контрольну групу (60,7 %), а загибель була аналогічно меншою.

Аналіз коефіцієнтів середньої тривалості життя бджіл, впродовж періоду дослідження характеризувався позитивним впливом пробіотику на життєздатність бджіл дослідних груп (рис.3.1).

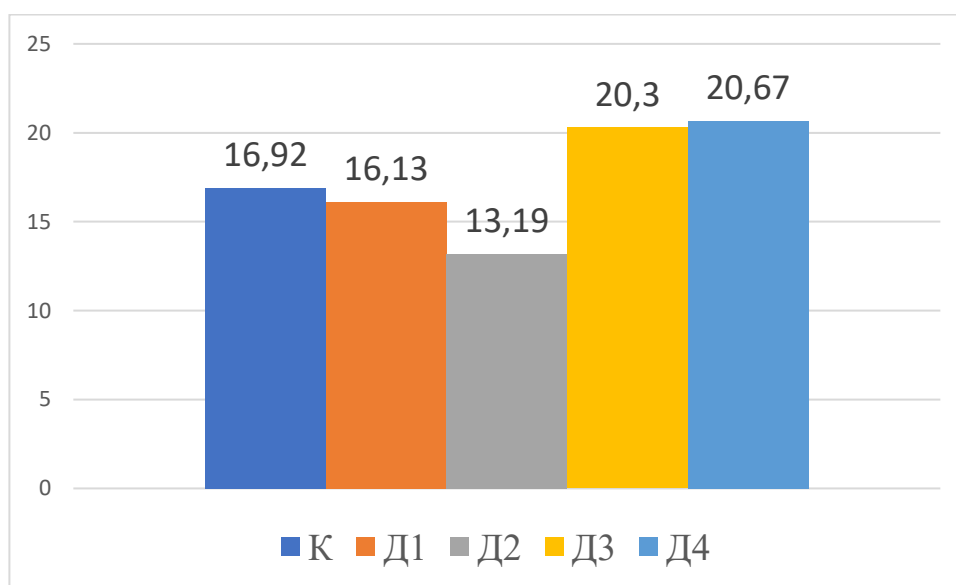


Рис. 3.1. Коефіцієнт середньої тривалості життя бджіл за умов їх підгодівлі *L. casei* B-7280, у.о

Коефіцієнт середньої тривалості життя бджіл для Д1 і Д2 груп, яким згодовували цукровий сироп з додаванням пробіотику *L. casei* за різної

тривалості, становив найнижче значення 16,13 та 13,19 у.о. відповідно. Високий результат тривалості життя відзначений для бджіл Д3 та Д4, які отримувала пробіотик через 3 доби та один раз на тиждень, порівняно з 16,92 у.о. у контролі. Отримані результати свідчать про більш виражену позитивну дію пробіотика на життєздатність бджіл відзначено для Д3 і Д4 дослідних груп, які отримували додатково до підгодівлі цукровим сиропом пробіотик *L. casei*.

Отже, результати досліджень життєздатності бджіл за умов їхньої підгодівлі цукровим сиропом з додаванням пробіотика вказують на стимулюючий вплив на тривалість життя в садках лабораторного термостату. Вища збереженість бджіл і зменшення їх загибелі досліджень відзначена в Д3 дослідній групі за дії пробіотика через три доби.

Результати цього розділу опубліковані [2, 12, 19, 20, 21, 42]

3.2 Особливості білкового обміну, активності антиоксидантної системи та спектр кишкової мікробіоти бджіл за різної тривалості застосування пробіотика *Lactobacillus casei*

Відомо, що білкові структури відображають стан організму, а також зміни, які відбуваються в ньому під впливом внутрішніх або зовнішніх чинників. Аналіз результатів досліджень показує збільшення вмісту загального протеїну у тканинах цілого організму бджіл у Д 1 – Д 3 групах, але ці різниці не вірогідні, що може вказувати на відсутність суттєвого впливу пробіотика *L. casei* B-7280 на концентрацію протеїнів у тканинах бджіл. Дослідженнями вмісту загального протеїну у гомогенатах тканин організму бджіл показали збільшення його рівня у Д 4 на 17,19 % і 24,60 % ($P < 0,05$) групі відповідно до контролю та між підготовчим і дослідним періодами (табл. 3.3).

Отримані результати свідчать, що незалежно від тривалості згодовування штаму *Lactobacillus casei* B-7280 істотного впливу на процеси білкового синтезу у бджіл не спостерігали. Водночас за одноразового внесення пробіотика на

тиждень загальний протеїн був вищим ($P<0,05$) у Д4 групи порівняно до контрольної.

Таблиця 3.3

Вміст загального протеїну у тканинах організму бджіл за підгодівлі різної тривалості пробіотиком *L. casei* B-7280, г%, ($M\pm m$, $n=5$)

Група	Періоди дослідження	
	Підготовчий	Дослідний
Контрольна	12,74±0,23	13,13±0,77
Дослідна 1	13,50±0,41	15,86±1,00
Дослідна 2	13,09±0,16	13,88±0,91
Дослідна 3	12,65±0,28	13,00±0,53
Дослідна 4	13,96±0,15	16,36±0,44* ##

Примітка. * – $P<0,05$ – вірогідні різниці між контрольною та дослідними групами. # - $P<0,05$ – вірогідні різниці в групі між періодами дослідження

Відомо, що активність каталази є одним з основних індикаторів загального стану антиоксидантної системи, що бере участь у захисті організму від надмірної дії активних форм кисню, що призводять до розвитку оксидативного стресу. Разом з тим, за результатами дослідження встановлено збільшення каталазної активності тканин організму бджіл на 79,80% і 38,07% у Д 1, Д 2 ($P<0,05$) групах порівняно до контролю, а для бджіл Д 1 групи на 52,75% ($P<0,05$) порівняно з підготовчим періодом (табл. 3.4).

Таблиця 3.4.

Активність каталази у тканинах організму бджіл, ($M\pm m$, $n=5$)

Група	Періоди дослідження	
	Підготовчий	Дослідний
Контрольна	22,74±1,25	24,13±0,74
Дослідна 1	20,50±3,41	36,86±2,81* #
Дослідна 2	23,09±2,16	31,88±2,01*
Дослідна 3	24,65±3,28	30,00±3,53
Дослідна 4	21,69±2,15	26,36±1,44

Примітка. * – $P<0,05$ – вірогідні різниці між контрольною та дослідними групами. # - $P<0,05$ – вірогідні різниці в групі між періодами дослідження.

Таким чином, пробіотики можуть надавати стимулюючу дію на опірність і життєздатність організму медоносних бджіл. У той же час у контрольній групі бджіл, що отримували розчин цукрового сиропу впродовж усього досліду, активність каталази залишалася на сталому рівні [128].

Надмірна активація процесів ПОЛ за зниженої активності антиоксидантної системи організму може призвести до значних патологічних змін. Це у першу чергу, супроводжуються пошкодженням субклітинних та клітинних мембран. Продукти ПОЛ викликають порушення білок-ліпідних зв'язків в біомембранах, що викликає зміни еластичності волокон, ініціює фібропластичні процеси та старіння колагену [60, 96]. Вміст ГПЛ знижувався на 10,00%, 9,23% та 10,38% ($P < 0,05$) у Д1, Д2 і Д3 групах порівняно до контрольної групи (таб. 3.5).

Таблиця 3.5.

Вміст ГПЛ у тканинах організму бджіл за підгодівлі різної тривалості пробіотиком *L. casei* В-7280, од. Е/мл, ($M \pm m$, $n=5$)

Група	Періоди дослідження	
	Підготовчий	Дослідний
Контрольна	2,48±0,05	2,60±0,07
Дослідна 1	2,41±0,04	2,34±0,02*
Дослідна 2	2,50±0,06	2,47±0,02
Дослідна 3	2,44±0,03	2,36±0,03*
Дослідна 4	2,39±0,02	2,33±0,04*

Вміст ТБК-активних продуктів у дослідних групах Д1, Д2, Д3 спостерігалася тенденція до зменшення, на тлі вірогідно нижчого рівня у Д4 групі на 14,98 % ($P < 0,01$) порівняно до підготовчого періоду (табл. 3.6.).

Таблиця 3.6.

Вміст ТБК-активних продуктів у тканинах організму бджіл за підгодівлі різної тривалості пробіотиком *L. casei* B-7280, нмоль/мл, (M±m, n=5)

Група	Періоди дослідження	
	Підготовчий	Дослідний
Контрольна	0,752±0,02	0,801±0,03
Дослідна 1	0,724±0,03	0,705±0,02
Дослідна 2	0,713±0,04	0,743±0,01
Дослідна 3	0,745±0,02	0,734±0,03
Дослідна 4	0,762±0,05	0,681±0,03*

Ці результати вказують, що додавання *L. casei* B-7280 впливало на антиоксидантну дію в організмі бджіл за різної тривалості підгодівлі, що супроводжувалося зниженням вмісту ТБК-активних продуктів і гідроперекисів ліпідів в гомогенатах тканин організму бджіл усіх дослідних груп, окрім Д3 дослідної групи та впливало на життєздатність, що узгоджується з даними інших авторів [143].

Загалом, наші дослідження показали, що згодовування бджолам до сиропового сиропу *L. casei* B-7280 за різної тривалості підгодівлі, мало позитивний вплив на антиоксидантну систему організму бджіл.

Після надходження в кишечник пробіотики проявляють як пряму дію на патогенну і умовно патогенну мікрофлору, так і опосередковану - шляхом активації специфічних і неспецифічних систем захисту організму. У той же час пробіотичні бактерії активно продукують ферменти, амінокислоти, вітаміни та інші біологічно активні речовини, що доповнюють комплексну лікувально-профілактичну дію. Володіючи антагоністичною дією стосовно до патогенної мікрофлори, вони сприяють підвищенню стійкості бджіл до захворювань [23].

За результатами мікробіологічні досліджень кількість аеробних та факультативно анаеробних мікроорганізмів, а також окремо стафілококів в середній кишці бджіл після 28 діб досліду вірогідно знижувалась в Д 1 і Д 2 дослідних групах, натомість кількість стрептококів знижувалась лише в дослідній 1 групі. Кількість коліформних бактерій залишалась сталою впродовж дослідження в усіх дослідних групах (табл. 3.7).

Кількість мікроскопічних грибів та псевдомонад в середній кишці бджіл на 28 добу дослідження знижувалась в усіх дослідних групах. Слід відмітити, що в Д 1 відбувалась повна елімінація псевдомонад з середньої кишки. Кількість лактобацил та біфідобактерій в середній кишці бджіл I дослідної групи зростала ($P < 0,02$) порівняно до контролю.

При дослідженні складу мікробіому задньої кишки встановлено, що кількість аеробних та факультативно анаеробних мікроорганізмів, а також стрептококів знижувалась на 28 добу (табл. 3.8). Кількість стафілококів знижувалась ($P < 0,05-0,02$), у Д 1- Д 3 групах порівняно з контролем. Кількість коліформних бактерій в задній кишці бджіл зростала після застосування пробіотичного штаму, на тлі нижчої кількості мікроскопічних грибів та псевдомонад ($P < 0,05-0,02$). Слід відмітити, що обидві групи умовно-патогенних мікроорганізмів повністю еліминувались із задньої кишки бджіл, що отримували пробіотичний штам В-7280 щодобово. Кількість лактобактерій була більшою в задній кишці бджіл після застосування пробіотика штаму *L. casei* IMV В-7280 у всіх дослідних групах, проте кількість біфідобактерій тільки у Д 1 та Д2 порівняно до контролю.

Таблиця 3.7.

Спектр мікробіоти середньої кишки бджіл, що отримували підгодівлю пробіотиком *L. casei* IMV B-7280

Група	Кількість мікроорганізмів, що висівались на поживних середовищах (Lg КУО/мг)							
	Аеробні та факультативно анаеробні мікроорганізми	Стафілококи	Стрептококи	Коліформні бактерії	мікроскопічні гриби	Псевдомонади	Лактобактерії	Біфідобактерії
Контроль	4,22 ± 0,11	3,47 ± 0,05	3,27 ± 0,12	4,11 ± 0,07	3,77 ± 0,04	2,97 ± 0,08	2,40 ± 0,04	1,97 ± 0,07
Дослідна 1	3,16 ± 0,07**	2,51 ± 0,12**	2,10 ± 0,03**	4,52 ± 0,11	2,14 ± 0,06**	0	3,18 ± 0,06**	2,81 ± 0,05**
Дослідна 2	3,42 ± 0,04*	2,47 ± 0,04**	3,12 ± 0,04	4,28 ± 0,09	2,87 ± 0,02**	1,10 ± 0,10**	2,67 ± 0,14	2,18 ± 0,04
Дослідна 3	4,01 ± 0,08	3,40 ± 0,09	3,07 ± 0,08	4,01 ± 0,04	3,02 ± 0,09**	2,17 ± 0,04*	2,58 ± 0,22	2,22 ± 0,11
Дослідна 4	4,03 ± 0,03	3,28 ± 0,11	3,22 ± 0,07	4,37 ± 0,07	3,54 ± 0,06	2,65 ± 0,11	2,61 ± 0,19	2,05 ± 0,12

*P < 0,05, **P < 0,01 у порівнянні з контролем.

Таблиця 3.8.

Спектр мікробіоти задньої кишки бджіл, що отримували підгодівлю пробіотиком *L. casei* IMV B-7280

Група	Кількість мікроорганізмів, що висівались на поживних середовищах (Lg КУО/мг)							
	Аеробні та факультативно анаеробні мікроорганізми	Стафілококи	Стрептококи	Коліформні бактерії	Мікроскопічні гриби	Псевдомонади	Лактобактерії	Біфідобактерії
Контроль	5,03 ± 0,08	4,45 ± 0,08	4,05 ± 0,05	5,22 ± 0,10	3,49 ± 0,04	4,88 ± 0,11	4,11 ± 0,08	3,17 ± 0,06
Дослідна 1	4,12 ± 0,06**	3,05 ± 0,06**	3,45 ± 0,03*	7,10 ± 0,13**	0	0	6,21 ± 0,07**	4,08 ± 0,07**
Дослідна 2	4,07 ± 0,05**	3,30 ± 0,07**	3,40 ± 0,04*	6,33 ± 0,05*	2,14 ± 0,06**	2,77 ± 0,08**	5,14 ± 0,06**	3,87 ± 0,04*
Дослідна 3	4,83 ± 0,16	3,25 ± 0,10**	4,12 ± 0,09	5,40 ± 0,04	2,99 ± 0,03*	3,02 ± 0,12**	4,77 ± 0,04*	3,18 ± 0,12
Дослідна 4	4,79 ± 0,21	4,18 ± 0,09	4,25 ± 0,11	5,33 ± 0,08	3,17 ± 0,12	4,10 ± 0,27	4,37 ± 0,14	3,05 ± 0,14

Результати досліджень вказують про виражений вплив пробіотика *Lactobacillus casei* В-7280 за різної тривалості застосування на активність каталази тканин та протеїновий обмін у бджіл. Найбільш виражений ефект відзначено за згодовування кожні 3 доби.

Результати цього розділу опубліковані [2, 16, 19, 23, 25, 39, 42]

3.3. Життєздатність бджіл за згодовування різних доз цитрату Ge та пробіотика *Lactobacillus casei*

Застосування пробіотика *Lactobacillus casei* В-7280 та нанотехнологічного цитрату Ge (НТЦ Ge) у поєднанні з цукровим сиропом бджолам дослідних груп зумовлювало вплив на життєздатність організму в умовах лабораторного термостату.

Аналіз отриманих результатів вказує на біологічно виражений вплив на бджіл додавання до цукрового сиропу НТЦ Ge з пробіотиком *Lactobacillus casei* В-7280 у вказаних концентраціях і співвідношеннях. Зокрема, підгодівля бджіл цукровим сиропом (ЦС) з додаванням 0,1 мкг Ge/л і пробіотика В-7280 *L. casei* (10^6 КУО/мл) зумовлювали 100% збереженість бджіл в ДІ групі впродовж перших 7 діб і 98,3% в середньому за 10 діб. Згодовування НТЦ Ge і 10^6 КУО/мл цукрового сиропу *L. casei* забезпечувало 100% збереженість бджіл у ДПІ групі впродовж перших 12 діб дослідного періоду (табл. 3.9). Рухова активність бджіл за 5-ти бальною шкалою у перших 10 діб досліду зберігалась у контрольній і дослідних групах на рівні 84%. Щоденна підгодівля бджіл у наступні періоди відзначалась як стимулюючим, так і інгібуючим впливом на їх збереженість і рухову активність в обох дослідних групах.

Кількість живих бджіл за другу декаду в ДІ групі зменшувалась до 12,3% на 19-ту добу порівняно до контролю, проте на 20-ту добу показник живих бджіл в обох цих групах вирівнювався і становив 50% (табл. 3.10)..

Таблиця 3.9

Добова динаміка збереженості та загибелі бджіл у першу декаду згодовування цитрату германію та пробіотика

Доба і дата згодовування добавки	Групи бджіл																	
	Контроль 1 мл Ц.С./добу						Дослідна I 1 мл Ц.С.+Ge 0,1 мкг +пробіотик <i>L.casei</i> 10 ⁶ КУО/мл/добу						Дослідна II 1 мл Ц.С.+Ge 0,2 мкг +пробіотик <i>L.casei</i> 10 ⁶ КУО/мл/добу					
	Живі		Мертві		Рухова активність		Живі		Мертві		Рухова активність		Живі		Мертві		Рухова активність	
	шт	%	шт	%	бал	%	шт	%	шт	%	бал	%	шт	%	шт	%	бал	%
1	30	100	0	0	+5	100	58	100	0	0	+5	100	50	100	0	0	+5	100
2	30	100	0	0	+5	100	58	100	0	0	+5	100	50	100	0	0	+5	100
3	29	96,7	1	3,3	+4	80	58	100	0	0	+4	80	50	100	0	0	+4	80
4	29	96,7	1	3,3	+4	80	58	100	0	0	+4	80	50	100	0	0	+4	80
5	29	96,7	1	3,3	+4	80	58	100	0	0	+4	80	50	100	0	0	+4	80
6	29	96,7	1	3,3	+4	80	58	100	0	0	+4	80	50	100	0	0	+4	80
7	29	96,7	1	3,3	+4	80	58	100	0	0	+4	80	50	100	0	0	+4	80
8	29	96,7	1	3,3	+4	80	57	98,3	1	1,7	+4	80	50	100	0	0	+4	80
9	29	96,7	1	3,3	+4	80	57	98,3	1	1,7	+4	80	50	100	0	0	+4	80
10	29	96,7	1	3,3	+4	0	55	94,8	3	3,4	+4	80	50	100	0	0	+4	80
Середнє за 10 діб ± до контролю	29	96,7 100	1	3,3 10 0	+4,2 100	84	57,5	99,1	0,5	0,9 - 2,4	+4,2 0	84	50	100	0	0	4,2 -3,3	84 0

Таблиця 3.10.

Добова динаміка збереженості та загибелі бджіл у другу декаду згодовування цитрату германію та пробіотика

Доба згодовування добавки	Групи бджіл																	
	Контроль 1 мл Ц.С./добу						Дослідна I 1 мл Ц.С.+Ge 0,1 мкг +пробіотик 10 ⁶ КУО/мл/добу						Дослідна II 1 мл Ц.С.+Ge 0,2 мкг +пробіотик 10 ⁶ КУО/мл/добу					
	Живі		Мертві		Рухова активність		Живі		Мертві		Рухова активність		Живі		Мертві		Рухова активність	
	шт	%	шт	%	бал	%	шт	%	шт	%	бал	%	шт	%	шт	%	бал	%
11	29	96,7	1	3,3	+4	80	54	93,1	4	5,2	+4	80	50	100	0	0	+4	80
12	29	96,7	1	3,3	+4	80	54	93,1	4	5,2	+4	80	50	100	0	0	+4	80
13	29	96,7	1	3,3	+4	80	47	81	11	19	+4	80	44	88	6	12	+4	80
14	29	96,7	1	3,3	+4	80	47	81	11	19	+4	80	41	82	9	18	+4	80
15	28	93,3	2	6,7	+4	80	47	81	11	19	+4	80	40	80	10	20	+4	80
16	28	93,3	2	6,7	+4	80	47	81	11	19	+4	80	40	80	10	20	+4	80
17	28	93,3	2	6,7	+4	80	47	81	11	19	+4	80	40	80	10	20	+4	80
18	28	93,3	2	6,7	+4	80	47	81	11	19	+4	80	40	80	10	20	+4	80
19	28	93,3	2	6,7	+4	80	47	81	11	19	+4	80	40	80	10	20	+4	80
20	15	50	15	50	+4	80	29	50	29	50	+4	80	36	72	14	28	+4	80
Середнє за 10 діб	27,1	90,4	2,9	9,6	+4	80	46,6	80,3	11,4	19,7	+4	80	42,1	84,2	7,9	15,8	+4	80
± до контролю		100		100		100		-10,1		-10,1		0		-6,2		+6,2		0
За 20 діб ± до контролю	28,1	93,7	1,9	6,3	+4,1	82	52	89,7	6	10,3	+4,1	82	46	92	4	8	+4,1	82
		100		100		100		-4		+4		0		+1,7		-1,7		0

В середньому за 10 діб другої декади досліджень кількість живих бджіл в ДІ групі була меншою, ніж у контрольній групі на 10,1%, а за 20 діб – на 4%. Чисельність живих бджіл в ДІІ групі за другу декаду досліду зберігала аналогічну до ДІ групи тенденцію їх зменшення і становила 6,2%, а за 20 діб – 1,7% від цих показників контрольної групи. Рухова активність бджіл контрольної та дослідних груп не відрізнялась і зберігалася на рівні 80% за другу декаду і 82%– за 20 діб досліду

Аналіз результатів досліджень життєздатності бджіл у третю декаду вказує на суттєві відмінності дії застосованих доз НТЦ Ge у ДІ і ДІІ групах. Зокрема, кількість живих бджіл у ДІ групі була меншою порівняно з контролем на 1,9% на 21 добу і на 12,3% – на 30 добу (табл. 3.11). За 10 діб третьої декади цей показник був нижчим на 3,8%, а за 30 діб – на 3,9%, порівняно з контрольною групою, що вказує на стабілізацію дії добавки у цей період на рівні другої декади досліду.

Біологічна дія вищої дози НТЦ Ge на бджіл ДІІ групи у третю декаду виявила суттєвий стимулюючий вплив на їх життєздатність (табл. 3.11). Зокрема, на 21-30-ті доби досліджень чисельність живих бджіл у ДІІ групі перевищувала контрольну групу на 21,3% (21 доба) – 12,7% (30 доба). Позитивним є й те, що рухова активність бджіл на третю декаду в ДІІ групі була вищою і становила 68%, ДІІ – 74%, а контрольної – 60%. Середні величини вказаних вище показників за 30 діб дослідного періоду в ДІІ групі зберігали спрямованість змін аналогічно третій декаді дослідження.

Отже, дослідження життєздатності бджіл за умов підгодівлі ЦС з додаванням НТЦ Ge і пробіотика *L. casei* B-7280 вказує на стимулюючий вплив на їх збереженість обох доз добавок у ДІ і ДІІ групах упродовж перших 10 діб досліду. Однак, за 10 діб другої декади не встановлено стимулюючого ефекту на збереженість бджіл дослідних груп. У наступні 10 діб третьої декади зберігався виражений позитивний вплив добавки НТЦ Ge у вищій дозі і пробіотика B-7280 у ДІІ групі на збереженість і рухову активність бджіл.

Добова динаміка збереженості та загибелі бджіл у третю декаду згодовування цитрату германію та пробіотика

Доба згодовування добавки	Групи бджіл																	
	Контроль 1 мл Ц.С./добу						Дослідна I 1 мл Ц.С.+Ge 0,1 мкг+пробіотик 10 ⁶ КУО/мл/добу						Дослідна II 1 мл Ц.С.+Ge 0,2 мкг+пробіотик 10 ⁶ КУО/мл/добу					
	Живі		Мертві		Рухова активність		Живі		Мертві		Рухова активність		Живі		Мертві		Рухова активність	
	шт	%	шт	%	бал	%	шт	%	шт	%	бал	%	шт	%	шт	%	бал	%
21	14	46,7	16	53,3	+4	80	26	44,8	32	55,2	+3	60	34	68	16	32	+3	60
22	14	46,7	16	53,3	+3	60	26	44,8	32	55,2	+4	80	34	68	16	32	+4	80
23	14	46,7	16	53,3	+3	60	25	43,1	33	56,9	+4	80	32	64	18	36	+4	80
24	14	46,7	16	53,3	+3	60	25	43,1	33	56,9	+4	80	32	64	18	36	+4	80
25	14	46,7	16	53,3	+3	60	25	43,1	33	56,9	+4	80	32	64	18	36	+4	80
26	14	46,7	16	53,3	+3	60	25	43,1	33	56,9	+4	80	32	64	18	36	+4	80
27	14	46,7	16	53,3	+3	60	25	43,1	33	56,9	+3	60	30	60	20	40	+4	80
28	13	43,3	17	56,7	+3	60	25	43,1	33	56,9	+3	60	28	56	22	44	+3	60
29	13	43,3	17	56,7	+3	60	23	39,7	35	60,3	+3	60	28	56	22	44	+4	80
30	13	43,3	17	56,7	+2	40	18	31	40	69	+2	40	28	56	22	44	+3	60
Середнє за 10 діб	13,7	45,7	16,3	54,3	+3	60	24,3	41,9	33,7	58,1	+3,4	68	31	62	19	38	3,7	74
± до контролю		100		100		100		- 3,8		+ 3,8		+8		+16,3		-16,3		+14
За 30 діб	23,3	77,7	6,7	22,3	+3,7	74	42,8	73,8	15,2	26,2	3,9	78	41	82	9	18	4	80
± до контролю		100		100		100		-3,9		+3,9		+4		+4,3		-4,3		+6

Аналіз коефіцієнтів середньої тривалості життя бджіл, впродовж періоду дослідження характеризувався позитивним впливом цитрату германію та пробіотика на життєздатність бджіл дослідних груп (рис.3.2).

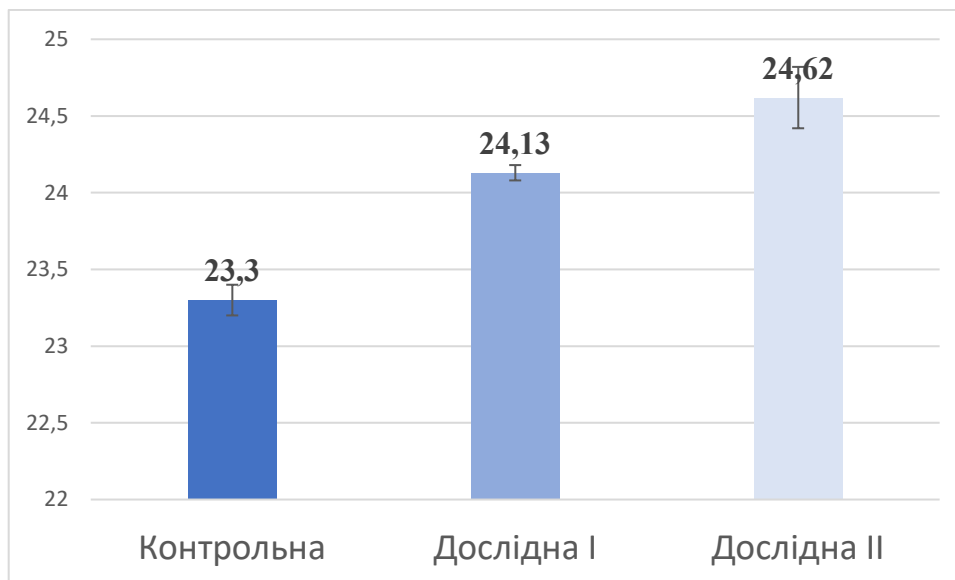


Рис. 3.2. Коефіцієнт середньої тривалості життя бджіл за умов їх підгодівлі цитрату Ge та пробіотика *Lactobacillus casei*, у.о

Коефіцієнт середньої тривалості життя бджіл для ДІ і Д2 груп, яким згодовували цукровий сироп з додаванням цитрату германію та пробіотика *L. casei*, становив 24,13 та 24,62 у.о. відповідно. Високий результат тривалості життя відзначений для бджіл ДІ порівняно з 23,3 у.о. у контролі. Отримані результати свідчать про більш виражену позитивну комплексну дію цитрату германію та пробіотика на життєздатність бджіл для ДІ дослідної групи.

Отже, результати досліджень життєздатності бджіл за умов їхньої підгодівлі цукровим сиропом з додаванням пробіотика вказують на стимулюючий вплив на тривалість життя в садках лабораторного термостату. Вища збереженість бджіл і зменшення їх загибелі досліджень відзначена в Д2 дослідній групі за дії цитрату германію та пробіотика *L. casei*.

Результати цього розділу опубліковані [139]

3.4 Ліпідний та фосфоліпідний склад тканин організму бджіл за згодовування різних доз Ge цитрату та пробіотика *Lactobacillus casei*

Вміст загальних ліпідів і відносне співвідношення фракцій ліпідів у гомогенаті тканин організму бджіл дослідних груп змінювалися порівняно як з контрольною групою, так і підготовчим періодом (табл. 3.12).

Встановлено збільшення вмісту загальних ліпідів у Д1 та Д2 групах відповідно на 11,14 % ($P < 0,05$) і 7,65 % ($P < 0,05$) порівняно до підготовчого періоду. Вірогідне збільшення загальних ліпідів може свідчати про стимулювальний вплив застосованих доз цитрату Ge та *L. casei* B-7280 на їх обмін та синтез у тканинах медоносних бджіл. Однак відсутність вірогідних різниць вмісту загальних ліпідів може вказувати на незначний вплив Ge у вигляді цитрату і розчину пробіотика *L. casei* B-7280 на синтез і депонування ліпідів в організмі бджіл.

За результатами дослідження встановили зміни у співвідношенні класів ліпідів у тканинах організму бджіл. Зокрема, такі зміни стосуються: фосфоліпідів, моно- і диацилгліцеролу (МДАГ), вільного холестеролу, неестерифікованих жирних кислот (НЕЖК), триацилгліцеролу, естерифікованого холестеролу (табл.3.12).

У тканинах організму бджіл контрольної та дослідних груп переважають фосфоліпіди, які становлять 24–28 % від загальної кількості ліпідів. У гомогенатах тканин організму бджіл Д1 та Д2 груп встановлено збільшення відносного вмісту фосфоліпідів стосовно бджіл підготовчого періоду і контрольної групи на 16,79 % і 17,08 % ($P < 0,05$) та 15,73 % і 16,02 % ($P < 0,05$) відповідно. Можливо цей клас ліпідів більше синтезується в організмі бджіл за дії нанотехнологічного цитрату Ge та *L. casei* для посилення функцій ліпідних мембран.

Відомо, що жирнокислотний склад фосфоліпідів клітинних мембран є основним фактором, що впливає на інтенсивність переходу компонентів живлення жирних кислот, шляхом активного та пасивного їх транспорту, в тканини бджіл. У свою чергу, від вмісту фосфоліпідів і їх жирнокислотного складу в тканинах бджіл

залежить функціонування їх нервової, імунної, відтворної систем та процесу окиснення. Слід зазначити, що фосфоліпіди мембран необхідні для стабілізації агрегації та конформації окремих компонентів у ферментативних білкових комплексах, а також для створення гідрофобного середовища з утворенням безперервної структури з усіма властивостями, притаманними для них [88]

Водночас встановлено збільшення моно- і диацилгліцеролової фракції у Д2 групі на 16,92 % ($P < 0,05$) стосовно підготовчого періоду та на 24,94 % ($P < 0,01$) контрольної групи. Відомо, що особливістю жирового обміну у бджіл є ліпідтранспортна система. Основні ліпіди корму в організмі бджіл трансформуються у диацилгліцероли, виконуючи, як і глюкоза, функцію енергетичного забезпечення.

Отже, зростання рівня МДАГ у тканинах організму бджіл Д2 групи може вказувати на інтенсивніше енергетичне забезпечення їх тканин за внесення до цукрового сиропу 0,2 мкг Ge у вигляді цитрату і р-ну імунобіотика *L. casei* B-7280 у концентрації 10^6 КУО/мл. Водночас надходження Ge цитрату в організмі бджіл сприяє зниженню вільного холестеролу в організмі бджіл шляхом посилення його використання в метаболічних реакціях. Можливо холестерин використовується для синтезу вітелогеніну у холестерол-гідроксоекдизон-Vg шляху в трофоцитах і еноцитах робочих бджіл [Feldlaufer 2020; Lu, 2018].

Вміст вільного холестеролу зменшувався у бджіл Д1 та Д2 груп на 28,41 % ($P < 0,05$) і 29,74 % ($P < 0,001$) стосовно підготовчого періоду та на 29,27 % ($P < 0,05$) і 30,59 % ($P < 0,001$) відносно контрольної групи.

Встановлено зменшення вмісту НЕЖК у бджіл Д 1 та Д 2 груп на 29,80 % і 30,17 % ($P < 0,05$) стосовно підготовчого періоду та на 22,18 % і 22,60 % ($P < 0,05$) відносно контрольної групи. Одержані дані щодо вмісту НЕЖК у ліпідах тканин бджіл дослідних груп вказують на активацію процесів ліполізу в організмі бджіл цих груп, оскільки встановлено вірогідне зниження відносного вмісту НЕЖК, як попередників синтезу ліпідів, порівняно до їх контролю.

Відомо, що ліполіз виконує фізіологічну функцію підтримання гомеостатичних концентрацій окремих ліпідних компонентів, необхідних для

забезпечення аеробного клітинного дихання. Крім того, він сприяє утворенню поліненасичених жирних кислот, що компенсують енергетичні потреби тканин бджіл. Вміст етерифікованого холестеролу збільшувався лише в Д 1 групі на 51,72 % ($P < 0,05$) стосовно підготовчого періоду та на 54,82 % ($P < 0,05$) відповідно до контрольної групи. Зростання вмісту етерів холестеролу у тканинах бджіл першої дослідної групи може вказувати на вищу антиліполітичну активність ензимів, які регулюють процес його етерифікації за дії цукрового сиропу та 0,1 мкг Ge цитрату і розчину пробіотика *L. casei* В-7280 у концентрації 10^6 КУО/мл і відсутність такого впливу за вищої дози Ge цитрату.

Встановлено збільшення вмісту триацилгліцеролів у Д 2 групі на 15,89 % ($P < 0,05$) стосовно підготовчого періоду та зменшення його на 12,94 % ($P < 0,05$) до контрольної групи. Це вказує на оптимізуючий вплив комплексної підгодівлі бджіл цукровим сиропом та дози 0,2 мкг Ge цитрату і розчин *Lactobacillus casei* В-7280 у концентрації 10^6 КУО/мл і відсутність такого впливу за меншої дози Ge цитрату.

Аналіз даних показав, що підгодівля бджіл цукровим сиропом із додаванням пробіотика *Lactobacillus casei* у поєднанні з різними дозами цитрату германію мала різноспрямований вплив на показники ліпідного обміну. Зростання вмісту етерифікованого холестеролу у тканинах першої дослідної групи може бути зумовлене активацією ензимів, які регулюють процес його етерифікації. Натомість у другій групі зафіксовано зміни рівня триацилгліцеролів, що свідчить про оптимізуючий ефект комплексної підгодівлі. Таким чином, результати підтверджують модулюючу роль поєднання пробіотика з цитратом германію у регуляції ліпідного метаболізму бджіл.

Вміст загальних ліпідів та співвідношення їх фракцій у гомогенатах тканин організму бджіл, % (M±m, n=5)

Показники	Групи / Періоди дослідження					
	Контрольна 1 мл Ц.С./добу		Дослідна I 1 мл Ц.С.+Ge 0,1 мкг +пробіотик 10 ⁶ КУО/мл/добу		Дослідна II 1 мл Ц.С.+Ge 0,2 мкг +пробіотик 10 ⁶ КУО/мл/добу	
	підготовчий	дослідний	підготовчий	дослідний	підготовчий	дослідний
Заг. ліпіди, г%	2,64±0,13	2,83±0,16	2,64±0,13	2,93±0,03*	2,64±0,13	2,84±0,15
Фосфоліпіди	24,12±0,74	24,34±0,38	24,12±0,74	28,17±0,51*#	24,12±0,74	28,24±0,57*#
Моно- і диацилгліцероли	16,84±0,74	15,76±0,49	16,84±0,74	15,45±0,61	16,84±0,74	19,69±1,01*##
Вільний холестерол	16,44±0,27	16,64±0,50	16,44±0,27	11,77±0,62*#	16,44±0,27	11,55±0,43***##
НЕЖК	16,14±0,60	14,56±0,57	16,14±0,60	11,33±0,38*#	16,14±0,60	11,27±0,82*#
Триацилгліцероли	13,98±0,31	16,46±0,53	13,98±0,31	14,33±0,37#	13,98±0,31	15,89±0,37*
Етерифікований холестерол	12,49±0,86	12,24±0,57	12,49±0,86	18,95±0,55*#	12,49±0,86	13,36±0,87

Фосфоліпіди беруть активну участь в утворенні ліпідного шару біомембран, впливають на біохімічні механізми температурної адаптації, підтримують мікрров'язкість мембран, у тому числі й низку метаболічних функцій, зокрема реакцій ензимного каталізу, транспорт іонів та внутрішньоклітинній сигналізації, а також вони залучені до рецептор-опосередкованого ендоцитозу харчових компонентів в організмі тварин (Romaniv et al, 2018; Li L et al, 2021; Dai Y et al, 2021). У гомогенатах тканин організму бджіл встановлено збільшення вмісту загальних фосфоліпідів у ДІ та ДІІ групах відповідно на 30.28 % ($P < 0.01$) і 25.87 % ($P < 0.05$) порівняно до підготовчого періоду (рис. 3.3).

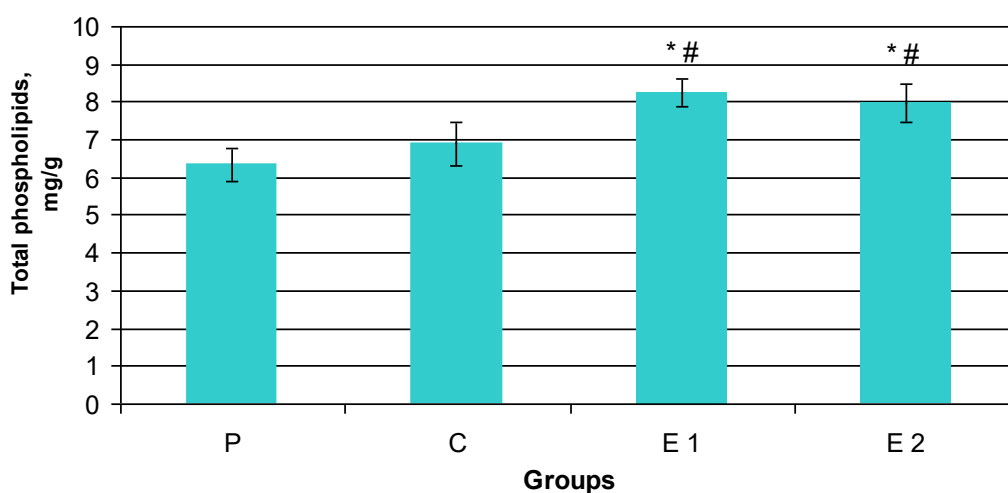


Рис. 3.3. Вміст загальних фосфоліпідів в тканинах організму бджіл. P – підготовчий період, C – контрольна група, E 1 – перша дослідна група, E 2 – друга дослідна група.

Примітка. — у цьому та наступних рисунках * - $P < 0.05$, ** - $P < 0.01$, *** - $P < 0.001$ — вірогідні різниці між підготовчим та дослідним періодами за групами. # - $P < 0.05$, ## - $P < 0.01$, ### - $P < 0.001$ — вірогідні різниці між контрольною та дослідними групами.

У підкласах фосфоліпідів виявлено 17.66–21.90 % фосфотидилетаноламіна (ФЕА), 12.23–14.96 % фосфатидилінозитол (ФІ), 23.79–28.45 % фосфатидилхоліна (ФХ), 14.66–15.24 % фосфатидилсерина (ФС), 11.84–15.78 % сфінгомієліна (СМ) та 10.65–13.68 % лізофосфатидилхоліна (ЛФХ). У фракційному складі фосфоліпідів встановлено збільшення вмісту фосфатидилетаноламіну у бджіл E 1 та E 2 груп на

16.14 % ($P < 0.05$) і 24.01 % ($P < 0.01$) стосовно підготовчого періоду та у Е 2 групі на 15.69 % ($P < 0.05$) до контрольної групи (рис.3.4).

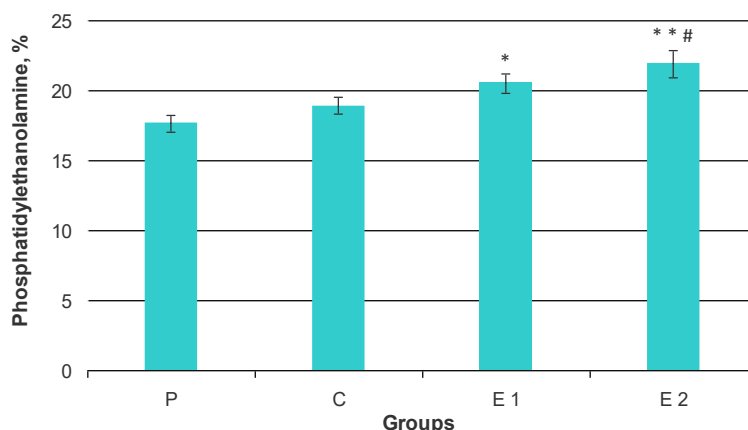


Рис. 3.4 Вміст фосфатидилетаноламіну в гомогенатах тканин організму бджіл (% , $M \pm m$, $n=5$). P – підготовчий період, С – контрольна група, Е 1 – перша дослідна група, Е 2 – друга дослідна група.

Встановлено зменшення вмісту фосфатидилінозитулу у Е 2 групі на 11.70 % ($P < 0.05$) до підготовчого періоду та на 16.40 % ($P < 0.05$) до контрольної групи бджіл (рис. 3.5).

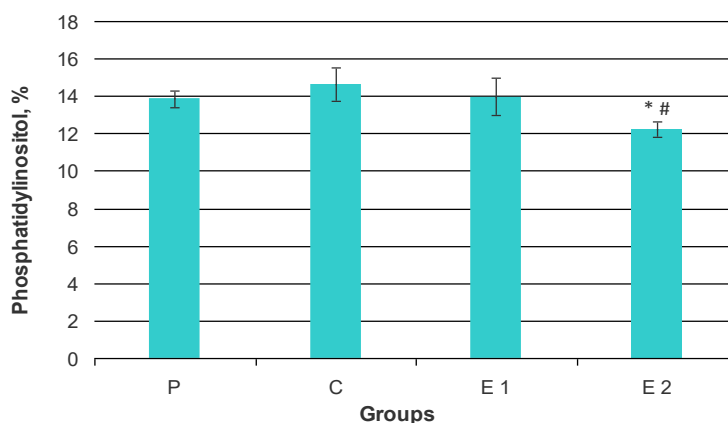


Рис.3.5 Вміст фосфатидилінозитулу в гомогенатах тканин організму бджіл (% , $M \pm m$, $n=5$). P – підготовчий період, С – контрольна група, Е 1 – перша дослідна група, Е 2 – друга дослідна група.

Збільшення фосфатидилхоліну спостерігали у бджіл ДІ та ДІІ груп на 14.54 % ($P < 0.05$) і 19.59 % ($P < 0.01$) відповідно до підготовчого періоду та на 18.15 % ($P < 0.05$) у Д ІІ порівняно до контрольної групи (рис. 3.6).

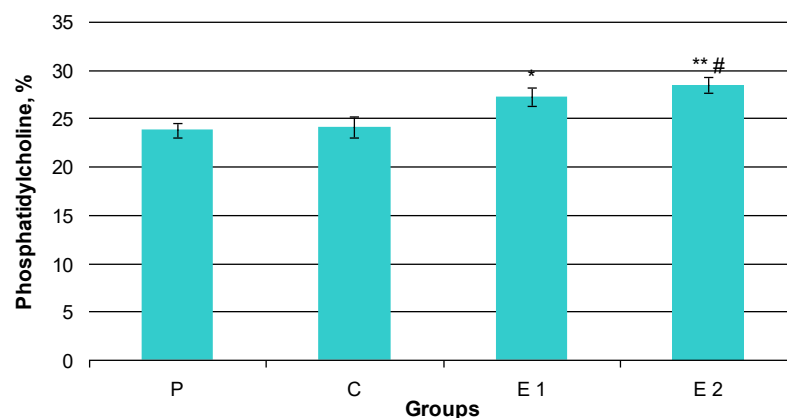


Рис. 3.6 Вміст фосфатидилхоліну в гомогенатах тканин організму бджіл (% , $M \pm m$, $n=5$). P – підготовчий період, C – контрольна група, E 1 – перша дослідна група, E 2 – друга дослідна група.

Вміст сфінгомієліну зменшувався у бджіл E 1 та E 2 груп на 22.37 % ($P < 0.05$) і 24.97 % ($P < 0.01$) стосовно до підготовчого періоду (рис. 3.7).

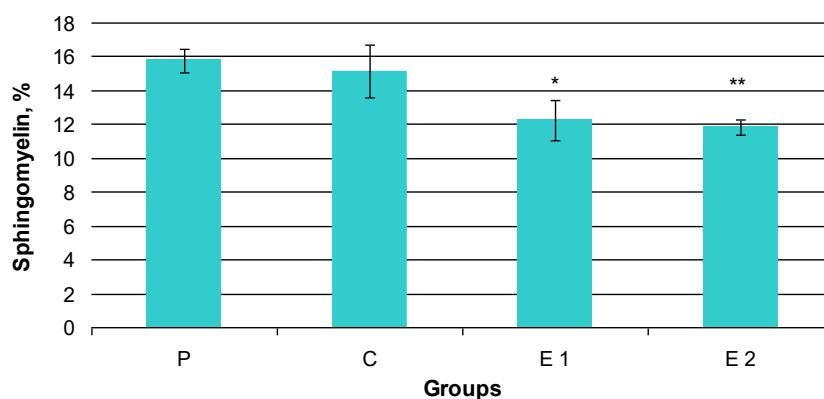


Рис. 3.7 Вміст сфінгомієліну в гомогенатах тканин організму бджіл (% , $M \pm m$, $n=5$). P – підготовчий період, C – контрольна група, E 1 – перша дослідна група, E 2 – друга дослідна група.

Встановлено зменшення вмісту лізофосфатидилхоліну у бджіл E 1 та E 2 груп на 20.10 % і 22.15 % ($P < 0.05$) відповідно до підготовчого періоду (рис. 3.8).

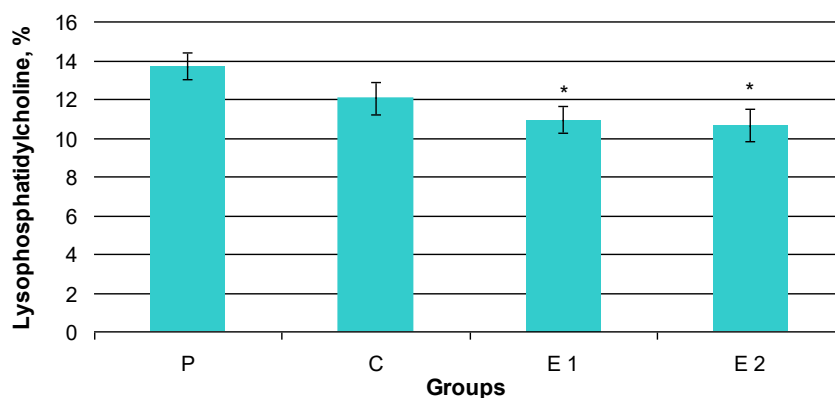


Рис. 3.8. Вміст лізофосфатидилхоліну в гомогенатах тканин організму бджіл (% , $M \pm m$, $n=5$). P – підготовчий період, C – контрольна група, E 1 – перша дослідна група, E 2 – друга дослідна група.

Щодо фосфатидилсерину то його вміст у тканинах організму бджіл не мав істотних змін у дослідних груп стосовно до підготовчого періоду та контрольної групи бджіл і його різниці невірогідні.

Отже, застосування нанотехнологічного цитрату Ge і пробіотика *L. casei* у підгодівлі бджіл зумовлює підвищення абсолютного вмісту загальних фосфоліпідів ($P < 0,05$) в організмі бджіл за дії 0,1 і 0,2 мкг Ge порівняно з підготовчим періодом та контрольною групою, що може бути наслідком впливу цих добавок на рівень співвідношення окремих підкласів фосфоліпідів. Водночас спостерігали відмінності розподілу окремих класів фосфоліпідів в гомогенатах тканин організму бджіл з вищим відносним вмістом фосфатидилетаноламінів і фосфатидилхолінів та нижчим вмістом сфінгомієліну і лізофосфатидилхоліну у Д1 і Д2 групах стосовно контрольної групи, але вищим вмістом фосфатидилетаноламінів і фосфатидилхолінів та нижчим вмістом фосфатидилінозитолів у Д2 групі бджіл стосовно підготовчого періоду, що свідчить про дозозалежний вплив цих добавок на обмін ліпідів та їх фракцій.

Результати цього підрозділу опубліковані [40, 139]

3.5 Активність антиоксидантної системи, фракційний склад розчинних білків гемолімфи та спектр кишкової мікробіоти бджіл за підгодівлі цукровим сиропом з додаванням *Lactobacillus casei* B-7280 та *Lactobacillus plantarum* B-7679

Відомо, що активні форми кисню утворюються у результаті аеробного дихання та окислення субстратів. У клітинах організму, які піддаються різним стресам, посилюється виробництво активних форм кисню, які безпосередньо діють на ферменти та пошкоджують клітини [Т217]. У той же час аналіз літератури показує, що Германій сприяє виведенню з організму токсинів і нівелює негативний вплив факторів зовнішнього середовища, володіє широким спектром біологічної дії, що підтверджують одержані нами результати, запобігає старінню і загибелі клітин. Германій відіграє важливу роль у формуванні резистентності організму та здатний відновлювати і профілакувати широкий спектр захворювань [35] .

Дослідженнями вмісту загального білка ($P < 0,05-0,01$) і глікогену ($P < 0,05-0,01$) у гомогенаті тканин організму бджіл відзначено вірогідне підвищення їх рівня у тканинах дослідних груп (табл. 3.13). Водночас встановлено вищу каталазну активність тканин організму бджіл всіх груп стосовно підготовчого періоду, а для дослідних груп порівняно з контрольною групою ($P < 0,05$).

Таблиця 3.13.

Вміст загального білка, глікогену каталази у тканинах організму бджіл, ($M \pm m$, $n=5$)

Показник	Група/Період дослідження					
	Контрольна 1 мл Ц.С./добу		Д 1 1 мл Ц.С.+Ge 0,1 мкг +пробіотик 10 ⁶ КУО/мл/добу		Д 2 1 мл Ц.С.+Ge 0,2 мкг +пробіотик 10 ⁶ КУО/мл/добу	
	підготовчий	дослідний	підготовчий	дослідний	підготовчий	дослідний
Загальний білок, г%	17,5±0,51	18,4±0,71	17,2±0,46	21,4±0,55***#	17,6±0,76	21,3±0,45*#
Глікоген, мг%	200,58±3,46	208,14±5,61	226,43±4,29	276,53±5,72***#	213,53±4,17	267,62±6,86***#
Каталазна активність, мкмоль/хв/мг білку	26,5±0,90	28,9±1,12	27,3±1,13	38,7±1,88***#	27,8±1,02	39,0±1,66***#

Примітка: в цій та наступних таблицях * - $P < 0,05$, ** - $P < 0,01$, *** - $P < 0,001$ — вірогідні різниці між підготовчим та дослідним періодами за групами. # - $P < 0,05$, ## - $P < 0,01$, ### - $P < 0,001$ — вірогідні різниці між контрольною та дослідними групами.

Малоновий діальдегід (МДА) є кінцевим продуктом перекисного окиснення поліненасичених жирних кислот у клітинах. Надмірне утворення вільних радикалів спричиняє інтенсивне накопичення МДА. Вміст малонового діальдегіду слугує індикатором рівня оксидативного стресу та відображає антиоксидантний статус організму. [186].

Надмірна активація процесів ПОЛ при зниженій активності антиоксидантної системи організму може призвести до значних патологічних змін, які, в першу чергу, супроводжуються пошкодженням субклітинних та клітинних мембран. Продукти ПОЛ викликають порушення не тільки ліпідних зв'язків в біомембранах, але і їх білкового компоненту – за рахунок зв'язування з амінними групами, що призводить до порушення білково-ліпідної взаємодії. Вільнорадикальне окиснення ліпідів викликає зміни еластичності волокон, ініціює фібропластичні процеси та старіння колагену.

У результаті проведених досліджень встановлено, що у гомогенатах тканин організму бджіл зменшилась концентрація гідроперекисів ліпідів у Д 2 дослідній групі на 16,67 % ($P < 0,05$) (рис. 3.10) та ТБК-активних продуктів на 41,85 % ($P < 0,001$) порівняно до контрольної групи (рис. 3.9).

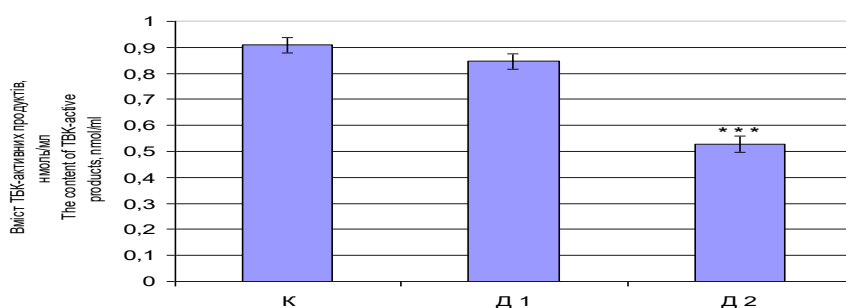


Рис. 3.9. Вміст ТБК-активних продуктів в гомогенатах тканин організму бджіл. К – контрольна група, Д 1 –дослідна перша група, Д 2 –дослідна друга група.

Примітка. — на цьому та наступному рисунку, * - $P < 0,05$, ** - $P < 0,01$, *** - $P < 0,001$ — вірогідні різниці між контрольним та дослідними періодами за групами.

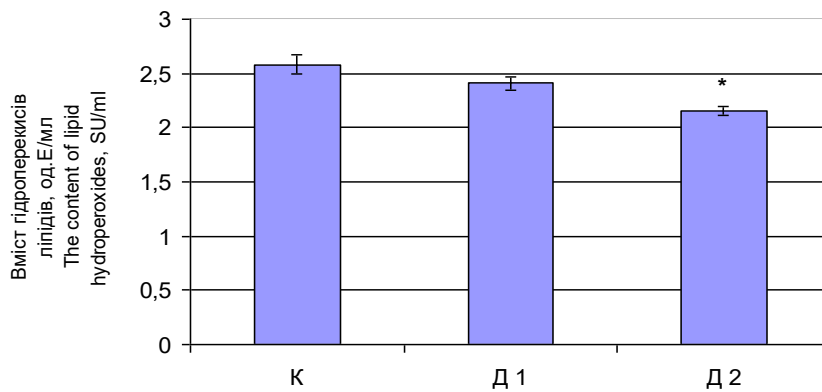


Рис. 3.10 Вміст гідроперекисів ліпідів гомогенатах тканин організму бджіл. К – контрольна група, Д 1 –дослідна перша група, Д 2 –дослідна друга група

Ці результати вказують на антиоксидантну дію цитрату Ge в організмі бджіл у застосованих дозах, що супроводжувалося зниженням вмісту ТБК-активних продуктів і гідроперекисів ліпідів в гомогенатах тканин організму бджіл усіх дослідних груп, що узгоджується з даними інших авторів

Дослідження біохімічних показників гемолімфи і гомогенату тканин бджіл вказують на відсутність вірогідних змін відносного вмісту та співвідношення білкових фракцій у гемолімфі бджіл Д1 і Д2 груп порівняно з контрольною групою (табл. 3.14). Однак, встановлені вірогідні ($P < 0,05$) відмінності розподілу глобулінових фракцій протеїнів гемолімфи бджіл дослідних груп у період дії добавок.

Зокрема, у гемолімфі бджіл дослідних груп зменшувався відносний рівень γ -глобулінової фракції на тлі підвищення β -глобулінової. Встановлені різниці у розподілі фракцій протеїнів в гемолімфі бджіл дослідних і контрольної груп у підготовчий і дослідний період, можуть зумовлюватися впливом стресових чинників в період перенесення їх з вулика пасіки у ентомофільні садки. Це підтверджується аналогічними як у дослідних групах змінами з нижчим відносним вмістом γ -глобулінів, але вищим β -глобулінів у гемолімфі бджіл контрольної групи у дослідний період порівняно з підготовчим.

Відносний вміст фракцій розчинних протеїнів у гемолімфі бджіл, % (M±m, n=5)

Протеїнові фракції	Групи / Періоди дослідження					
	Контрольна 1 мл ЦС/добу		Дослідна 1 1 мл Ц.С.+Ge 0,1 мкг +пробіотик 10 ⁶ КУО/мл/добу		Дослідна 2 1 мл Ц.С.+Ge 0,2 мкг +пробіотик 10 ⁶ КУО/мл/добу	
	підготовчий	дослідний	підготовчий	дослідний	підготовчий	дослідний
γ-глобуліни	21,05±0,81	18,68±1,02	21,15±0,58	18,86±0,71*	20,33±0,52	18,73±1,46
β-глобуліни	60,34±1,26	64,36±0,75	60,00±0,47	63,70±1,02*	61,47±0,30	64,17±0,83*
α ₂ -глобуліни	9,81±0,89	9,42±0,12	10,01±0,73	9,23±0,56	9,37±0,72	8,97±0,88
α ₁ -глобуліни	8,79±0,47	7,54±0,48	8,84±0,31	8,21±0,43	8,83±0,11	8,13±0,56
Альбуміни	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено

Бджолина сім'я як біологічна система функціонує під впливом комплексу екзогенних та ендогенних чинників, серед яких провідну роль відіграють якість і доступність кормів. Враховуючи сучасні тенденції розвитку бджільництва, актуальним є пошук інноваційних підходів до стимулювання росту та життєздатності бджіл, зокрема шляхом застосування пробіотичних добавок. Фізіологічний вплив пробіотика *Lactobacillus casei* пов'язаний з нормалізацією кишкової бактеріальної мікрофлори та участі в модуляції запальних реакцій. У шлунково-кишковому тракті пробіотики чинять як пряму дію на патогенні та

умовно патогенні мікроорганізми, так і непрямую – активуючи специфічні та неспецифічні захисні системи організму [16, 89].

Як відомо, взаємодія мікробіоти та організму бджіл є поширеним явищем серед комах-запилувачів. Мікробіома кишечника медоносної бджоли бере активну участь у захисті від інфекцій і в деградації полісахаридів оболонки пилку, а також у детоксикації забруднювачів і токсичних рослинних сполук. Крім того, мікробіома медоносних бджіл має важливе значення для виробництва меду та перги під час дозрівання [225]. У життєдіяльності бджіл симбіотна мікрофлора кишечника має важливе значення не тільки для процесу травлення, але й проявляє антагоністичну активність проти патогенних мікроорганізмів, бере участь у функціонуванні імунної системи організму загалом. Додаток пробіотиків особливо важлива в період, коли бджоли обмежують контакт з зовнішнім середовищем і природними пробіотичними бактеріями [89, 231].

В середньому відділі кишечника бджіл кількість аеробних та факультативно анаеробних мікроорганізмів знижувалась лише в Д2, натомість кількість стафілококів окремо знижувалась в обох дослідних групах (табл. 3.15). Кількість стрептококів та коліформних бактерій в середній кишці бджіл на 30 добу експерименту залишалась на рівні контролю в обох дослідних групах. Мікроскопічні гриби та псевдомонади повністю елімінувались з середньої кишки бджіл на 30 добу за умов застосування *L. casei* IMV B-7280 в кількості 10^6 КУО + Ge у вигляді цитрату.

В обох дослідних групах спостерігали збільшення кількості лактобацил та біфідобактерій в середньому кишечнику бджіл на 30 добу дослідження.

В задній кишці кількість аеробних та факультативно анаеробних мікроорганізмів та стафілококів окремо виявилась меншою, ніж в контролі, в обох дослідних групах (табл. 3.16). Натомість, кількість стрептококів та коліформних бактерій залишалися на рівні контролю на 34 добу як в Д 1, так і в Д 2.

Також було відмічено, що в задньому відділі кишечника бджіл, що отримували підгодівлю у вигляді 60% цукрового сиропу 1 мл/групу/добу + *Lactobacillus casei* B-7280 в кількості 10^6 КУО + 0,1 мкг Ge у вигляді цитрату протягом 30 діб (ДІ),

кількість мікроскопічних грибів та псевдомонад значно знижувалась. Натомість, в ДШ, що отримувала вдвічі більшу дозу Ge у вигляді цитрату протягом 30 діб дані умовно-патогенні мікроорганізми повністю елімінувались, що може свідчити про можливу пряму чи опосередковану антимікробну дію цитрату Ge.

Кількість лактобацил та біфідобактерій в задній кишці бджіл, що отримували пробіотичний штам *Lactobacillus casei* В-7280 та цитрат Ge, виявилась більшою після 30 діб експерименту.

Кишкова мікробіота бджіл формує стабільні симбіотичні комплекси, які забезпечують низку життєво важливих функцій. Зокрема, вона активно бере участь у захисті організму від інфекційних агентів, створюючи несприятливі умови для розвитку патогенів, конкуруючи з ними за поживні ресурси та простір, а також продукуючи органічні кислоти й антимікробні пептиди. Важливим аспектом є здатність мікробіоти до деградації полісахаридів оболонки пилку, що робить доступними поживні речовини для бджіл, а також її участь у процесах детоксикації забруднювачів та токсичних рослинних сполук, що можуть потрапляти до організму під час збору нектару й пилку. Крім того, мікробіота медоносних бджіл має ключове значення для виробництва меду та перги. У процесі дозрівання цих продуктів вона забезпечує ферментативні перетворення, що сприяють формуванню їхніх харчових та біологічних властивостей. Таким чином, мікробіота не лише підтримує фізіологічний гомеостаз бджіл, але й прямо впливає на якість кінцевої продукції бджільництва. У життєдіяльності бджіл симбіотна мікрофлора кишечника виконує багатофункціональну роль: бере участь у процесах травлення, проявляє антагоністичну активність проти патогенних мікроорганізмів. Завдяки цьому вона стає важливим компонентом захисних механізмів організму, підтримуючи його стійкість до хвороб і сприяючи адаптації до змін довкілля.

Таблиця 3.15.

Спектр мікробіоти середньої кишки бджіл за підгодівлі *Lactobacillus casei* IMV B-7280 та цитрату Ge

Група	Кількість мікроорганізмів, що висівались на поживних середовищах (Lg КУО/мг)							
	МПА	BAIRD-PARKER-Agar	KF-Streptococcus agar	ЕНДО	Сабуро	Pseudo-monas agar	MRSA	ВА
Контроль	4,12 ± 0,12	3,55 ± 0,09	3,14 ± 0,04	3,86 ± 0,14	3,27 ± 0,21	2,95 ± 0,02*	2,83 ± 0,09	2,37±0,05
Дослідна I	3,72 ± 0,06	2,18±0,04**	3,10 ± 0,07	4,25±0,15	0**	0**	4,12±0,04**	3,17 ±0,03**
Дослідна II	3,12± 0,04*	2,06±0,06**	2,87 ± 0,11	4,11±0,21	0**	0**	3,98 ±0,08**	3,22±0,02**

*P < 0,05, **P < 0,01 порівняно з контролем

Таблиця 3.16

Спектр мікробіоти задньої кишки бджіл за підгодівлі *L. casei* IMV B-7280 та цитрату Ge

Група	Кількість мікроорганізмів, що висівались на поживних середовищах (Lg КУО/мг)							
	МПА	BAIRD-PARKER-Agar	KF-Streptococcus agar	ЕНДО	Сабуро	Pseudo-monas agar	MRSA	ВА
Контроль	4,93± 0,05	4,18±0,04	3,27±0,05	4,51±0,07	3,78±0,04*	4,66 ± 0,08*	3,52 ± 0,09	3,12±0,11
Дослідна I	4,01±0,06*	2,33±0,05**	2,99±0,17	4,65±0,14	1,55±0,09**	1,20±0,12**	5,78±0,05**	4,62±0,06**
Дослідна II	3,55±0,03**	2,12±0,08**	3,17±0,08	4,87±0,10	0**	0**	5,06 ± 0,10**	4,33±0,04**

*P < 0,05, **P < 0,01 порівняно з контролем

3.6. Життєздатність бджіл за дії нанотехнологічного Ge цитрату та пробіотика *L. casei* B-7280 за періодичного їх застосування

Життєздатність медоносних бджіл є ключовим показником стабільності та продуктивності бджолосімей. Вона визначає тривалість життя особин, їхню стійкість до стресових чинників, здатність до виконання біологічних функцій та забезпечення високої продуктивності. У сучасних умовах інтенсифікації бджільництва та зростання екологічних ризиків особливого значення набуває пошук біологічно активних речовин, здатних стимулювати життєздатність бджіл і підтримувати їхній фізіологічний стан на оптимальному рівні.

Отримані результати доводять, що поєднання цитрату Ge і пробіотика *Lactobacillus casei* B-7280 проявляло стимулюючий вплив на життєздатність медоносних бджіл карпатської породи впродовж 21 доби їх застосування з цукровим сиропом в умовах лабораторного термостату. Випоювання медоносним бджолам пробіотика *Lactobacillus casei* B-7280 в дозі 1×10^6 КУО/мл (Д 2 група) за умов лабораторного термостату стимулювало їх життєздатність, що підтверджує більша кількість живих бджіл за 7-добовими періодами досліду порівняно з контрольною групою (табл. 3.17). Вплив комплексно застосованих цитрату Ge і пробіотика *Lactobacillus casei* B-7280 підвищувало життєздатність бджіл за кількістю живих бджіл, що більше виражено на 14 і 21 добу досліду.

Ці дані вказують на доцільність комплексного використання цитрату Ge і пробіотика *Lactobacillus casei* B-7280 у застосованих концентраціях для підвищення життєздатності медоносних бджіл.

Таблиця 3.17.

Динаміка збереженості та загибелі бджіл за умов періодичного застосування цитрату германію та пробіотика *Lactobacillus casei*

Доба згодовування добавки	Групи бджіл, їх вихідна кількість															
	Контроль – 1 мл ЦС/добу щоденно				Дослідна 1 – 1 мл ЦС щоденно + Ge 0,1 мкг/через 3 доби				Дослідна 2 1 мл Ц.С. щоденно +пробіотик L.casei / через кожні 3 доби				Дослідна 3 1 мл Ц.С. щоденно+ Ge0,1 мкг +пробіотик через кожні 3 доби			
	Живі бджоли		Мертві бджоли		Живі бджоли		Мертві бджоли		Живі бджоли		Мертві бджоли		Живі бджоли		Мертві бджоли	
	шт	%	шт	%	шт	%	шт	%	шт	%	шт	%	шт	%		%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	57	100	0	0	36	100	0	0	29	100	0	0	70	100	0	0
2	57	100	0	0	36	100	0	0	29	100	0	0	70	100	0	0
3	55	96,5	2	3,5	34	94,4	2	5,6	25	86,2	4	13,8	70	100	0	0
4	55	96,5	2	3,5	34	94,4	2	5,6	24	82,7	5	7,8	68	97,1	2	2,9
5	54	94,7	3	5,3	34	94,4	2	5,6	21	82,8	8	17,3	67	95,7	3	4,3
6	54	94,7	3	5,3	34	94,4	2	5,6	20	69,0	9	31,0	66	94,3	4	5,7
7	53	93,0	4	7,0	31	86,1	5	13,9	20	69,0	9	31,0	64	91,4	6	8,6
Середнє за 7 діб ± до контролю	55,0	86,7 100	2,0	13,3 100	34,1	94,7 +10,4	1,9	5,3 -10,4	24,0	82,8 -3,9	5	17,2 +3,9	67,9	97,0 +10,3	2,1	3,0 -10,3
8	39	68,4	18	31,6	23	63,9	13	36,1	19	68,7	10	31,3	63	90	7	10
9	27	47,4	30	52,6	23	63,9	13	36,1	19	68,7	10	31,3	62	88,6	8	11,4
10	27	47,4	30	52,6	18	50,0	18	50,0	18	62,1	11	37,9	62	88,6	8	11,4
11	24	42,1	33	57,9	17	47,2	19	52,8	15	51,7	14	48,3	60	85,7	10	14,3
12	23	40,3	34	59,7	12	33,3	24	66,7	12	41,4	17	58,6	52	74,3	18	25,7
13	22	38,6	35	61,4	9	25,0	27	75	10	34,5	19	65,5	48	68,6	22	31,4
14	19	33,3	38	66,7	1	2,8	35	97,2	6	20,7	23	79,3	32	45,7	38	54,3
Середнє за 7 діб ± до контролю	25,9	45,3 100	31,1	54,7 100	14,7	40,8 4,5	29,6	59,2 4,5	14,1	48,6 3,3	14,9	51,4 3,3	54,1	77,3 +32,0	15,9	22,7 -32,0

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Середнє за 14 днів ± до контролю	40,4	71,0 100	16,6	29,0 100	24,4	68,0 -3,0	11,6	32,0 +3,0	19,1	53,1- 17,9	16,9	46,9 +17,9	61,0	87,1 +16,1	9,0	12,9 -16,1
15	19	33,3	38	66,7	1	2,8	35	97,2	6	20,7	23	79,3	32	45,7	38	54,2
16	19	33,3	38	66,7	1	2,8	35	97,2	5	17,2	24	82,8	32	45,7	38	54,2
17	19	33,3	38	66,7	1	2,8	35	97,2	5	17,2	24	82,8	30	42,8	40	57,1
18	19	33,3	38	66,7	1	2,8	35	97,2	5	17,2	24	82,8	28	40,0	42	60,0
19	8	14,1	49	85,9	0	0	36	100	4	13,8	25	86,2	25	35,7	45	64,3
20	7	12,3	50	87,7	0	0	36	100	4	13,8	25	86,2	21	30,0	49	70,0
21	4	7,0	53	93,0	0	0	36	100	3	10,3	26	89,6	21	30,0	49	70,0
Середнє за 7 днів ± до контролю	13,6	23,8 100	43,4	76,2 100	0,6	1,6 -22,2	35,4	98,4 +22,2	4,6	15,7 -8,1	24,4	84,3 +8,1	27	38,5 +14,7	43	61,4 -14,7
Середнє за 21 добу	31,5	55,3	25,5	44,7	16,5	45,8	19,5	54,2	14,2	49,0	14,8	51,0	49,7	71,0	20,3	29,0

Варто зазначити використання пробіотичних препаратів, нормалізує мікробіоту кишечника, здатні активувати ферментативну діяльність та посилювати імунні механізми, а як наслідок сприяють підвищенню виживаності бджіл. Пробіотик *Lactobacillus casei* В-7280 характеризувався вираженим стимулюючим впливом, що проявлявся у збільшенні кількості живих особин за різні періоди дослідження порівняно з контролем. Це свідчить про його здатність підтримувати фізіологічну активність бджіл в умовах лабораторного термостату.

Комплексне застосування цих речовин забезпечує синергічний ефект: цитрат германію активує антиоксидантні механізми та метаболічні процеси, тоді як пробіотик стабілізує мікробіоту кишечника та підвищує імунну реактивність. У результаті життєздатність бджіл достовірно зростає, причому найбільш виражений ефект спостерігається на 14-ту та 21-шу добу дослідження.

Отримані дані підтверджують доцільність використання комплексу цитрату германію та пробіотика *Lactobacillus casei* В-7280 не лише в умовах лабораторних умов, але й у традиційному бджільництві, в т.ч. в умовах пасіки. Застосування комплексної добавки може стати ефективним інструментом для підвищення виживаності бджолосімей, стимуляції репродуктивної здатності маток та покращення якісних характеристик меду. Це відкриває перспективи впровадження інноваційних методів спрямованих на збереження здоров'я бджіл та підвищення їх продуктивності, що й буде метою подальших досліджень.

Результати цього розділу опубліковані [39]

3.7 Особливості білкового обміну, активність каталази та спектр кишкової мікробіоти бджіл за умов періодичного застосування цитрату германію та пробіотика *Lactobacillus casei* B-7280

Симбіонтна мікрофлора кишечника медоносних бджіл виконує комплексні функції, що охоплюють процеси травлення, пригнічення розвитку патогенних мікроорганізмів та підтримку роботи імунної системи. Завдяки цьому вона стає ключовим елементом захисних механізмів організму, забезпечуючи його стійкість до хвороб і сприяючи адаптації до змін довкілля.

Особливої актуальності набуває застосування пробіотичних добавок у періоди, коли бджоли мають обмежений контакт із природними джерелами корисних бактерій. Такі умови характерні для зимівлі або утримання у штучних середовищах, що може призводити до порушення мікробного балансу. Введення пробіотиків у кормові суміші дозволяє підтримувати оптимальний склад кишкової мікрофлори, що позитивно позначається на загальному стані бджолосімей, їхній продуктивності та резистентності до інфекційних захворювань.

Мікробіологічні дослідження середнього відділу кишечника показали, що кількість аеробних та факультативно анаеробних мікроорганізмів знижувались на 30 добу в II і III дослідних групах (табл 3.18).

Таблиця 3.18.

Спектр мікробіоти середньої кишки бджіл, що отримували підгодовлю штамом *Lactobacillus casei* IMV B-7280 та цитратом Ge

Дослідна група	Кількість мікроорганізмів, що висівались на поживних середовищах (Lg КУО/мг)								
	Доба	МПА	BAIRD-PARKER-Agar	KF-Streptococcus agar	ЕНДО	Сабуро	Pseudomonas agar	MRSA	ВА
Контроль	0 доба	4,11 ± 0,12	3,44 ± 0,07	2,96 ± 0,06	3,85 ± 0,06	3,16 ± 0,12	1,16 ± 0,10	2,51 ± 0,03	1,90 ± 0,06
	30 доба	3,77 ± 0,22	3,18 ± 0,09	3,17 ± 0,11	4,12 ± 0,09	3,44 ± 0,08	3,22 ± 0,04*	2,40 ± 0,06	1,77 ± 0,03
Дослідна група 1	0 доба	4,32 ± 0,05	3,87 ± 0,11	3,22 ± 0,11	3,77 ± 0,05	2,97 ± 0,05	2,16 ± 0,08	2,34 ± 0,08	2,11 ± 0,11
	30 доба	4,11 ± 0,09	3,02 ± 0,06*	3,10 ± 0,09	3,51 ± 0,11	2,21 ± 0,02**	1,17 ± 0,05**	2,21 ± 0,15	1,97 ± 0,23
Дослідна група 2	0 доба	3,81 ± 0,09	3,25 ± 0,04	3,01 ± 0,14	3,89 ± 0,03	3,32 ± 0,09	1,95 ± 0,07	2,15 ± 0,05	2,05 ± 0,09
	30 доба	3,10 ± 0,02*	2,75 ± 0,02*	2,86 ± 0,06	3,98 ± 0,04	2,71 ± 0,24	1,86 ± 0,14	2,55 ± 0,03*	2,16 ± 0,12
Дослідна група 3	0 доба	3,99 ± 0,11	3,37 ± 0,08	2,77 ± 0,06	4,09 ± 0,07	3,12 ± 0,11	2,45 ± 0,09	2,37 ± 0,07	2,30 ± 0,05
	30 доба	3,05 ± 0,05**	2,27 ± 0,04**	2,14 ± 0,03*	4,11 ± 0,16	1,97 ± 0,22**	1,10 ± 0,10**	2,44 ± 0,09	3,47 ± 0,05**

*P < 0,05, **P < 0,01 у порівнянні з 0 добою відповідної групи.

Таблиця 3.19.

Спектр мікробіоти середньої кишки бджіл, що отримували підгодовлю штамом *Lactobacillus casei* IMV B-7280 та цитратом Ge

Дослідна група	Кількість мікроорганізмів, що висівались на поживних середовищах (Lg КУО/мг)								
	Доба	МПА	BAIRD-PARKER-Agar	KF-Streptococcus agar	ЕНДО	Сабуро	Pseudomonas agar	MRSA	ВА
Контроль	0 доба	4,95 ± 0,04	3,98 ± 0,09	3,49 ± 0,09	5,16 ± 0,05	3,05 ± 0,05	2,65 ± 0,12	4,11 ± 0,05	2,55 ± 0,05
	30 доба	4,80 ± 0,08	4,15 ± 0,11	3,57 ± 0,05	4,62 ± 0,17	3,18 ± 0,03	3,01 ± 0,15	3,80 ± 0,03	2,79 ± 0,06
Дослідна група 1	0 доба	5,11 ± 0,09	4,22 ± 0,05	3,12 ± 0,09	4,85 ± 0,04	3,22 ± 0,08	3,96 ± 0,16	3,99 ± 0,09	2,61 ± 0,08
	30 доба	4,48 ± 0,05*	3,65 ± 0,05**	2,99 ± 0,21	4,66 ± 0,07	2,44 ± 0,05**	3,88 ± 0,22	3,65 ± 0,17	2,10 ± 0,17
Дослідна група 2	0 доба	5,02 ± 0,05	3,77 ± 0,07	2,97 ± 0,19	4,97 ± 0,07	3,07 ± 0,07	3,55 ± 0,12	3,88 ± 0,06	2,88 ± 0,09
	30 доба	4,14 ± 0,06**	3,02 ± 0,09*	2,88 ± 0,16	4,75 ± 0,12	2,33 ± 0,04*	2,61 ± 0,03**	4,89 ± 0,05**	3,58 ± 0,05*
Дослідна група 3	0 доба	4,87 ± 0,07	4,09 ± 0,03	3,32 ± 0,06	5,01 ± 0,10	3,34 ± 0,09	3,73 ± 0,11	4,02 ± 0,08	2,71 ± 0,03
	30 доба	3,55 ± 0,04**	2,55 ± 0,11**	3,14 ± 0,03	5,99 ± 0,07*	2,11 ± 0,06**	2,65 ± 0,04**	4,71 ± 0,09*	2,34 ± 0,19

*P < 0,05, **P < 0,01 у порівнянні з 0 добою відповідної групи

Кількість стафілококів в середній кишці була нижчою ($P < 0,05-0,02$), в усіх дослідних групах, натомість кількість стрептококів знижувалась ($P < 0,05$), лише у бджіл III дослідної групи. На 30-ту добу дослідження не спостерігали вірогідних різниць між контрольною та дослідними групами кількості коліформних бактерій. Кількість мікроскопічних грибів та псевдомонад в середній кишці бджіл була нижчою ($P < 0,02$), на тлі вищого рівня лактобактерій в II дослідній групі ($P < 0,05$) та біфідобактерій в III дослідній групі ($P < 0,02$).

За результатами мікробіологічних дослідження заднього відділу встановлено, що загальна кількість аеробних та факультативно анаеробних мікроорганізмів, зокрема стафілококів, достовірно знижувалось в бджіл, що отримували підгодівлю штамом *Lactobacillus casei* B-7280 та цитратом Ge за роздільного та комплексного застосування. Кількість коліформних бактерій зростала у дослідній III групі ($P < 0,05$), на тлі низького рівня мікроскопічних грибів у всіх дослідних групах ($P < 0,05-0,02$). Кількість лактобактерій в задній кишці бджіл зростала в II ($P < 0,02$) і III ($P < 0,05$) дослідних групах. Кількість біфідобактерій в задній кишці вірогідно вища була лише у II дослідній групі ($P < 0,05$), що отримувала цукровий сироп та *L. casei* IMV B-7280 в кількості 10^6 КУО через кожні три доби, в інших дослідних групах їх кількість була нижчою порівняно до контролю.

Отже, застосування пробіотичних штамів *Lactobacillus casei* та цитрату Ge, як роздільно, так і комплексно до підгодівлі бджіл в умовах ентомологічних садків спричиняло до кількісних змін у складі кишкової мікробіоти,

Дослідження біохімічних показників гемолімфи вказують на відсутність вірогідних змін співвідношення білкових фракцій у гемолімфі бджіл дослідних груп за підгодівлі цитратом Ge і розчину пробіотика *Lactobacillus casei* B-7280 Д1 і Д2 груп порівняно з контрольною групою (табл. 3.20).

Таблиця 3.20

Відносний вміст фракцій розчинних білків у гемолімфі бджіл ($M \pm m$, $n=5$, %)

Білкові фракції	Дослідні групи			
	К	Д1	Д2	Д3
γ-глобуліни	11,33±0,88	10,97±1,08	11,73±2,36	9,96±0,44
β-глобуліни	71,76±1,62	72,24±1,39	71,29±2,40	72,71±1,14
α2-глобуліни	9,88±1,36	8,92±0,24	8,93±0,70	9,75±0,55
α1-глобуліни	7,03±1,14	7,87±0,50	8,04±0,43	7,58±0,83
Альбуміни	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено

Аналіз вмісту загального білка у гомогенатах тканин організму медоносних бджіл за умов підгодівлі цукровим сиропом із додаванням цитрату германію та пробіотики *Lactobacillus casei* В-7280 показав відсутність вірогідних різниць у дослідних групах порівняно з контролем та підготовчим періодом (табл. 3.21).

Таблиця 3.21

Вміст загального білка у тканинах організму бджіл за підгодівлі цитратом Ge та пробіотиком *Lactobacillus casei* В 7280, г%, ($M \pm m$, $n=5$)

Група	Періоди дослідження	
	Підготовчий	Дослідний
К – цукровий сироп (ЦС)	14,14±0,20	15,13±0,17
Д 1 – ЦС +0,1 мкг Ge через кожні 3 доби	14,50±0,41	15,27±0,62
Д 2 – ЦС + <i>Lactobacillus casei</i> , 10 ⁶ КУО/мл через кожні 3 доби	13,94±0,18	14,58±0,42
Д3 – ЦС+0,1мкг Ge + <i>Lactobacillus casei</i> , 10 ⁶ КУО/мл через кожні 3 доби	12,65±0,28	16,09±0,55

За результатами дослідження у I і II дослідній групі спостерігали незначні коливання на тлі виражених змін у ДЗ дослідній групі де вміст загального білка зріс із $12,65 \pm 0,28$ г% у підготовчий період до $16,09 \pm 0,55$ г% на 28-му добу. Це може свідчити про можливий синергічний ефект поєднання мінеральної сполуки та пробіотика, що проявляється у стимуляції білкового метаболізму в тканинах організму бджіл за комплексного застосування.

Водночас, встановлено вищу каталазну активність тканин організму у бджіл всіх дослідних груп порівняно з контрольною групою ($P < 0,05$), а також стосовно підготовчого періоду для Д 2 і Д 3 ($P < 0,01$) груп (табл. 3.22).

Таблиця 3.22.

Активність каталази у тканинах організму бджіл за підгодівлі цитратом Ge та пробіотиком *Lactobacillus casei* В 7280, ($M \pm m$, $n=5$)

Група	Періоди дослідження	
	Підготовчий	Дослідний
К – цукровий сироп (ЦС)	$22,44 \pm 1,25$	$28,13 \pm 0,74^*$
Д 1 – ЦС + 0,1 мкг Ge через кожні 3 доби	$23,3 \pm 1,91$	$37,00 \pm 1,81^*$
Д 2 – ЦС + <i>L. casei</i> , 10^6 КУО/мл через кожні 3 доби	$20,03 \pm 2,86$	$36,8 \pm 2,11^* \#\#$
Д 3 ЦС + 0,1 мкг Ge + <i>L. casei</i> , 10^6 КУО/мл через кожні 3 доби	$23,69 \pm 1,15$	$35,43 \pm 2,22^* \#\#$

Дослідження впливу цитрату германію та пробіотика *Lactobacillus casei* В-7280 на біохімічні показники організму медоносних бджіл характеризувалося зростанням активності каталази у Д2 дослідній групі, свідчить про що вплив пробіотика на метаболічну активність бджіл. У третій дослідній групі активність каталази була у 1,4 рази вищою порівняно до підготовчого періоду та у 1,3 рази

до контролю, що свідчить про синергічний ефект поєднання двох біологічно активних речовин, який забезпечує стабільне підвищення досліджуваного параметра.

Результати цього розділу опубліковані [19, 22, 24, 26, 38]

3.8 Ліпідний склад тканин та продукти перекисного окиснення в організмі бджіл за умов періодичного застосування цитрату германію та пробіотика *Lactobacillus casei* B-7280

Аналіз результатів вмісту загальних ліпідів у гомогенатах тканин організму бджіл і співвідношення їх класів вказує на деякі зміни цих показників у дослідний період, що більше виражені у Д1 та Д2 групах. (табл. 3.23).

Зокрема, у тканинах бджіл Д1 і Д2 групах порівняно до контролю встановлено збільшення відносного вмісту фосфоліпідів ($P < 0,01$), на тлі зменшення НЕЖК ($P < 0,01$ – $P < 0,001$), а також зменшення етерифікованого холестеролу ($P < 0,01$) у Д1 групі. Відсутність вірогідних різниць вмісту загальних ліпідів може вказувати на незначний вплив Ge у вигляді цитрату і розчину пробіотика *Lactobacillus casei* B-7280 на синтез і депонування ліпідів в організмі бджіл.

Таблиця 3.23

Вміст загальних ліпідів (г%) та співвідношення їх фракцій (%) у гомогенатах тканин організму бджіл ($M \pm m$, $n=5$)

Показники	Групи бджіл			
	К	Д1	Д2	Д3
Заг. ліпіди, г%	3,59±0,34	3,78±0,47	3,82±0,56	3,97±0,32
Фосфоліпіди	28,25±1,38	35,91±0,77**	34,69±1,87**	30,33±0,66
Моно- і диацилгліцероли	10,02±0,81	11,53±0,66	9,27±0,74	8,75±0,98
Вільний холестерол	11,95±1,07	12,81±0,94	14,06±0,48	11,26±1,33
НЕЖК	13,04±0,71	8,72±0,73**	7,34±0,33***	10,38±1,38
Триацилгліцероли	10,66±0,73	10,08±0,66	10,53±0,91	11,46±0,87
Етерифікований холестерол	26,07±0,89	20,95±0,53**	24,11±3,58	27,82±0,26

Примітка. ** $P < 0,01$, *** $P < 0,001$ — вірогідні різниці між контрольною та дослідними групами.

Встановлені між групами відмінності співвідношення класів ліпідів у тканинах бджіл вказують на більшу метаболічну активність цитрату германію та *Lactobacillus casei* В-7280 у застосованих дозах. Виявлені вірогідні відмінності у співвідношенні класів ліпідів у тканинах бджіл контрольної групи і дослідним періодом можуть зумовлюватися впливом сезонного фактора, що характеризується нагромадженням ліпідів у жировому тілі цих комах.

Вміст продуктів перекисного окиснення ліпідів був нижчим у всіх дослідних групах (табл. 3.24). Вміст ГПЛ знижувався у Д 1 Д 2 групах ($P < 0,05$), в Д3 ($P < 0,01$) порівняно контрольної групи.

Таблиця 3.24.

Вміст ГПЛ та ТБК-активних продуктів у тканинах організму бджіл за підгодівлі цитратом Ge та пробіотиком *L. casei* В 7280, од. Е/мл ($M \pm m$, $n=5$)

Група	Періоди дослідження	
	Підготовчий	Дослідний
ГПЛ		
К – цукровий сироп (ЦС)	2,34±0,02	2,67±0,04
Д 1 – ЦС +0,1 мкг Ge через кожні 3 доби	2,28±0,02	2,47±0,05*
Д 2 – ЦС + <i>L. casei</i> , 10 ⁶ КУО/мл через кожні 3 доби	2,39±0,03	2,51±0,03*
Д 3 ЦС+0,1 мкг Ge + <i>L. casei</i> , 10 ⁶ КУО/мл через кожні 3 доби	2,40±0,04	2,36±0,03**
ТБК-активні продукти		
К – цукровий сироп (ЦС)	0,693±0,02	0,746±0,03
Д 1 – ЦС +0,1 мкг Ge через кожні 3 доби	0,701±0,03	0,733±0,03
Д 2 – ЦС + <i>L. casei</i> , 10 ⁶ КУО/мл через кожні 3 доби	0,713±0,02	0,711±0,03
Д 3 ЦС+0,1 мкг Ge + <i>L. casei</i> , 10 ⁶ КУО/мл через кожні 3 доби	0,684±0,04	0,692±0,04

За результатами дослідження Д1 дослідній групі вміст ГПЛ зростав на 8,3% порівняно до підготовчого періоду, на тлі зниження на 7,49% до контролю. Натомість у дослідній групі Д3 спостерігалось зниження показника – з 2,40±0,04 до 2,36±0,03 ($P<0,01$), що свідчить про синергічний антиоксидантний ефект

поєднання двох біологічно активних речовин, спрямований на зменшення інтенсивності перекисного окиснення ліпідів.

Водночас аналіз ТБК-активних продуктів показав, що у Д1 та Д2 суттєво не змінювався впродовж дослідження. Таким чином, результати дослідження доводять, що окреме застосування цитрату германію або пробіотика *L. casei* сприяє помірному зростанню показників перекисного окиснення ліпідів, тоді як їх комплексне використання забезпечує зниження рівня ГПЛ та стабілізацію ТБК-активних продуктів.

Результати цього розділу опубліковані [24, 43]

3.9 Репродуктивна здатність бджолиних маток та продуктивність бджіл за підгодівлі цитрату германію у весняний період

Раціон медоносних бджіл формується завдяки поєднанню нектару та квіткового пилку, причому найбільш цінним є поліфлорний пилко, що вирізняється високим рівнем біологічної різноманітності. Такий корм забезпечує комах необхідними вітамінами, макро- та мікроелементами, а також є джерелом протеїну, незамінних амінокислот, ферментів і ліпідів. Сукупність цих компонентів оптимізує фізіолого-біохімічні процеси в організмі бджіл та стимулює репродуктивну активність маток [1, 17].

Весняна ревізія показала, що бджолині сім'ї дослідної групи характеризувалися більшою активністю. Бджоли цієї групи здійснювали обліт раніше та не проявляли ознак порушення санітарного стану вулика. Збереженість бджіл у зимовий період визначається комплексом чинників, серед яких спадкові особливості сім'ї, рівень її здоров'я, якість осіннього нарощування, поживна цінність кормів, породні характеристики та інші біологічні й екологічні параметри. У період зимівлі бджолині сім'ї дослідної групи продемонстрували

вищий рівень збереженості порівняно з контролем. Витрати кормів у цих сім'ях були меншими, що пояснюється кращим фізіологічним станом та стійкістю до несприятливих умов. Натомість контрольні сім'ї споживали більше меду, оскільки потребували додаткових енергетичних ресурсів для підтримання належного мікроклімату в гнізді.

Заміна бджолиних сімей, які перезимували триває протягом 30–35 діб, починаючи з моменту першого весняного обльоту та активізації яйцекладки матки. У сильних сім'ях тривалість життя бджіл після очисного обльоту сягає 40–45 діб, і на час їх загибелі сила колонії зростає в середньому на 2–3 вулички. Тривалість цього періоду значною мірою визначається якістю та тривалістю життя медоносних бджіл, що залежить від сили сім'ї, умов зимівлі, рівня забезпеченості кормами, весняних погодних факторів та особливостей медозбору.

За результатами весняної ревізії встановлено, що бджолині сім'ї дослідної групи, які отримували підгодівлю цукровим сиропом із додаванням 0,1 мкг/мл цитрату германію, характеризувалися вищим рівнем збереженості порівняно з контролем, що становило 100% проти 90% відповідно (табл. 3.25).

Таблиця 3.25

Стан та сила бджолиних сімей за показниками весняної ревізії ($M \pm m$, $n=5$)

Показник	Групи бджіл	
	I-контрольна	II-дослідна
Сила сім'ї, вуличок	4,25±0,258	6,67±0,67**
Кількість розплоду, рамок	2,10±0,12	2,67±0,33
Підмор, г	195,2±25,05	100,0±11,55**
Забрудненість рамок каловими масами, балів	3	відсутня
Збереженість, %	90	100

Примітка. *- $P < 0,05$, **- $P < 0,01$, ***- $P < 0,001$ — вірогідні різниці між контрольним та дослідним періодом за групами

Важливо зазначити, що під час осінньої підгодовлі сила сімей у дослідній та контрольній групах була однаковою. Проте навесні суттєва перевага залишалася за бджолиними сім'ями дослідної групи, що проявля-лося у збереженні більшої сили колоній, яка була вищою у 1,6 раза ($p < 0,01$) за показник у контрольній групі, а також у збільшенні підрамкового простору.

Отримані результати свідчать про позитивний вплив цитрату германію на життєздатність і силу бджолиних сімей, що підтверджує його ефективність у підтриманні фізіологічного стану та стійкості комах. Зокрема, у бджолиних гніздах дослідної групи після зимівлі під час весняної ревізії відзначено меншу кількість підмору та більший обсяг розплоду порівняно з контрольною групою. Характерною ознакою було збереження чистоти вуликів без слідів калових мас і цвілі, тоді як у контрольній групі зафіксовано забрудненість рамок, оцінену у 3 бали. Ці дані додатково підтверджують позитивний вплив умов підгодовлі на санітарний стан гнізд.

Упродовж періоду весняного розвитку бджолині сім'ї дослідної групи демонстрували інтенсивніше нарощування сили порівняно з контролем (рис. 3.11).

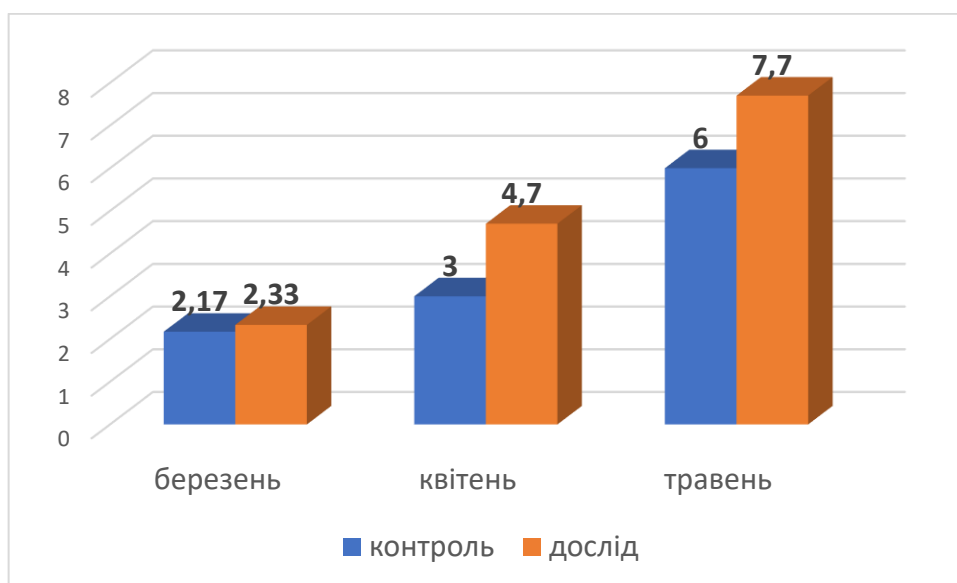


Рис. 3.11 Динаміка розвитку бджолиних сімей у весняний період, вуличок ($M \pm m$, $n=5$)

За результатами весняних спостережень у березні показники груп були майже на одному рівні й становили 2,17 та 2,33 вулички відповідно. Проте вже у квітні перевага дослідної групи становила 56 % (4,7 вулички проти 3,0 у контролі), а у травні – 28 % (7,7 вулички проти 6,0), що свідчить про стабільніший розвиток і вищу життєздатність дослідних сімей за умов використання нанотехнологічного мікроелемента.

Встановлено відмінності інтенсивності середньодобової яйцекладки бджолиних маток у дослідній групі порівняно з матками бджолиних сімей контрольної групи, що свідчить про позитивний вплив застосованих умов утримання на їхню репродуктивну активність (табл. 3.26).

Таблиця 3.26

Інтенсивність яйцекладки бджолиних маток, кількість яєць/добу ($M \pm m$, $n=5$)

Дата проміру/12 – добові етапи дослід.		Контрольна	Дослідна	% до контролю
Підготовчий період (I-етап)				
I етап	Середнє на бджоломатку за добу, шт	1 185,5±145,05	1 227,03±107,77	103,5
	Кількість яєць всього за 12 діб, шт	14 255,5±389,55	14 748,7±589,3	
Дослідні періоди				
II етап	Середнє на бджоломатку за добу, шт	1 385,5±58,50	1 401,5±24,8	110,7
	Кількість яєць всього за 12 діб, шт	16 155,2±458,2	17 884,0±658,53	
	% до I етапу	113,3	121,3	
III етап	Середнє на бджоломатку за добу, шт	1 470,5±52,45	1 504,4±23,56	102,3
	Кількість яєць всього за 12 діб, шт	17 582,5±125,58	18 052,3±282,73	
	% до II етапу	108,8	100,9	
Всього відкладено яєць за обліковий період, шт		47993,2	50 685,0	

Облік зрілого печатного розплоду за умов підгодівлі германію цитратом показав підвищення інтенсивності яйцекладки бджолиними матками у дослідній групі, яке за загальною кількістю яєць на II етапі перевищувало контроль на 10,7 %. Упродовж другого періоду експерименту середня кількість відкладених яєць у дослідній групі становила 17 884 проти 16 155 у контрольній, що підтверджує стимулюючий вплив нанотехнологічного препарату на репродуктивну активність маток.

У дослідній групі загальна кількість яєць за весь період експерименту зростала як порівняно з контролем, так і порівняно з підготовчим етапом. Підвищений рівень яйцекладки у бджолиних маток може бути пов'язаний із посиленням вмісту біологічно активних речовин у маточному молочку бджіл-годувальниць під впливом германію цитрату на їхній метаболізм, а також завдяки стимулюючій дії на функціональну активність репродуктивної системи маток.

Встановлено прямий взаємозв'язок між силою бджолиної сім'ї та продуктивністю медозбору: потужні сім'ї забезпечують більший вихід меду на одиницю живої маси, оскільки відносно менша частка особин витрачається на вирощування розплоду (табл. 3.27).

Бджолині сім'ї дослідної групи, які отримували підгодівлю германію цитратом, характеризувалися суттєво вищою продуктивністю порівняно з контрольними. За умов вищої чисельності робочих бджіл на початку медозбору вони забезпечили значно більший загальний вихід меду, а середній показник товарного меду на одну сім'ю перевищив контрольний на 6 кг. Це свідчить про позитивний вплив германію цитрату на силу та ефективність бджолиних сімей у весняний період і підтверджує доцільність його використання у практиці бджільництва.

Продуктивність бджолиних сімей за впливу цитрату германію ($M \pm m$, $n=5$)

Показник	Групи бджіл	
	Контрольна	Дослідна
Кількість бджолиних сімей на початку медозбору, шт	118	125
Вироблено меду, включаючи на корм бджолам, кг	3050	3750
Отримано товарного меду на одну бджолину сім'ю, кг	18,0	24,0

За результатами дослідження якісних показників меду встановлено, що значення проліну та діастазного числа у зразках дослідної групи були вірогідно вищими порівняно з контрольною, перевищуючи їх в середньому у 1,1 раза ($p < 0,05 - 0,001$) (табл. 3.14).

Якісні та фізико-хімічні показники меду за умов згодовування цитрату германію, ($M \pm m$, $n=5$)

Показники якості	Група медоносних бджіл	
	Контрольна	Дослідна
Пролін, мг/кг	312,85 \pm 3,55	346,46 \pm 0,46***
Діастазне число, од.Готе	10,50 \pm 0,25	11,20 \pm 0,03*
Масова частка води, %	18,13 \pm 0,35	17,04 \pm 0,83
pH	4,15 \pm 0,05	4,00 \pm 0,01*

Примітка. * – $p < 0,05$; *** – $p < 0,01$ – вірогідні різниці між контрольною та дослідною групами.

Масова частка води є одним із ключових критеріїв якості меду. За умов її підвищеного рівня бджолопродукція швидше кристалізується або переходить у рідкий стан, а ймовірність розвитку процесів бродіння істотно зростає. За результатами визначення масової частки води у зразках встановлено її нижчий рівень у дослідній групі (17,04 %) порівняно з контрольною (18,13 %), що свідчить про позитивний регуляторний вплив германію цитрату на процеси дозрівання меду та зв'язування води вуглеводами.

За органолептичними показниками мед відповідав вимогам ДСТУ 4497:2005. Ознак бродіння не виявлено; продукт мав солодкий, ніжний смак без сторонніх присмаків, характерний відтінок кольору від світло-жовтого до жовтого, в'язку консистенцію та був вільний від механічних домішок (табл. 3.29).

Таблиця 3.29

Органолептичні показники меду за умов згодовування цитрату германію, ($M \pm m$, $n=5$)

Назва показника	Група	Характеристика	ДСТУ 4497:2005
Колір	I	світло-жовтий	безколірний, білий, світло-жовтий, жовтий, темно-жовтий, темний з різними відтінками
	II	світло-жовтий	
Смак	I	ніжний	солодкий, ніжний, приємний, терпкий, подразнює слизову оболонку ротової порожнини, без сторонніх запахів
	II	приємний	
Консистенція	I	в'язка	рідка, в'язка, дуже в'язка, щільна
	II	дуже в'язка	
Кристалізація	I	дрібнозерниста	від дрібнозернистої до крупнозернистої
	II		
Ознаки бродіння (закисання)	I	відсутні	не дозволені
	II		
Механічні домішки	I	відсутні	не дозволені
	II		

Колір меду є одним із провідних критеріїв споживчого вибору, оскільки він тісно пов'язаний із хімічним складом продукту. Відтінок визначається ботанічним походженням нектару, кліматичними умовами та особливостями ґрунтів регіону медозбору. Темні сорти меду зазвичай характеризуються підвищеним вмістом мінеральних речовин, декстринів і поліфенольних сполук, а також більшою кислотністю порівняно зі світлими.

Визначення органолептичних та фізико-хімічних показників меду бджіл дослідної групи засвідчило оптимізуючий вплив цитрату магнію на його біологічну цінність, якість і безпечність. Підгодівля бджіл цукровим сиропом із додаванням цитрату германію сприяла активізації мінерального обміну в їхньому організмі. Отримані результати підтверджують доцільність використання мінеральних добавок у складі підгодівлі як ефективного засобу підвищення якості та біологічної цінності бджолопродукції.

Результати цього розділу опубліковані [18, 44]

3.10 Комплексний вплив нанотехнологічного цитрату германію та пробіотика *Lactobacillus casei* B-7280 на репродуктивну здатність маток, життєздатність бджіл та якість бджолопродукції

Попередні лабораторні експерименти із застосуванням нанотехнологічного цитрату германію та пробіотика *Lactobacillus casei* B-7280 засвідчили їх позитивний вплив на життєздатність медоносних бджіл, стабілізацію біохімічних показників та зниження інтенсивності оксидативних процесів. Водночас умови термостату не відображають повною мірою складність природних факторів, що діють на бджолосім'ї у виробничому середовищі.

З огляду на це, наступним етапом стало проведення комплексних досліджень безпосередньо на пасіці, що дозволило оцінити ефективність поєднаного застосування цитрату германію та пробіотика у реальних умовах весняної підгодівлі. Такий підхід дав можливість простежити їхній вплив на

репродуктивну здатність бджолиних маток, продуктивність бджолосімей та якість бджолопродукції, а також підтвердити практичну доцільність використання цих добавок у технології живлення бджіл.

Порівняльною оцінкою інтенсивності яйцекладки бджолиних маток, з визначенням у підготовчий період стартового проміру, встановлена різниця початкової кількості відкладених яєць у бджоломаток дослідної групи порівняно з контролем. Наступні 12-добові підрахунки кількості запечатаного розплоду характеризувалися підвищенням рівня яйцекладки, а як наслідок відповідно збільшенню сили бджолиних сімей (рис. 3.12).

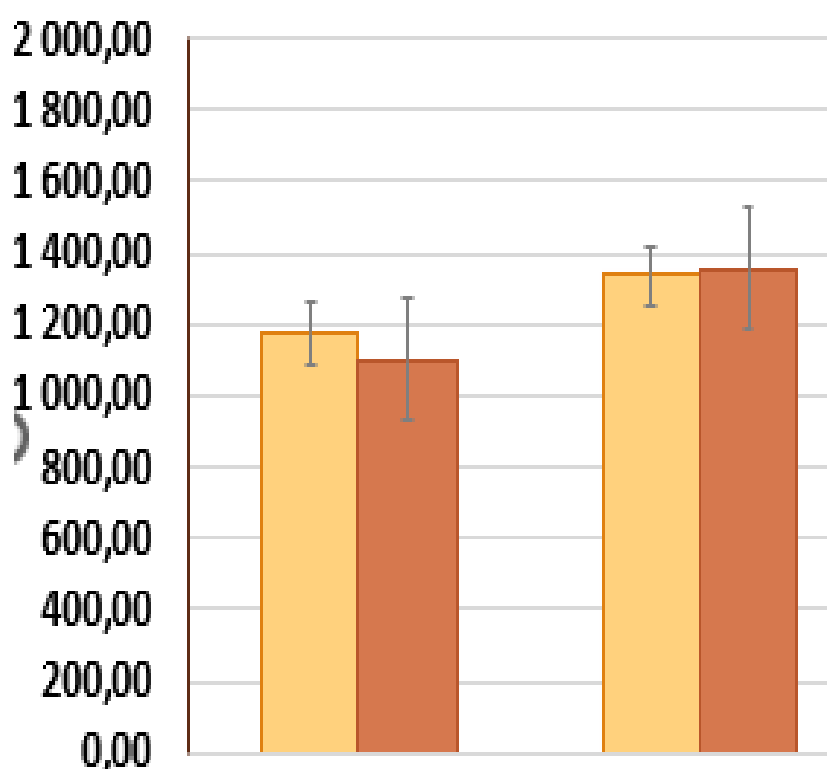


Рис. 3.12 Інтенсивність яйцекладки бджолиних маток, штук/маток/добу

Оцінка загальної кількості відкладених бджоломатками яєць показала відмінності відносно приросту маси і сили гнізда за дослідний період на усіх 12-добових етапах контрольної і дослідної груп.

Очевидно, вищий рівень яйцекладки маток дослідної групи може підтримуватися як збільшенням вмісту біологічно активних компонентів у маточному молочку бджіл-годувальниць дослідної групи від стимулюючого

впливу на обмін речовин у їх організмі, так і збереженням високої активності репродуктивної системи маток цих бджолосімей (рис. 3.13).

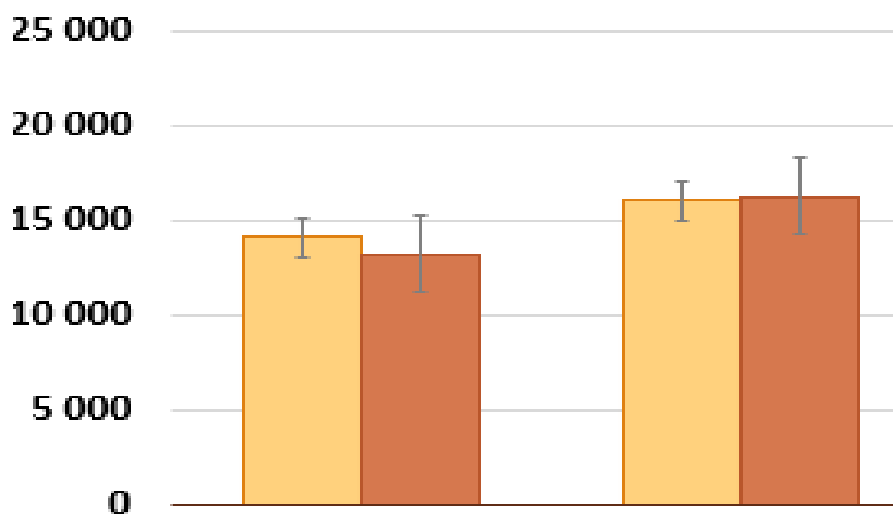


Рис. 3.13 Загальна кількість яєць відкладених бджолою маткою за дослідний період, шт

Мед характеризується високою біологічною цінністю завдяки наявності комплексу ферментів. Найбільш поширеними серед них є глюкозооксидаза, інвертаза та діастаза, кожна з яких виконує свої специфічні функції.

За результатами дослідження встановлено позитивні зміни фізико-хімічних показників і якості меду з вірогідним підвищенням вмісту проліну та дістаного числа у зразках дослідної групи, що підтверджує доцільність використання комплексної добавки (рис. 3.14).

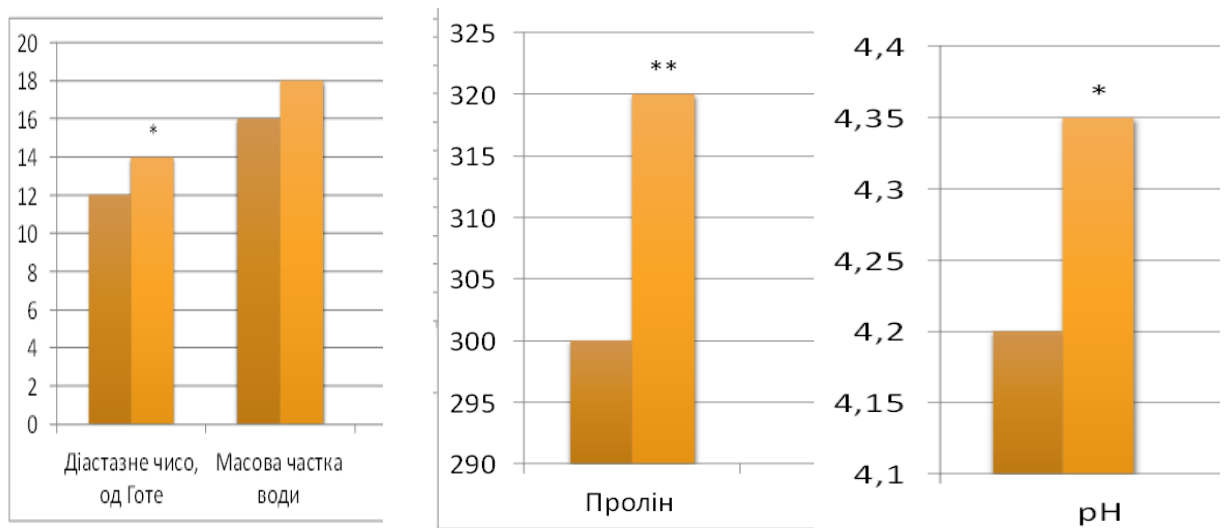


Рис. 3.14 Якісні та фізико-хімічні показники меду за умов згодовування цитрату германію та пробіотика *Lactobacillus casei* B-7280

Комплексне застосування цитрату германію та пробіотика *Lactobacillus casei* B-7280 позитивно вплинуло на фізико-хімічні показники меду, зокрема підвищило діастиазне число та вміст проліну при стабільному рівні рН. Це підтверджує оптимізацію біологічної цінності та якісних характеристик продукції у весняний період підгодівлі.

Результати цього розділу опубліковані [25, 37]

РОЗДІЛ 4

АНАЛІЗ ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

Повноцінне живлення медоносних бджіл є ключовим чинником їхнього розвитку, а дефіцит поживних речовин підвищує сприйнятливість до хвороб і посилює їх негативний вплив. Раціональна підгодівля бджолиних сімей з урахуванням їх біологічних особливостей сприятиме збільшенню кількості бджолиних сімей та їхньої продуктивності [30, 180]. На даний час, у бджільництві використовують значну кількість біологічно активних речовин, що позитивно впливають на обмін речовин, мають стимулюючу дію [13, 17], прискорюють ріст бджолиних сімей [208], сприяють кращій зимівлі [214] та підвищенню їх продуктивності [176].

Мікробіом кишечника медоносної бджоли відіграє важливу роль у здоров'ї медоносної бджоли, включаючи формування імунної системи, харчування та метаболізм, ріст і розвиток, а також захист від патогенів [120, 179, 190]. У кишечнику медоносних бджіл живуть численні облігантні симбіонти. Ці бактерії виконують важливі біологічні функції, що підтримують метаболізм, а також впливають на розвиток тканин в тривалість життя бджіл. Активна мікробіота медоносних бджіл відрізняється видовою та загальною кількістю залежно від онтогенетичного етапу розвитку бджіл та географічним розташуванням вулика [3].

Живлення бджіл впливає як на індивідуальну продуктивність, так і на темпи їх розвитку, що пов'язано з нутрієнтним складом компонентів корму. Встановлено застосування пробіотичних препаратів у бджільництві для профілактики різноманітних захворювань, зимівлі та розвитку бджолиних сімей [73, 74]. Застосування пробіотиків у складі підгодівлі нормалізує мікрофлору кишечника, контролює надмірність росту патогенних мікроорганізмів та сприяє підвищенню життєздатності бджіл. Доведено вплив пробіотиків на основі

молочнокислих бактерій та цукроміцетів на тривалість життя робочих бджіл, підвищуючи її на 8 - 10 %. Окрім того, застосування пробіотиків сприяє синтезу ферментів та інших біологічно активних речовин, зокрема вітамінів, бактеріоцинів тощо [6, 29, 227].

Особливої уваги у системі профілактики захворюваності бджіл заслуговують дослідження щодо фізіологічного обґрунтування застосування пробіотиків, антибактеріальні і антифунгальні властивості яких обумовлені високою антагоністичною активністю до широкого спектру патогенних і умовнопатогенних мікроорганізмів. Проаналізовані літературні дані та власні дослідження щодо обґрунтованості та доцільності застосування препаратів біотехнологічного походження вказують на можливість використання їх з метою профілактики захворювань та оздоровлення бджіл, підвищення їх життєздатності та резистентності.

Проведені дослідження із використанням пробіотика *Lactobacillus casei* за різної тривалості застосування засвідчили його здатність позитивно впливати на фізіологічний стан та життєздатність бджіл у період активної життєдіяльності. Застосування різних схем підгодівлі пробіотика *Lactobacillus casei* сприяло підвищенню життєздатності бджіл, що проявлялося у збільшенні кількості живих особин. За цих умов найбільш виражений позитивний ефект відзначено у дослідних групах Д3 та Д4, які поряд із цукровим сиропом отримували пробіотик із періодичністю кожні три доби та один раз на тиждень. Це підтверджує доцільність використання таких схем підгодівлі для оптимізації утримання та підвищення функціональної активності бджолиних сімей.

Пробіотик *L. casei* В-7280 характеризується ефективною терапевтичною дією за різних експериментальних інфекційно-запальних моделей. Фізіологічний вплив цього пробіотика пов'язаний з нормалізацією кишкової бактеріальної мікрофлори та участі в модуляції запальних реакцій. У шлунково-кишковому тракті пробіотики чинять як пряму дію на патогенні та умовно патогенні мікроорганізми, так і непряму — активуючи специфічні та неспецифічні захисні системи організму [7].

Відомо, що життєдіяльність організму медоносних бджіл також залежить і від мінерального живлення, яке впливає на обмінні процеси на рівні тканин, органів і систем та на життєздатність і резистентність організму [12, 17]. Мінеральні елементи беруть участь у білковому, ліпідному, вуглеводному та мінеральному обмінах, активують ферментні системи тощо. Літературні дані свідчать про можливість застосування біотичних мікроелементів, виготовлених методом нанотехнології, як високоактивних сполук у тваринництві та ветеринарній медицині [47, 49].

Додавання до корму бджіл окремих елементів, як метаболічних стимуляторів органічного та неорганічного походження, внесених у різних дозах, впливає на корекцію фізіологічних і біохімічних процесів і підвищує їх продуктивність і резистентність [51, 52, 239]. До таких мінеральних компонентів належать: Co, Ge, Se, Cr, Ni та інші. Результати досліджень з використанням цитратів окремих мікроелементів і пробіотиків [31], дають теоретичну основу для розроблення нових нано- і біотехнологічних засобів та препаратів для підвищення резистентності та розмноження бджіл. З'ясовано вплив різних кількостей мінеральних і органічних сполук, одержаних на основі нанотехнологічних цитратів, на обмінні процеси організму бджіл [18, 54]. Встановлено вищу біологічну ефективність додавання нанокарбоксилатів біотичних елементів, ніж їх мінеральних солей у підгодівлі бджіл [53, 138]. Проте, на сьогодні не вивчена біологічна дія новосинтезованого нанотехнологічного мінерального елемента Ge у поєднанні з пробіотичними препаратами класу *Lactobacillus casei* B-7280.

Дослідження життєздатності бджіл за умов підгодівлі ЦС з додаванням цитрату Ge і пробіотика *L. casei* B-7280 вказує на стимулюючий вплив на їх збереженість та резистентність.

Доведено, що основна маса ліпідів в організмі бджіл надходить з травного каналу і відкладається у жировому тілі. Хімічний склад цих резервних жирів залежить як від складу корму, так і від фізіологічного стану організму [78].

За даними літератури відомо, що особливістю жирового обміну у бджіл є ліпідтранспортна система [57, 58]. Основні ліпіди корму в організмі бджіл трансформуються у диацилгліцероли, виконуючи, як і глюкоза, функцію енергетичного забезпечення. Отже, за результатами дослідження зростання рівня МДАГ у тканинах організму бджіл Д2 групи може вказувати на інтенсивніше енергетичне забезпечення їх тканин за внесення до цукрового сиропу 0,2 мкг Ge у вигляді цитрату і розчину *L. casei* B-7280 у концентрації 10^6 КУО/мл.

Відомо, що ліполіз фізіологічно зводиться до підтримання гомеостатичних концентрацій окремих ліпідних компонентів, необхідних для аеробного клітинного дихання, а також утворення ПНЖК для компенсації енергетичних потреб тканин у бджіл [8, 9, 10, 59].

Аналіз отриманих даних свідчить, що підгодівля бджіл цукровим сиропом із додаванням пробіотика *Lactobacillus casei* у поєднанні з різними дозами цитрату германію різноспрямовано впливали на показники ліпідного обміну. Зростання вмісту етерифікованого холестеролу у тканинах бджіл першої дослідної групи може бути пов'язане з підвищеною активністю ензимів, які регулюють процес його етерифікації, тоді як у другій групі відзначено зміни рівня триацилгліцеролів, що свідчить про оптимізуючий ефект комплексної підгодівлі. Таким чином, результати підтверджують, що поєднання пробіотика з різними дозами цитрату германію здатне моделювати ліпідний метаболізм бджіл, забезпечуючи різноспрямовані ефекти залежно від концентрації мінерального компонента.

Ліпіди клітинних мембран, головним чином фосфоліпіди, утворюють подвійний шар, який діє як бар'єр між клітиною та навколишнім середовищем, а також між різними клітинними органелами [61, 62, 64]. Численні дослідження показують, що ліпідний бішар не лише функціонує як структурний бар'єр, але також відіграє вирішальну роль у регуляції багатьох клітинних процесів за рахунок різноманітності мембранних ліпідів [206, 210, 233, 234]. Аналіз одержаних даних свідчить, що додавання до цукрового сиропу різних доз нанотехнологічного цитрату Ge та пробіотичного штаму *L. casei* B-7280

впливало як на загальний вміст фосфоліпідів, так і на співвідношення їх підкласів. Збільшення вмісту загальних фосфоліпідів у тканинах бджіл Д 1 та Д 2 груп порівняно до контрольної групи та підготовчого періоду може вказувати на стимулювальний вплив пробіотика *L. casei* у поєднанні з НТЦ Ge на синтез цих ліпідів в організмі бджіл і їхню адаптаційну здатність.

Фосфатидилетаноламін (ФЕА) є одним з найпоширенішим фосфоліпідом в організмі, який входить до складу клітинної мембрани і містить багато ненасичених жирних кислот та є джерелом їх активних метаболітів. ФЕА бере участь у сигнальній трансдукції як субстрат фосфоліпази D (Braun F et al, 2016) етаноламінового компоненту глікозилфосфатидилінозитолових якорів, що зв'язуються з білками на поверхні клітинної мембрани та виконують сигнальну функцію [70, 71, 76].

Встановлене збільшення вмісту ФЕА можна трактувати як підтримку його гомеостазу та інгібування фосфоліпази D в організмі бджіл за дії пробіотика *L. casei* у поєднанні з застосованими дозами цитрату Ge. Деякі дослідження показали, що збільшення вмісту ФЕА шляхом додавання в їжу попередника ФЕА етаноламіну або надмірної експресії фосфатидил-біосинтетичних ферментів фосфатидилсериндекарбоксилази (PSD) подовжує тривалість життя організмів дріжджів, а також комах і ссавців [72, 194]. Ефект продовження тривалості життя за впливу ФЕА пов'язаний зі збільшенням аутофагічного потоку, позитивного регулятора тривалості життя в багатьох досліджуваних організмах [75, 111]. Припускають, що додавання ФЕА може збільшити тривалість життя шляхом сприяння аутофагії. Також зменшення ФЕА шляхом пригнічення PSD сприяє виробництву активних форм кисню (АФК) і прискорює старіння в дріжджах. Зв'язок між ФЕА та АФК також підтверджується результатами досліджень *S. elegans* про те, що добавки ФЕА підвищують стійкість до окислювального стресу та сприяють довголіттю через DAF-16 [80, 184]. Ці дослідження свідчать про те, що ФЕА відіграє ключову роль у подовженні життя, ймовірно, діючи як регулятор виробництва АФК. Тому PSD-опосередкований синтез ФЕА, що відбувається у внутрішній мембрані мітохондрій, є важливим для активності

ланцюга транспортування електронів [61, 83]. Таким чином, можна припустити, що збільшення вмісту ФЕА в організмі бджіл дослідних груп при додаванні до ЦС пробіотика *L. casei* у поєднанні з застосованими дозами цитрату Ge спричиняє активізацію мітохондрій і відповідно впливає на тривалість життя.

Фосфатидилінозитол становить меншу, ніж ФЕА частину клітинних фосфоліпідів, але вони контролюють майже всі аспекти життя та смерті клітини та є ключовим сигнальним елементом в клітинах живих організмів. Його можна гідролізувати з вивільненням 1,2-діацигліцерину та інозитол-1,4,5-трифосфату, які в клітинах тварин призводять до активації протеїнкінази C та мобілізації клітинного кальцію відповідно [85, 90, 93]. За дії пробіотика *L. casei* та цитрата Ge у дозі 0,2 мкг спостерігали зменшення вмісту ФІ у бджіл Е 2 групі бджіл. Відомо, що фосфоінозитол залучені у процеси сигнальної трансдукції та є джерелом таких важливих месенджерів, як діацилгліцерол, інозитолфосфати та арахідонова кислота [76, 80, 81]. Виходячи з вищезазначеного, виявлені зміни вмісту фосфатидилінозитолу можна пояснити інгібуванням активності фосфоліпази C. В основі встановлених змін може бути зниження швидкості рецепторопосередкованого гідролізу фосфатидилінозитолу фосфоліпазою C. Можливо, що зниження вмісту ФІ у фосфоліпідах другої дослідної групи може бути наслідком активації йонами Ge фосфоліпази C, як специфічної адаптивної відповіді на дію цього елемента.

Встановлене збільшення вмісту фосфатидилхоліну у ліпідах тканин бджіл за дії пробіотика *L. casei* В-7280 у поєднанні з цитратом Ge можливо спричиняє вплив на інгібування фосфоліпази D, ферменту, який каталізує його гідроліз з утворенням фосфатидної кислоти. Відомо, що гомеостаз ФХ має вирішальне значення для функцій органел, тоді як його зменшення показує клітинний стрес, відомий як стрес ліпідного бішару [108, 109, 209]. Таким чином, клітина розвиває адаптивний механізм, за якого втрата ФХ впливає на численні клітинні процеси через реакцію на стрес [95, 136, 138, 241]. Також збільшення ФХ можливо сприяє підвищенню тривалості життя бджіл. Деякі дослідження повідомляють про зміни вмісту ФХ з віком тварин, з урахуванням видової та тканинної специфічності.

Так, вміст ФХ помітно знижується у старих нематод [97, 100, 228], демонструє значне зменшення в нирках старих мишей. Це також стосується і людей, оскільки вміст ФХ є вищим у столітніх людей, ніж у людей похилого віку [101, 168, 240].

Сфінгомієлін (церамід) є важливим структурним компонентом біологічних мембран і однією з кінцевих точок синтезу сфінголіпідів. З фосфатидилхоліном СМ є одним із найпоширеніших фосфоліпідів у біологічних мембранах. Структурна різноманітність і клітинна топологія дозволяють цераміду проявляти численні ефекти та метаболізуватися в інші біоактивні сфінголіпіди. Тип і склад сфінголіпідів модулюють біофізичні властивості мембран, які можуть бути організовані в двовимірні домени. Властивості мембран, що визначаються конкретним типом і кількістю сфінголіпідів, дозволяють біологічним мембранам адаптуватися до зміни температури, рН і натягу мембрани [105, 205, 224, 235, 237]. Наприклад, наявність СМ підвищує жорсткість і компактність плазматичної мембрани (ПМ). У мембранах ссавців СМ з різними ацильними ланцюгами разом із ненасиченими фосфоліпідами та холестеринном можуть використовуватися клітиною для вдосконалення латеральної структури мембран.

Лізофосфатидилхолін — фосфоліпідний компонент окислених ліпопротеїнів низької щільності (Ох-LDL). Цей підклас фосфоліпідів походить від розщеплення фосфатидилхоліну фосфоліпазою А 2 і катаболізується до інших речовин різними ферментативними шляхами. ЛФХ здійснює плеiotропні ефекти, опосередковані його рецепторами, зв'язаними з G-білком сигнальними рецепторами, Toll-подібними рецепторами та іонними каналами для активації кількох вторинних месенджерів [106, 159, 193]. Встановлене зменшення ЛФХ в організмі бджіл Д1 і Д2 груп за дії пробіотика *L. casei* В-7280 у поєднанні з різними дозами цитрату Се порівняно до контрольної групи можна пояснити інгібуючим впливом на розщеплення фосфатидилхоліну фосфоліпазою А 2.

Фосфатидисерин один з основних фосфоліпідів, що має біохімічні властивості аніонного фосфоліпіда, зв'язується з різними білками та бере участь у багатьох біологічних процесах, таких як активація ферментів, апоптоз, нейротрансмісія і синаптичне скорочення [107, 167, 230, 231].

ФС утворюється шляхом обміну головними групами в клітинах організму ссавців за допомогою ФС-синтаз; наприклад, ФС-синтаза 1 відповідає за обмін холіну головної групи з ФХ, а ФС-синтаза 2 відповідає за обмін етаноламіну головної групи з ФЕА. Оскільки ФС-синтази 1 і 2 регулюються в мітохондріально-асоційованих мембранах (МММ) ендоплазматичного ретикулуму, ФС виробляється в ендоплазматичному ретикулумі та переноситься до мітохондрій або Гольджі через МММ. У мітохондріях частина ФС каталізується до ФЕА за допомогою ФС-декарбоксілази у внутрішній стулці мітохондрій, тоді як інша частина ФС включена в мітохондріальну мембрану. У нормальних умовах ФС знаходиться виключно в цитоплазмі плазматичної мембрани, просвіті ендоплазматичного ретикулуму, Гольджі, мітохондріях і ендосомах для підтримки нормальної функції органодів. Для підтримки нормальної життєдіяльності клітинни ФС розташований на внутрішній поверхні плазматичної мембрани. Перехід ФС на зовнішню поверхню бішару шляхом «фліп-флоп» може запускати апоптоз [67, 114, 212, 219, 221]. Таким чином, додавання до підгодівлі ЦС цитрату Ge та пробіотика *L. casei* не впливало на відносний вміст ФС, а значить на порушення асиметрії, яка має важливе значення у функціонуванні мембранозв'язаних ферментних систем.

Загалом, виявлені зміни ліпідного складу клітинних мембран тканин організму бджіл при додаванні до цукрового сиропу пробіотика *L. casei* В-7280 у поєднанні з різними дозами НТЦ Ge, можливо є наслідком їх багатофакторного впливу на структуру і функцію окремих тканин та органів.

Проте також вказує зміщення спектра різних фракцій фосфоліпідів до зменшення вмісту важкоокиснюваних (лізофосфатидилхоліну та сфінгомієліну) при збільшенні легкоокиснюваних (фосфатидилхоліну, фосфатидилетаноламіну), що може свідчити про стабілізацію компенсаторних механізмів підтримки клітинних мембран [115, 117, 215].

У життєдіяльності бджіл симбіонтна мікрофлора кишечника має важливе значення не тільки для процесу травлення, але й проявляє антагоністичну активність проти патогенних мікроорганізмів, бере участь у функціонуванні

імунної системи організму загалом. Добавка пробіотиків особливо важлива в період, коли бджоли обмежують контакт з зовнішнім середовищем і природними пробіотичними бактеріями [119, 123, 211, 212].

Застосування штаму *Lactobacillus casei* B-7280 і цитрату Ge призводило до збільшення кількості лактобацил та біфідобактерій в обох відділах кишечника, а також до зниження кількості стафілококів, стрептококів та мікроскопічних грибів.

Таким чином, можна вважати доцільним продовження досліджень пробіотичних штамів лактобактерій з метою створення комплексного препарату з цитратом Ge для збільшення тривалості життя та медопродуктивності бджіл, а також для підтримки гомеостазу їхнього мікробіому, що забезпечить природний захист організму бджіл, а також підтримання гомеостазу.

Життєздатність та продуктивність бджолиної сім'ї формуються під впливом комплексу взаємопов'язаних зовнішніх і внутрішніх чинників. До зовнішніх належать кліматичні умови, різноманіття медоносних і пилюконосних рослин, що забезпечують повноцінну кормову базу, а також екологічні параметри, що визначають якість середовища існування. Внутрішні чинники охоплюють фізіологічний стан маток, силу та структуру сім'ї, рівень імунної резистентності та здатність до адаптації [68, 69, 91, 126, 203, 204].

Сучасні технології утримання та розведення бджіл відіграють ключову роль у забезпеченні їхньої продуктивності та життєздатності. Вони передбачають оптимізацію годівлі, використання білково-жирових добавок, підтримання належного санітарно-гігієнічного стану у вуликах, а також застосування селекційних методів для підвищення репродуктивних якостей маток. Поєднання цих чинників створює умови для стабільного розвитку бджолиних сімей і забезпечує високу результативність у виробництві бджолопродукції [32, 129, 131, 200, 201]

Суттєвим чинником інтенсивного розвитку бджолиних сімей та нарощування їхньої сили у весняний період є забезпечення бджолиного гнізда достатніми запасами не лише меду як основного джерела вуглеводів, а й

повноцінних білків та ліпідів, що містяться у перзі [132, 183, 232]. Найбільш цінним джерелом поживних речовин для бджіл є пилок медоносних рослин, що характеризується високим вмістом протеїнів, незамінних амінокислот, ліпідів, а також комплексу мікро- та макроелементів [189, 192, 195, 198].

Водночас у сучасному бджільництві дедалі ширше застосовують білково-жирові добавки на основі натуральних компонентів та окремі біогенні мінеральні елементи як альтернативу перзі. Такі підходи сприяють стимуляції розвитку бджолиних сімей і забезпечують підтримання репродуктивної активності маток [138, 139]. Інтенсивність яйцекладки бджолиних маток визначається не лише наявністю нектару, а й надходженням рослинного пилку до їхнього раціону. Пилок позитивно впливає на фізіолого-біохімічні процеси в організмі медоносних бджіл та стимулює репродуктивну функцію маток. Водночас природно-кліматичні умови різних регіонів не завжди забезпечують достатнє різноманіття пилконосних і медоносних рослин, необхідних для оптимального живлення та відтворення бджолиних сімей. Одним із ключових чинників росту та регуляції чисельності бджолиних сімей протягом року є наявність повноцінних природних кормових ресурсів .

Яйцекладка бджолиних маток є складним біологічним процесом, що формується під впливом комплексу природних та технологічних чинників. За умов природного способу отримання маток її інтенсивність визначається породними особливостями бджіл, віком матки, а також якістю й кількістю маточного молочка, яке продукують бджоли-годувальниці. Важливим чинником виступає кормова база, адже достатня кількість нектару та пилку створює оптимальні умови для розвитку матки та реалізації її репродуктивної функції. Не менш вагомими є технологія ведення бджільництва та погодні умови, що визначають загальний стан бджолосім'ї та її здатність підтримувати високу продуктивність матки [140, 178, 181, 188].

За умов штучно запліднення бджолиних маток спектр факторів розширюється. До цих ознак потрібно віднести вік племінних личинок, які використовуються для виведення маток, а також спосіб і умови репродукції [68,

70, 144, 146]. Додаткове важливе значення мають технологічні параметри запліднення маток, оскільки саме вони визначають якість майбутнього потомства та стабільність процесу яйцекладки. Таким чином, ефективність репродуктивної функції бджолиних маток формується як під впливом природних біологічних чинників, так і завдяки сучасним технологічним прийомам, що застосовуються у практиці бджільництва [132, 134, 150].

Сучасне ведення бджільництва спрямоване на пошук ефективних методів корекції та стимуляції репродуктивної здатності бджолиних маток. Все ширше впроваджуються технології підгодівлі медоносних бджіл із використанням протеїново-жирових добавок, компоненти яких впливають на фізіологічні процеси в організмі [173, 175, 181, 185,]. Особливе значення має застосування мінеральних речовин, зокрема мікроелементів у цитратній формі, що сприяють активізації обмінних процесів, підвищують інтенсивність яйцекладки та забезпечують формування життєздатного потомства. У практиці весняної підгодівлі такі підходи сприяють швидкому нарощуванню сили бджолиних сімей, що дозволяє ефективно використовувати ранній період медозбору. Молоді бджоли, вирощені в цих умовах, характеризуються високою продуктивністю, стійкістю до несприятливих факторів середовища та підвищеною резистентністю організму.

Додаткове застосування мінеральних елементів у цитратній формі має виражений регуляторний ефект, беручи участь у ферментативних процесах, стабілізуючи кислотно-лужний баланс та забезпечуючи оптимальне функціонування репродуктивної системи бджолиних маток. Тому дослідження репродуктивної функції бджолиних маток за умов підгодівлі мікроелементами у цитратній формі становить певний практичний та науковий інтерес.

Водночас аналізуючи результати дослідження, за середніми показниками збереженості бджолиних сімей встановлено, що підгодівля цукровим сиропом із додаванням 0,1 мкг/мл Ge у формі нанотехнологічного цитрату забезпечувала вірогідно вищу збереженість порівняно з контролем. Важливо, що під час осінньої підгодівлі сила сімей у дослідній та контрольній

групах була однаковою, проте навесні перевага залишалася за бджолиними сім'ями з дослідної групи, що проявлялося у збільшенні підрамкового простору та збереженні більшої сили колоній.

У дослідних бджолиних сім'ях, які отримували підгодівлю з додаванням цитрату германію, зафіксовано істотне зростання продуктивності порівняно з контролем. Підвищена чисельність робочих особин на початку медозбору забезпечила вищий сумарний вихід меду, а середній показник товарної продукції на сім'ю перевищив контрольний рівень на 6 кг. Отримані результати свідчать про стимулюючий ефект цитрату германію на розвиток і функціональну активність бджолосімей у весняний період та підтверджують перспективність його застосування у практиці бджільництва.

Мед характеризується високою біологічною цінністю завдяки наявності комплексу ферментів. Найбільш поширеними серед них є глюкозооксидаза, інвертаза та діастаза, кожна з яких виконує свої специфічні функції. Глюкозооксидаза бере участь у формуванні перекису водню, що забезпечує антимікробні властивості продукту. Поряд з цим, інвертаза каталізує розщеплення сахарози на глюкозу та фруктозу, формуючи характерний вуглеводний склад. Водночас діастаза здійснює гідроліз крохмалю та інших полісахаридів, сприяючи перетворенню складних вуглеводів у більш доступні форми [48, 49, 162, 166].

Слід підкреслити, що активність діастази має ключове значення для оцінки якості меду, оскільки саме цей показник відображає його натуральність і ступінь свіжості [131, 168, 222]. Висока діастазна активність є показником збереження ферментативних властивостей меду, тоді як її зниження може свідчити про перегрівання продукту або надмірно тривале зберігання. Діастазний показник широко застосовується для стандартизації та контролю якості меду, а також використовується для оцінки його харчової та ліку- вальної цінності [46, 47, 187].

Масова частка води є одним із визначальних критеріїв якості меду, оскільки її надлишок може спричиняти фізико-хімічні зміни та підвищувати ризик бродіння. У проведених дослідженнях встановлено нижчий рівень цього

показника у меді дослідної групи порівняно з контрольною, що свідчить про регуляторний вплив цитрату германію на процеси дозрівання та структуризації продукту. Отримані результати узгоджуються з органолептичною оцінкою: мед відповідав вимогам ДСТУ 4497:2005, характеризувався типовими сенсорними властивостями та не мав ознак бродіння. Таким чином, застосування цитрату германію можна розглядати як перспективний чинник підвищення якості бджолої продукції.

Комплексне застосування цитрату германію та пробіотика *Lactobacillus casei* В-7280 у весняний період підгодівлі бджіл мало виражений позитивний вплив як на репродуктивну здатність маток, так і на якість бджолопродукції. Поєднання цих добавок стимулювало інтенсивність яйцекладки, сприяло формуванню сильніших і більш життєздатних бджолосімей, а також забезпечило отримання меду з підвищеною біологічною цінністю, оптимальними органолептичними властивостями та стабільними фізико-хімічними показниками. Це підтверджує доцільність використання комплексних біологічних добавок у практиці сучасного бджільництва для підвищення продуктивності та якості продукції.

ВИСНОВКИ

У дисертації отримано нові експериментальні дані щодо механізмів впливу різних доз цитрату германію і пробіотику *Lactobacillus casei* на білковий обмін, склад мікробіоти кишечника та репродуктивну функцію бджолиних маток і життєздатність їхнього розплоду. З'ясовано відмінності у резистентності та життєздатності, особливості мікробіоти середнього та заднього відділів кишечника бджіл, функціональної активності репродуктивної системи бджолиної матки, за їх підгодівлі цитратом германію і пробіотиком *Lactobacillus casei* у весняний період. Обґрунтовано введення в підгодівлю медоносним бджолам оптимальних доз пробіотику *Lactobacillus casei* В-7280 та цитрату германію, одержаного методом нанотехнології.

1. Згодовування бджолам з цукровим сиропом пробіотику *Lactobacillus casei* сприяє підвищенню їх життєздатності, що вказує на залежність тривалості життя від тривалості застосування. Виражену позитивну дію пробіотику на життєздатність бджіл відзначено для Д3 і Д4 дослідних груп, які отримували додатково до підгодівлі цукровим сиропом пробіотик *Lactobacillus casei* через 3 доби та один раз на тиждень відповідно.

2. Підгодівля бджіл *Lactobacillus casei* 10^6 КУО/мл характеризувалась зростанням вмісту загального протеїну у тканинах цілого організму бджіл Д4 дослідної груп ($P < 0.05$), активності каталази ($P < 0.05$) на тлі зниженням вмісту ТБК- активних продуктів ($P < 0.05$) та гідроперекисів ліпідів ($P < 0.05$), що свідчить про стимулюючий вплив пробіотику на білковий обмін та антиоксидантний статус організму бджіл.

3. Застосування пробіотичного штаму *Lactobacillus casei* для підгодівлі бджіл за різної тривалості в умовах ентомологічних садків спричиняло кількісні зміни у складі кишкової мікробіоти, зокрема до збільшення числа молочнокислих бактерій ($P < 0.05$) та біфідобактерій ($P < 0.05$) у кишечнику на тлі нижчої кількості мікроскопічних грибів та псевдомонад ($P < 0.05-0.02$).

4. Встановлено, що підгодівля медоносних бджіл цукровим сиропом із

додаванням цитрату германію та пробіотика *Lactobacillus casei* позитивно впливає на їх життєздатність у лабораторного термостату. Отримані результати свідчать про стимулюючий ефект комплексного застосування цитрату германію та пробіотика, що проявляється у підвищеній збереженості та зменшенні загибелі бджіл протягом періоду досліджень. Водночас, доза 0,1 мкг цитрату Ge у поєднанні з пробіотиком *Lactobacillus casei* зумовлювала стимулюючий вплив на життєдіяльність бджіл у перші 10 діб застосування; вища доза цитрату Ge підвищувала на 5,5% середній показник живих бджіл, проте на 13–19 доби загибель бджіл у цій групі зростала на 4%.

5. Згодовування цитрату германію та пробіотика *Lactobacillus casei* характеризувалося зростанням вмісту загальних ліпідів у Д1 та Д2 групах відповідно на 11,14 % ($P < 0,05$) і 7,65 % ($P < 0,05$) порівняно до підготовчого періоду. Водночас встановлено зростання кількості вмісту загальних фосфоліпідів ($P < 0,05$), моноацилгліцеролів ($P < 0,05$), триацилгліцеролів ($P < 0,05$), етерифікованого холестеролу ($P < 0,05$) на тлі зниження неетерифікованих жирних кислот ($P < 0,05$), вільного холестеролу ($P < 0,05-0,001$), у тканинах організму бджіл дослідних груп порівняно до контролю та підготовчого періоду.

6. Застосування цитрату германію у підгодівлі істотно не впливало на вміст загального білка у гемолімфі та гомогенатах тканин медоносних бджіл. Водночас спричиняло зміни у співвідношенні окремих білкових фракцій у гемолімфі. Зокрема, зменшення відносного вмісту γ глобулінів та збільшення β -глобулінів ($P < 0,05-0,001$).

7. Згодовування бджолиним сім'ям цитрату германію сприяло активації репродуктивної функції маток, що підтверджується зростанням середньодобової яйцекладки у дослідній групі порівняно з контролем. Середня кількість відкладених яєць у дослідній групі становила 17 884 проти 16 155 у контролю впродовж II періоду дослідження. Включення цитрату германію до складу цукрового сиропу у весняний період підгодівлі бджіл мало позитивний вплив на фізико-хімічні властивості меду, що характеризувалося підвищенням вмісту проліну ($P < 0,001$) та діастазного числа ($P < 0,05$).

ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

1. З метою підвищення життєздатності, резистентності та покращення складу кишкової мікробіоти, стимулювання репродуктивної функції бджолиних маток рекомендується використовувати для підгодівлі із цукровим сиропом пробіотик *Lactobacillus casei* В-7280 у концентрації 10^6 КУО/мл та цитрат германію у кількості 0,1 мг на 2000 мл цукрового сиропу у весняний період впродовж 30 діб.

2. Одержані результати впливу на фізіологічні та біохімічні процеси в організмі медоносних бджіл нанотехнологічного цитрату германію та пробіотик *Lactobacillus casei* В-7280 пропонується використовувати в навчальному процесі у закладах вищої освіти України при підготовці здобувачів вищої освіти за спеціальністю «Ветеринарна медицина».

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ЛІТЕРАТУРИ

1. Андрошулік Р.Л., Ковальчук І.І. (2023) Репродуктивна здатність бджолиних маток та продуктивність бджіл за підгодівлі магнію цитратом. Науково-технічний бюлетень ДНДКІ ветеринарних препаратів та кормових добавок і Інституту біології тварин. 2023. 24(2). 25-32 <https://doi.org/10.36359/scivp.2023-24-2.02>
2. Андрошулік Р.Л., Химинець Т.М., Ковальчук І.І. (2024) Вплив пробіотика 1. Casei в 7280 за різної тривалості згодовування на процеси перекисного окиснення ліпідів в організмі бджіл. Матеріали науково-практичної конференції науковців, викладачів та аспірантів «Актуальні питання ветеринарної медицини: реалії та перспективи» Харків, 2024. 79-80 <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/55778>
3. Волков Р.А., Панчук І.І. (2024) Бджола медоносна: монографія. Чернівці, 324 <https://archer.chnu.edu.ua/xmlui/handle/123456789/10964>
4. Бугера С. І., Дудка Л.Л. (2005) Селекційно-племінна робота в галузі бджільництва. Пасіка. 8: 16.
5. Влізло В.В., Федорук Р.С., Ратич І.Б. (2012) Лабораторні методи досліджень у біології, тваринництві та ветеринарній медицині: довідник. Львів: СПОЛОМ, 764 ISBN 976-966-665-677-6.
6. Грига Н.П., Богдан В.П. (2017) Доцільність та необхідність застосування пробіотиків для тварин Науково-технічний бюлетень Державного науково-дослідного контрольного інституту ветеринарних препаратів та кормових добавок і Інституту біології тварин. 18 (1): 310-313
7. Двилюк І.І., Ковальчук І.І., Двилюк І.В. (2019) Особливості функціонування репродуктивної системи бджолиних маток за умов згодовування цитратів аргентуму та купруму. Біологія тварин. 21 (3): 33-41 <https://doi.org/10.15407/animbiol21.03.033>
8. Двилюк І.І., Ковальчук І.І., Романів Л.І. (2018) Вміст ліпідів у тканинах організму медоносних бджіл за умов підгодівлі цитратами аргентуму і

купруму у літньо–осінній період. *Науково-технічний бюлетень ДНДКІ ветпрепаратів та кормових добавок та Інститут біології тварин НААН* 19(2): 58-64. <https://scivp-journal.com.ua/index.php/journal/issue/view/4/2-2018-pdf>

9. Дмитрук, І.В., та Суховуха, С.М. (2016). Ріст і розвиток бджіл з використанням органічних кислот та пробіотиків. *Науковий вісник ЛНУ ветеринарної медицини та біотехнологій.* 18 (2), 85–89. <https://doi.org/10.15421/nvlvet6719>

10. Долайчук О.П., Федорук Р.С., Ковальчук І.І., Кропивка С.Й. Фізіолого-біохімічні процеси в організмі щурів за вживання різної кількості цитрату германію. *Біологія тварин.* 2015; 17 (2): 50–56. <http://doi.org/10.15407/animbiol17.02.050>.

11. ДСТУ 4497-2005. Мед натуральний. Технічні умови.: К. Держспоживстандарт України, 2005. 36с. (Національний стандарт України).

12. Ковальчук І. І., Співак М. Я., Цап М. М., Пилипець А. З., Химинець Т. М., Романович М. М., Андрощулік Р. Л. Застосування пробіотиків у бджільництві :- Науково-методичні рекомендації. — Львів, 2026: 32

13. Ковальчук І.І., Андрощулік Р.Л., Цап М.М. (2022) Вплив різних доз цитрату магнію на життєздатність бджіл. *Бджільництво України.* 9: 57–63 <https://doi.org/10.46913/beekeepingjournal.2022.9.00>

14. Ковальчук І.І., Кикіш І.Б., Каплуненко В.Г. (2020) Вплив цитратів мікроелементів на репродуктивну здатність бджолиних маток. *Actual problems of natural sciences: modern scientific discussions : Collective monograph.* Riga, Latvia : “Baltija Publishing”, 87-110. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-025-4-6>

15. Ковальчук І.І., Ковальська Л.М. (2014) Мед і методи його дослідження. *Методичні рекомендації.* Львів, 44с.

16. Ковальчук І.І., Співак М.Я., Химинець Т.М., Цап М.М., Пилипець А.З., Каплінський В.В., Романович М.М., Андрощулік Р.Л. (2024) Дослідження дії пробіотика *Lactobacillus casei* В-7280 за різної тривалості застосування на резистентність організму бджіл. *Біологія тварин.* 26(2): 27-31 <https://doi.org/10.15407/animbiol26.02.027>

17. Ковальчук І.І., Федорук Р.С., Кикіш І.Б., Цап М.М., Пащенко А.Г., Романович М.М. (2020) Застосування цитратів Со і Ge у підгодівлі бджіл. Методичні рекомендації. 30.
18. Ковальчук І.І., Химинець Т.М. (2026) Репродуктивна здатність маток та продуктивність бджіл за підгодівлі германію цитрату *Scientific Progress & Innovations*, 29(1), 255-260 <https://doi.org/10.31210/spi2026.29.01.39>
19. Ковальчук І.І., Химинець Т.М., Анрошулік Р.Л., Романович М.М. (2026) Динаміка біохімічних показників у тканинах та гемолімфі бджіл за впливу цитрату германію та *Lactobacillus casei* *Біологія тварин* 2026; 28(1) 31-37 <https://doi.org/10.32782/beekeepingjournal.2026.16.05>
20. Ковальчук І.І., Химинець Т.М., Пилипець А.З., Андрошулік Р.Л., Слепокура О.І. (2026) Вплив пробіотика *LACTOBACILLUS CASEI* за різної тривалості застосування на життєздатність бджіл *Бджільництво України*. 16: 31-37 <https://doi.org/10.32782/beekeepingjournal.2026.16.05>
21. Ковальчук І.І., Химинець Т.М., Цап М.М., Пилипець А.З. Вплив різної тривалості застосування пробіотика *Lactobacillus casei* В-7280 на життєздатність бджіл *Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Інновації щодо зимівлі та весняного розвитку бджолиних сімей (селекція, розведення, профілактика хвороб і апітерапія)*. Житомир, 2024: 44-45
22. Ковальчук І.І., Химинець Т.М., Цап М.М., Пилипець А.З., Андрошулік Р.Л. Вплив різних доз Ge цитрату та пробіотика *Lactobacillus casei* на спектр кишкової мікробіоти бджіл *Матеріали ІХ Міжнародної науково-практичної конференції викладачів і здобувачів вищої освіти, Дніпро*, 2024: 69-70 <https://dspace.dsau.dp.ua/handle/123456789/9787>
23. Ковальчук І.І., Химинець Т.М., Цап М.М., Пилипець А.З., Андрошулік Р.Л. Вплив пробіотика *Lactobacillus casei* В-7280 за різної тривалості застосування на спектр кишкової мікробіоти бджіл. *Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Пріоритетні напрями наукового забезпечення виробництва продукції тваринництва у карпатському регіоні для*

подолання викликів, пов'язаних з воєнним станом» Оброшине, 2024; 51-53
https://drive.google.com/file/d/1vkR4MM_8QvWYxxGfgWxDExYpidXrbQVI/view

24. Ковальчук І.І., Химинець Т.М., Цап М.М., Пилипець А.З., Андрощулік Р.Л., Романович М.М. Вплив цитрату Ge на процеси перекисного окиснення ліпідів в організмі бджіл та білковий профіль гемолімфи. Матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції «Актуальні проблеми сучасної біології, тваринництва та ветеринарної медицини», присвяченої 100-річчю від дня народження д.біол.н, професора, академіка УААН Петра Лагодюка (3-4 жовтня 2024). Біологія тварин. 2024; (26(3): 73
https://aminbiol.com.ua/images/Journal/2024/3/AB_2024_26_3_5_conference.pdf

25. Ковальчук І.І., Химинець Т.М., Цап М.М., Пилипець А.З., Романович М.М., Андрощулік Р.Л., Петришак Р.А. Фізіологічні процеси в організмі бджіл за впливу пробіотика *Lactobacillus casei* В-7280. Збірник матеріалів міжнародної науково-практичної конференції «Зміна клімату та її наслідки для тваринництва і ветеринарної медицини: наукові підходи та інноваційні рішення. 2024: 243-
<https://www.pdatu.edu.ua/images/news/2024/October/09/04/conf24.pdf>

26. Ковальчук І.І., Химинець Т.М., Цап М.М., Слепокура О.І., Андрощулік Р.Л. Фізіолого-біохімічні показники гемолімфи і гомогенату тканин організму бджіл за впливу різних доз Ge цитрату та пробіотика *LACTOBACILLUS CASEI* В-7280 Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції викладачів і здобувачів вищої освіти «Актуальні аспекти біології тварин, ветеринарної медицини та ветеринарно-санітарної експертизи», присвячену 90-річчю кафедри фізіології, біохімії тварин і лабораторної діагностики, 20-21 травня 2025 року, м.Дніпро. 2025:87-88
<https://dspace.dsau.dp.ua/handle/123456789/11952>

27. Косінов МВ, Каплуненко ВГ. Патент України на корисну модель Спосіб отримання аквахелатів нанометалів «Ерозійно-вибухова нанотехнологія 144 отримання аквахелатів нанометалів». №29856 UA. МПК (2006): B01J 13/00, B82B 3/00. Опубл. 25.01.2008. Бюл. № 2/2008

28. Методологія та організація наукових досліджень у тваринництві / за ред. І.І. Ібатулліна, О.М. Жукорського. К. : Аграр. наука, 2017. 328 с
29. Панін О. М., Малик М.І. (2006) Пробиотик - невід'ємний компонент раціонального годування тварин. *Ветеринарія*. 7: 3–6.
30. Разанова О.П., Скрипник С.В. (2022) Вплив пробіотичних препаратів на розвиток бджолиних сімей у весняний період *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2(49): 54-60 <https://doi.org/10.32845/bsnau.lvst.2022.2.8>
31. Романів Л. І., Ковальчук І. І., Федорук Р. С., Пашенко А. Г. (2018) Уміст ліпідів у тканинах організму медоносних бджіл за згодовування борошна сої, цукрового сиропу і цитратів Со та Ні. *Біологія тварин*. 20 (3): 84–92. <https://doi.org/10.15407/animbiol20.03.084>
32. Романів Л.І., Федорук Р.С., Каплуненко В.Г. (2013) Репродуктивна здатність бджолиних маток за підгодовлі борошном сої з додаванням хрому *Вісник аграрного Причорномор'я*. 4(76): 136–144
33. Сердюк А.М., Гуліч М.П., Каплуненко В.Г., Косінов М.В. (2010) Нанотехнології мікронутрієнтів. Проблеми, перспективи та шляхи ліквідації дефіциту макро- та мікроелементів. *Журнал академії медичних наук*. 16 (1): 107-114.
34. Стойка Р.С. (2017) Багатофункціональні наноматеріали для біології і медицини: молекулярний дизайн, синтез і застосування. Ред., «Наукова думка НААН України»: Київ, 363.
35. Федорук Р.С., Ковальчук І.І., Романів Л.І., Храбко М.І. Вплив цитратів германію та селену на вміст ліпідів і важких металів в організмі медоносних бджіл. *Біологія тварин*. 2014: 16 (2); 141-149 <https://aminbiol.com.ua/20142pdf/18.pdf>
36. Федорук Р.С., Ковальчук І.І., Романів Л.І., Пашенко А.Г., Двильок П., Кикіш І.Б. (2016) Підгодовля бджіл і методи оцінки її ефективності. *Методичні рекомендації*. Львів 31с.
37. Химинець Т., Ковальчук І. Вплив цитрату Ge та пробіотика *Lactobacillus casei* на фізіолого-біохімічні показники організму бджіл. *Матеріали*

III наукової конференції «Сучасні методи діагностики, лікування та профілактика у ветеринарній медицині» (до 240-річчя започаткування викладання ветеринарної медицини у Львові). Львів, 17–18 жовтня 2024 р. : 89
<https://nvlvet.com.ua/index.php/conferences/article/view/5778/5998>

38. Химинець Т.М. (2026) Вплив нанотехнологічного цитрату германію на біохімічні показники тканин організму та гемолімфи бджіл Науково-технічний бюлетень ДНДКІ і ІБТ. 27(1): 236-243 <https://doi.org/10.36359/scivp.2026-27-1.26>

39. Химинець Т.М. (2023) Вплив різних доз Ge цитрату та пробіотика *Lactobacillus casei* В 7280 на життєздатність бджіл. Матеріали XII всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених «Актуальні проблеми агропромислового виробництва України: виклики і шляхи розвитку в умовах війни і повоєнної відбудови». Львів-Оброшине, 2023: 108-109 https://drive.google.com/file/d/1Y3jSB9B5iM6_kRfgqr5CLA8rc2b9Rxyv/view

40. Химинець Т.М., Андрюшулік Р.Л. Фізіолого-біохімічні показники гемолімфи і гомогенату тканин організму бджіл за умов підгодівлі різних доз Ge цитрату та пробіотика *Lactobacillus casei* В-7280. Матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених, присвяченої 75-річчю від дня народження д.вет.н, професора, членкор НААН Ростислава Федорука (19-20 вересня 2024). Біологія тварин. 2024; (26(3): 174 https://aminbiol.com.ua/images/Journal/2024/3/AB_2024_26_3_6_CYS.pdf

41. Химинець Т.М., Ковальчук І.І. (2023) Вплив цитрату германію на життєздатність бджіл Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні проблеми фізіології тварин» присвяченої 100-річному ювілею ректора Степана Васильовича Стояновського (м.Львів, 25-26 травня 2023) – Львів: ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького. С.85 <https://lvet.edu.ua/images/step/2023/05/26/zbirnyk.pdf>

42. Химинець Т.М., Ковальчук І.І. (2025) Фізіолого-біохімічні процеси в організмі бджіл за впливу пробіотика *Lactobacillus casei* В-7280 Матеріали всеукраїнської конференції: «На зламі століть: спадщина та інновації у

ветеринарній фармакології та токсикології» (м. Львів, 13–14 листопада 2025 р.).
Львів, 130-135 <https://doi.org/10.32718/konf.13-14.11.2025>

43. Химинець Т.М., Ковальчук І.І., Пилипець А.З., Цап М.М., Романович М.М., Пахолків Н.І., Андрощулік Р.Л., Лучка І.В. Вплив цитрату германію та пробіотика *Lactobacillus casei* на процеси ліпідного обміну та перекисного окиснення ліпідів у гемолімфі й тканинах медоносних бджіл Матеріали ІІ міжнародної науково-практичної конференції «Зміна клімату та її наслідки для тваринництва і ветеринарної медицини: наукові підходи та інноваційні рішення», 2025:287-289. <https://www.doi.org/10.32782/2324102025>

44. Химинець Т.М., Цап М.М., Пилипець А.З., Андрощулік Р.Л., Ковальчук І.І. Репродуктивна здатність бджолиних маток та продуктивність бджіл за підгодівлі цитратом германію Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні проблеми сучасного землеробства, рослинництва і тваринництва», присвяченої 100-річчю від дня народження доктора біологічних наук, академіка УААН Палфія Ф.Ю. (Оброшине, 25 червня 2025р.) Оброшине, 2025: 228-230
https://isgkr.com.ua/images/sampled/Tezy/%D0%A2%D0%B5%D0%B7%D0%B8_2025_2.pdf

45. Штам *Lactobacillus casei* ІМВ В-7280 - індуктор "пізнього" інтерферону та активатор макрофагів : пат. 93133 Україна : С12N 1/20 С12R 1/245 А61Р 37/02. № а200906963 ; заявл. 03.07.2009 ; опубл. 10.01.2011, Бюл. № 1. 6 с.

46. Alaerjani W.M.A., Mohammed, M.E.A. (2024) Impact of floral and geographical origins on honey quality parameters in Saudi Arabian regions. *Sci Rep* 14, 8720 <https://doi.org/10.1038/s41598-024-59359-y>

47. Alattal, Y., Alsharhi, M., Alghamdi, A., Alfaiy, S., Migdadi, H., & Ansari, M. (2014). Characterization of the native honey bee subspecies in Saudi Arabia using the mtDNA COI–COII intergenic region and morphometric characteristics. *Bull Insectol*, 67(1), 31-37.

48. Amiri, E., Strand, M. K., Rueppell, O., & Tarpy, D. R. (2017). Queen quality and the impact of honey bee diseases on queen health: Potential for interactions

between two major threats to colony health. *Insects*, 8(2), 48. <https://doi.org/10.3390/insects8020048>

49. Arias, M. C., & Sheppard, W. S. (2005). Phylogenetic relationships of honey bees (Hymenoptera: Apinae: Apini) inferred from nuclear and mitochondrial DNA sequence data. *Mol Phylogenet Evol*, 37(1), 25-35.

50. Ashokan, K. V. (2011) Molecular phylogenetic study on *Apis mellifera* subspecies inferred from cytochrome oxidase 1 sequence. *Indian J Fundam Appl Life Sci*, 1(4), 193-202.

51. Bartomeus, I., Potts, S. G, Steffan-Dewenter, I., Krewenka, K. M., & Bommarco, R. (2014). Contribution of insect pollinators to crop yield and quality varies with agricultural intensification. *PeerJ*, 2: e328.

52. Bahador, Y., Mohammadabadi, M., Khezri, A., Asadi, M., & Medhati, L. (2016). Study of genetic diversity in honey bee populations in Kerman province using ISSR markers. *Res Anim Prod*, 7(13), 192-186. 11.

53. Bertrand, B., Alburaki, M., Legout, H., Moulin, S., Mougel, F., & Garnery, L. (2015). MtDNA COIC0II marker and drone congregation area: An efficient method to establish and monitor honeybee (*Apis mellifera* L.) conservation centres. *Mol Ecol Res*, 15(3), 673-683

54. Blunsom NJ, Cockcroft S (2020) CDP-Diacylglycerol Synthases (CDS): Gateway to Phosphatidylinositol and Cardiolipin Synthesis. *Front. Cell Dev. Biol.* 8:63. <https://doi.org/10.3389/fcell.2020.00063>.

55. Bogdanov, S. (2016). Pollen: nutrition, functional properties, health. *The Pollen Book*. ed. S. Bogdanov (Switzerland: Bee Product Science), 1–34.

56. Bouga, M., Harizanis, P. C., Kiliyas, G., & Alahiotis, S. (2005). Genetic divergence and phylogenetic relationships of honey bee *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) populations from Greece and Cyprus using PCR–RFLP analysis of three mtDNA segments. *Apidologie*, 36(3), 335-344.

57. Bovo, S., Ribani, A., Utzeri, V. J., Bolner, M., & Fontanesi, L. (2021). Application of next generation semiconductor-based sequencing for the identification

of *Apis mellifera* Complementary Sex Determiner (*csd*) alleles from honey DNA. *Insects*, 12(10), 868

58. Büchler, R., Costa, C., Hatjina, F., Conte, Y. L., & Wilde, J. (2014). The influence of genetic origin and its interaction with 269 environmental effects on the survival of *Apis mellifera* L. colonies in Europe. *J Apic Res*, 53(2): 205–214.

59. Braun F, Rinschen MM, Bartels V, Frommolt P, Habermann B, Hoeijmakers JH, Schumacher B, Dollé ME, Müller RU, Benzing T, Schermer B, Kurschat C E (2016) Altered lipid metabolism in the aging kidney identified by three layered omic analysis. *Aging* 8(3):441–457. <https://doi.org/10.18632/aging.100900>.

60. Briganti S, Picardo M.(2003) Antioxidant activity, lipid peroxidation and skin diseases. What's new. *J Eur Acad Dermatol Venereol*. 2003 Nov; 17 (6): 663–669. <https://doi.org/10.1046/j.1468-3083.2003.00751.x>

61. Calzada E, Avery E, Sam PN, Modak A, Wang C, McCaffery JM, Han X, Alder NN, Claypool SM (2019) Phosphatidylethanolamine made in the inner mitochondrial membrane is essential for yeast cytochrome *bc*₁ complex function. *Nature communications* 10(1):1432. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-09425-1>

62. Camacho-Bernal, G. I., Cruz-Cansino, N. dS., Ramírez-Moreno, E., ... Castañeda-Ovando, & A., Suárez-Jacobo, Á. (2021). Addition of bee products in diverse food sources: Functional and physicochemical properties. *Appl Sci*, 11(17): 8156.

63. Chan Q, Melathopoulos A, Pernal S, Foster L. (2009) The innate immune and systemic response in honey bees to a bacterial pathogen, *Paenibacillus larvae*. *BMC Genomics*. 2009; 10(1): 387. doi: 10.1186/1471-2164-10-387.

64. Chandel NS Carbohydrate Metabolism Cold Spring Harb Perspect Biol. 2021; 13 (1): a040568

65. Cherevatov, O. V., Panchuk, I. I., Kerek, S. S., & Volkov, R. A. (2019). Molecular diversity of the CoI-CoII spacer region in the mitochondrial genome and the origin of the Carpathian bee. *Cytol Genet*, 53(4): 276-281.

66. Cho JM, Chae J, Jeong SR, Moon MJ, Shin DY, Lee JH. Immune activation of Bio-Germanium in a randomized, double-blind, placebo-controlled

clinical trial with 130 human subjects. Therapeutic opportunities from new insights. *PLoS ONE*. 2020; 15(10): e0240358. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0240358>

67. Chua, B. A., Ngo, J. A., Situ, K., and Morizono, K. (2019). Roles of phosphatidylserine exposed on the viral envelope and cell membrane in HIV-1 replication. *Cell Commun. Signal*. 17:132. <https://doi.org/10.1186/s12964-019-0452-1>.

68. Collins, Anita M.. (2000) Relationship between semen quality and performance of instrumentally inseminated honey bee queens. *Apidologie* 31, 421-429. <https://dx.doi.org/10.1051/apido:2000132>

69. Corona M, Robinson GE. Genes of the antioxidant system of the honey bee: annotation and phylogeny. *Insect Mol.Biol*. 2006; 15(5): 687-70

70. Crailsheim K. The protein balance of the honey bee worker. *Apidologie*. 1990; 21: 417-429.

71. Da Silva, P.M., Gauche, C., Gonzaga, L.V., Costa, A.C., Fett, R. (2016) Honey: Chemical composition, stability and authenticity. *Food Chem*. 196:309–323. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.051>

72. Dai Y, Tang H, Pang S (2021) The Crucial Roles of Phospholipids in Aging and Lifespan Regulation. *Front. Physiol*. 12:7775648. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.775648>.

73. Daisley B, Pitek A, Chmiel J, Gibbons S. Lactobacillus spp. attenuate antibiotic-induced immune and microbiota dysregulation in honey bees *Communications Biology*. 2020; 3: 534

74. Daisley B., Pitek A., Chmiel, J., Al, K., Chernyshova, A., Faragalla, K., Burton, J., Thompson, G., Reid, G. Novel probiotic approach to counter Paenibacillus larvae infection in honey bees. *Multidisciplinary Journal of Microbial Ecology*. 2020; 14(2): 476–491. doi: 10.338/s41396-019-0541-6

75. Daisley BA, Chmiel JA, Pitek AP, Thompson GJ, Reid G. Missing microbes in bees: How systematic depletion of key symbionts erodes immunity. *Trends Microbiol*. 2020;28:1010–1021.

76. Dickson EJ, Hille B (2019) Understanding phosphoinositides: rare, dynamic, and essential membrane phospholipids. *Biochem J.* 2019;476(1):1–23. doi: <https://doi.org/10.1042/BCJ20180022>.
77. Dow JA. The essential roles of metal ions in insect homeostasis and physiology. *Curr. Opin. Insect Sci.* 2017; 23: 43-50. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29129281/>
78. Dvylyuk I. (2018) Mineral and lipid composition the body of the honeybees organism and the biological value of honey in the summer-autumn period under the conditions of feeding honey bees by citrate-capped silver and copper nanoparticles. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences.* 20(89): 89–94. <https://doi.org/10.32718/nvlvet8917>.
79. Eichelmann MA, Lewbart G A. Hemolymph chemistry reference ranges of the chilean rose tarantula *grammostola rosea* (Walkenaer, 1837) using the vetscan biochemistry analyzer based on IFCC-CLSI C28-A3. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine.* 2018;49(3):528-534.
80. El-Seedi, H. R., Eid, N., El-Wahed, A. A., ... Algethami, A. F., & Khalifa, S. A. (2022) Honey bee products: preclinical and clinical studies of their anti-inflammatory and immunomodulatory properties. *Front Nutr*, 8: 761267
81. Ema M, Okuda H, Gamo M, Honda K. A review of reproductive and developmental toxicity of silver nanoparticles in laboratory animals. *Reproductive Toxicology.* 2017;67: 149-164.
82. Engel P, Bartlett K.D, Moran NA. The bacterium *Frischella perrara* causes scab formation in the gut of its honeybee host. *mBio.* 2015; 6: e00193–15
83. Engel P, Stepanauskas R., Moran NA Hidden diversity in honey bee gut symbionts detected by single-cell genomics. *PLoS. Genet.* 2014; 10: e1004596
84. Eremia N, Dabija T, Dodon I. Micro- and macroelements content in soil, plants nectaro- pollenifer leaves, pollen and bees body. *Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies.* 2010; 43(2): 180-182.

85. Eshbah HM, Mohamed AA, Hassan AR, Mahmoud M, Shaban MM Efficiency of feeding honey bee colonies, *Apis mellifera* L., with mixture of natural products and sugar syrup on brood and adult population. *Scientia Agriculturae*. 2018; 21: 14–18.
86. Evans J. D. Immune pathways and defence mechanisms in honey bees *Apis mellifera* *Insect Mol boil*. 2006; 15: 645-656.
87. Evans J. D. Transcription immune response by honey bee larvae during invasion by the bacterial pathogen, *Paenibacillus larvae*. *J Invertebr Pathol*. 2004; 85: 105-111.
88. Falalyeyeva TM, Leschenko IV, Beregova TV, Lazarenko LM, Savchuk OM, Sichel LM, Tsyryuk OI, Vovk TB, Spivak MYa. (2017) Probiotic strains of Lactobacilli and bifidobacteria alter pro- and anti-inflammatory cytokines production in rats with monosodium glutamate-induced obesity. *Fiziol Zh*. 63 (1): 17–25. DOI: [10.15407/fz63.01.017](https://doi.org/10.15407/fz63.01.017).
89. Fedoruk R.S., Kovalchuk I.I., Pylypets A.Z., Tsap M.M., Lesyk Y.V., Androshulik R.L., Demchenko O.A., Tymoshok N.O., Babenko L.P. (2023) The effect of probiotic microorganisms on catalase activity, fractional composition of soluble proteins, and intestinal microbiota of soluble proteins, and intestinal microbiota of honey bees. *Microbiological journal*. (4): 46–57 <https://doi.org/10.15407/microbiolj85.04.046>
90. Feldlauer MF, Harrison DJ. (2020) Neutral sterols in honey bee (*Apis mellifera*) feces. *Journal of Apicultural Research*. 59 (5): 1033–1036. DOI: [10.1080/00218839.2020.1753917](https://doi.org/10.1080/00218839.2020.1753917).
91. Fine, JD, Shpigler, HY, Ray, AM, Beach, NJ, Sankey, AL, Cash-Ahmed A (2018) Quantifying the effects of pollen nutrition on honey bee queen egg laying with a new laboratory system. *PLOS ONE* 13, e0203444 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203444>
92. Fleischmann PH, Crailsheim K Unlike nectar foragers, honeybee drones (*Apis mellifera*) are not able to utilize starch as fuel for flight, *Apidologie*. 2005; 36: 547–557.

93. Foelix RF. *Biology of Spiders*. Frankfurt am Main (Germany): Edition Chimaira; 2015.
94. Folch, J. A., Lees, M., Sloane Stanley, G. H. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue. *Journal of Biological Chemistry*, 226 (1), 497 – 509.
95. Foyer CH, Noctor G. Oxygen processing in photosynthesis: regulation and signaling. *New Phytologist*. 2000; 146: 359-388.
96. Galiniak S, Mołoń M, Biesiadecki M, Bożek A, Rachel M. (2022) The Role of Oxidative Stress in Atopic Dermatitis and Chronic Urticaria. *Antioxidants*. 2022; 11 (8): 1590. <https://doi.org/10.3390/antiox11081590>
97. Gao AW, Chatzisprou IA, Kamble R, Liu YJ, Herzog K, Smith RL, van Lenthe H, Vervaart MAT, van Cruchten A, Luyf AC, van Kampen A, Pras-Raves ML, Vaz FM, Houtkooper RH (2017) A sensitive mass spectrometry platform identifies metabolic changes of life history traits in *C. elegans*. *Scientific reports* 7(1):2408. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-02539-w>.
98. Gameda T. Testing the effect of dearth period supplementary feeding of honeybee (*Apis mellifera*) on brood development and honey production. *International Journal of Advanced Research*. 2014; 2: 319–324
99. Geraldine A. Wright, Susan W. Nicolson, and Sharoni Shafir Nutritional Physiology and ecology of honey bees *Annual review of entomology*. 2018; 63: 327-344 <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-020117-043423>
100. Gibbons S. *Lactobacillus* spp. attenuate antibiotic-induced immune and microbiota dysregulation in honey bees *Communications Biology*. 2020; 3: 534 <https://doi.org/10.1038/s42003-020-01259-8>
101. Glinski Z, Jarosz J. Infection and immunity in the honeybee *Apis mellifera*. *Apiacta*, 2021; 36 (1): 12–24.
102. Glinski Z, Jarosz J. Problems of immunosuppression and immunotoxicology in respect to the honeybee protection against microbial and parasitic invaders. *Apiacta*. 2000; 35(2): 65–76. <https://www.nature.com/articles/s41598-020-61445-w>

103. Glinski Z. Immunobiologia pszczoły miodnej. Lublin: Academia Rolniczej, 1995: 272p.
104. Glinski Z. Problems of immunosuppression and immunotoxicology in respect to the honeybee protection against microbial and parasitic invaders *Apiacta*. 2000; 35 (2): 65-76.
105. Glinski Z. Cellular and humoral defences in honeybee *Bee World*. 1995; 76 (4) 195-205.
106. González-Miret ML, Terrab A, Hernanz D, Fernández-Recamales MA, Heredia FJ. Multivariate correlation between color and mineral composition of honeys and by their botanical origin. *Journal of agricultural and food chemistry*. 2005; 53(7): 2574-80.
107. Gregorc G. Cell death localization in situ in laboratory reared honey bee (*Apis mellifera* L.) larvae treated with pesticides. *Pestic. Biochem. Physiol.* 2010; 99: 200
108. Halbleib K, Pesek K, Covino R, Hofbauer HF, Wunnicke D, Hänel I, Hummer G, Ernst R (2017) Activation of the unfolded protein response by lipid bilayer stress. *Molecular Cell* 67(4): 673-684.e8. <https://doi.org/10.1016/j.molcel.2017.06.012>.
109. Han B, Yoon S, Su J, Han HR, Wang M, Qu W. & Zhong, D. Effects of selenium, copper and magnesium on antioxidant enzymes and lipid peroxidation in bovine fluorosis. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, 2004; 17: 1695–1699. <https://www.animbiosci.org/journal/view.php?number=20901>
110. Hans CP, Chaudhary DP & Bansal DD Effect of magnesium supplementation on oxidative stress in alloxanic diabetic rats. *Magnes. Res.* 2003; 16: 13–19. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12735478/>
111. Hansen M, Rubinsztein DC, Walker DW (2018) Autophagy as a promoter of longevity: insights from model organisms. *Molecular cell biology* 19(9):579–593. <https://doi.org/10.1038/s41580-018-0033-y>

112. Harayama T, Riezman H (2018) Understanding the diversity of membrane lipid composition. *Nature reviews. Molecular cell biology* 19(5):281–296. <https://doi.org/10.1038/nrm.2017.138>.
113. Hartfelder K, Bitondi M, Brent CS, Guidugli–Lazzarini KR, Simoes ZL, Stabeniner A. Physiology and biochemistry of honey bees. *Journal of Apicultural Research*. 2013: 504–508
114. Hartfelder K, Bitondi MMG, Brent CS, Guidugli- Lazzarini KR, Simoes ZLP, Stabeniner A, Tanaka ÉD, Wang Y. (2013) Standard methods for physiology and biochemistry research in *Apis mellifera*, *Journal of Apicultural Research*. 52 (1): 1–48. DOI: [10.3896/IBRA.1.52.1.06](https://doi.org/10.3896/IBRA.1.52.1.06)
115. Hartfelder K, Köstlin K, Hepperle C. Ecdysteroid-dependent protein synthesis in caste-specific development of the larval honey bee ovary. *Roux’s Arch. Dev. Biol.* 1995; 205: 73–80.
116. Hetru C, Imler J-L, Jiang H, Kanost M, Thompson G J, Zou Z, Hultmark D. Immune pathways and defence mechanisms in honey bees *Apis mellifera* *Insect Mol Biol.* 2006; 15(5): 645–656.
117. Ho N, Yap WS, Xu J, Wu H, Koh JH, Goh WWB, George B, Chong SC, Taubert S, Thibault G (2020) Stress sensor Ire1 deploys a divergent transcriptional program in response to lipid bilayer stress. *The Journal of cell biology* 219(7), e201909165. <https://doi.org/10.1083/jcb.201909165>.
118. Honey bee (*Apis mellifera*) preference towards micronutrients and their impact on bee colonies <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8175997/>
119. Hrassnigg N, Crailsheim K. Differences in drone and worker physiology in honeybees (*Apis mellifera*). *Apidologie*. 2005; 36: 255–277.
120. Hroncova Z., Havlik J., Killer J., Kamler M., Rada V. (2015) Variation in honey bee gut microbial diversity affected by ontogenetic stage, age and geographic location. *PloS One*. 10(3), e0118707
121. Huang ZY. Pollen nutrition affects honey bee stress resistance. *Terr. Arthropod Rev.* 2012; 5: 175–189

122. Huang, Z, Liu, L, Li, G, Li, H, Ye, D, Li, X. (2019) Nondestructive Determination of Diastase Activity of Honey Based on Visible and Near-Infrared Spectroscopy. *Molecules*. 29, 24(7), 1244. <https://doi.org/10.3390/molecules24071244>
123. Huerta MG, Roemmich JN, Kington ML, Bovbjerg VE, Weltman AE, Holmes VF, Patrie JT, Rogol AD, Nadler JN Magnesium deficiency is associated with insulin resistance in obese children. *Diabetes Care*. 2015; 28: 1175-1181.
124. Johnson B.R. (2010) Division of labor in honeybees: Form, function and proximate mechanisms. *Behav Ecol Sociobiol*. 64: 305-316
125. Johnson KS. Oxygen levels in the gut lumens of herbivorous insects. *J. Insect Physiol*. 2000; 46: 897–903.
126. Jończyk-Matysiak E, Popiela E, Owczarek B, Hodyra-Stefaniak K, Świtała-Jeleń K, Łodej N, Kula D, Neuberg J, Migdał P, Bagińska N. Phages in therapy and prophylaxis of american foulbrood—recent implications from practical applications. *Front. Microbiol*. 2020; 11: 1913.
127. Kaplunenko VH, Fedoruk RS, Kovalchuk II, Pashchenko AH, Romaniv LI, Dvyliuk II, Kykish IB. Biologic action of citrates of the microelements in melliferous bees in different periods of their lives. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 2017; 41S1: 64
128. Karavan V, Kachmaryk D, Cherevatov V, Panchuk I, Yazlovytska L. Influence of the summer feeding by carbohydrates on catalase activity in honey bees. *Scientific herald of Chernivtsi University. Biology (Biological Systems)*. 2020;12(2): 156–165.2. DOI: [10.31861/biosystems2020.02.156](https://doi.org/10.31861/biosystems2020.02.156)
129. Kates, M. (1986). Techniques in lipidology: isolation analysis and identification of lipids (2nd ed.). *Amsterdam: Elsevier Press*.
130. Kazi TG, Afridi HI, Kazi N, Jamali MK, Arain MB, Jalbani N, Kandhro G. Copper, chromium, manganese, iron, nickel, and zinc levels in biological samples of diabetes mellitus patients. *Biological Trace Element Research*. 2008; 122 (1): 1-18
131. Kedzierska-Matysek M., Florek M., Wolanciuk A., Skalecki P., Litwinczuk A. (2016) Characterisation of viscosity, colour, 5-hydroxymethylfurfural content and diastase activity in raw rape honey (*Brassica napus*) at different

temperatures. *J. Food Sci. Technol.* 53:2092–2098. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2194-z>

132. Khan M.J., Gerasimidis K., Edwards C.A., Shaikh M.G. Role of Gut Microbiota in the Etiology of Obesity: Proposed Mechanisms and Review of the Literature. *J Obes.* 2016, 7353642. PMID: 27703805. PMCID: PMC5040794. doi: 10.1155/2016/7353642

133. Khan, K.A., Rafique, M.K., Lashari, M.A., Mahmood R., Ahmed M., Khoso F., Ahmad S., Al-Shehri B., Ahamed M.E., Ghramh H. (2022) Instrumental insemination: A nontraditional technique to produce superior quality honey bee (*Apis mellifera*) queens *Journal of King Saud University* 34; 102077 <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2022.102077>

134. Kiraz, Y., Adan, A., Kartal Yandim, M., and Baran, Y. (2016). Major apoptotic mechanisms and genes involved in apoptosis. *Tumour Biol.* 37(7):8471–8486. <https://doi.org/10.1007/s13277-016-5035-9>.

135. Klaenhammer TR, Kleerebezem M, Kopp MV, Rescigno M. The impact of probiotics and prebiotics on the immune system. *Nat. Rev. Immunol.* 2012; 12: 728–734. doi: 10.1038/nri3312.

136. Koh JH, Wang L, Beaudoin-Chabot C, Thibault G (2018) Lipid bilayer stress-activated IRE-1 modulates autophagy during endoplasmic reticulum stress. *J. Cell Sci.* 131 (22): jcs217992. <https://doi.org/10.1242/jcs.217992>.

137. Komarov D. A. Pathogen-Targeted Hydroxyl Radical Generation during Melanization in Insect Hemolymph: EPR Study of a Probable Cytotoxicity Mechanism *App. Magn. Reson.* 2009; 35: 495-501.

138. Kovalchuk I, Dvylyuk I, Leczyk Y, Dvylyuk I, Gutyj B Physiological relationship between content of certain microelements in the tissues of different anatomic sections of the organism of honey bees exposed to citrates of argentum and cuprum. *Regulatory Mechanisms in Biosystems.* 2019; 10(2): 177-181 <https://doi.org/10.15421/021926>

139. Kovalchuk I., Khymynets T. (2024) The effect of different doses of nanotechnological citrate Ge and probiotic *Lactobacillus casei* B-7280 on lipid

composition and peroxidation products in the body tissues of bees and their viability. Prospects for the development and implementation of innovative technologies in veterinary medicine and animal husbandry: Scientific monograph. Riga, Latvia : Baltija Publishing, 2024;55-75 <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-454-2-3>

140. Kovalchuk I., Kovalsky Y., Pylypets A., Tsap M., Petryshak R., Khymynets T., Androshulik R. Biological action of trace elements citrates on melliferous bees in different life periods Materials of the conference 61. Naukowa Konferencja Pszczelarska, Pulawa, 5-6 marca 2024: 18 http://www.opisik.pulawy.pl/pdf/61.Naukowa_Konferencja_Pszczelarska_2024.pdf

141. Kovalchuk I.I. Mineral and lipid metabolism in the body tissues of bees and the quality of their products under the conditions of the use of germanium and selenium citrates in feed. Topical issues of the development of veterinary medicine and breeding technologies: Scientific monograph. Riga, Latvia : “Baltija Publishing”, 2022. 45-72 <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-258-6-3>

142. Kovalchuk II, Androshulik RL The use of probiotics to increase the viability of bees Collective monograph. Riga, Latvia : “Baltija Publishing”, 2023: 41-59 <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-316-3-3>

143. Kovalchuk II, Androshulik RL, Tsap MM Content of total protein and its fractions in hemolymph of bees depending on the level of introduction to sugar syrup citrates Mg The Animal Biology. 2021; 23 (3): 61.

144. Kovalchuk II, Dvylyuk II. Reproductive ability of bee queens at the conditions of feeding citrates of Argentum and Cuprum. The Animal Biology. 2017; 19 (2): 30 – 36. <http://dx.doi.org/10.15407/animbiol19.02.030>

145. Kovalchuk II, Kykish IB, Kaplunenko VH. Influence of citrate microelements on the reproductive capacity of queen bees. Actual problems of natural sciences: modern scientific discussions: Collective monograph. Riga, Latvia: «Baltija Publishing». 2020; 87–110. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-025-4-6>.

146. Kovalchuk II, Tsap MM, Androshulik RL, Kroh AO Viability of bees under consumption of different doses of magnesium citrate. 5th International Scientific

Conference Agrobiodiversity for Improving the Nutrition, Health, Life Quality, and Spiritual Human Development, Nitra, 2021: 81.

147. Kovalchuk II., Kaplunenko VG, Pashchenko AG, Dvylyuk II, Kykish IB. Trace elements of bees tissues after feeding by citrate-based mineral and hydrocarbon complexes. 33 Joint Annual Meeting of the German Society for Minerals and Trace Elements (GMS) with Zinc-UK «Zinc and other Transition Metals in Health and Disease», 2017: 35.

148. Kovalchuk I.I., Fedoruk R.S., Spivak M.Ya., Romanovych M.M., Iskra R.Ya. (2021) *Lactobacillus casei* IMV B-7280 immunobiotic strain influence on the viability of honey bees and the content of microelements in the organism. *Mikrobiol. Zh.* 2021; 83 (2): 42–50. <http://dx.doi.org/10.15407/mikrobiolj83.02.042>

149. Kumeda M, Sukhodub LB, Sukhodub LF, Chapter 2. Influence of Microwave Sintering on Hydroxyapatite Modified Materials. In: Wythers MC, editor. *Advances in Materials Science Research*. Volume 53. New York: Nova; 2022. P. 63-94.

150. Kumeda M, Sukhodub LF, Prylutsky Yu, Sukhodub L. Fullerene C60-containing Hydroxyapatite/polymer Polyelectrolyte Composite for Dental Applications. In: *Nanomaterials: Applications & Properties (NAP-2019): 9th International Conference*; Odesa, Ukraine; 2019. P. 02BA05-1–02BA05-4.

151. Kumeda Y, Inaba M. Metabolic syndrome and magnesium. *Clin Calcium*. 2005 Nov; 15: 11: 97-104. 34.

152. Kurabayashi M. Role of magnesium in cardiac metabolism. *Clin Calcium*. 2005; 15: 11: 77-83. 35.

153. Kuzin AM, Makaeva ZA (1998) Enzymatic determination of glycogen in blood and tissues *J.biol.chem.* 9, 14-21

154. Kwong WK, Medina LA. Dynamic microbiome evolution in social bees. *Sci Adv.* 2017; 3(3): e1600513. doi:10.1126/sciadv.1600513

155. *Lactobacillus casei* IMB B-7280 - штам для створення пробіотичного препарату із антибактеріальною та імуномодулювальною дією: пат. 98881

Україна : С12N 1/00. № у 2014 12770 ; заявл. 28.11.2014 ; опубл. 12.05.2015, Бюл. № 9. 6 с.

156. Laemmli UK. (1970) Cleavage of Structural Proteins during the Assembly of the Head of Bacteriophage T4. *Nature*. 227: 680–685

157. Laemmli UK. Cleavage of Structural Proteins during the Assembly of the Head of Bacteriophage T4. *Nature*. 1970; 227: 680–685

158. Larsson SC, Wolk A. Magnesium intake and risk of type 2 diabetes: a meta-analysis. *Journal of internal medicine*. 2007; 262(2): 208-214.

159. Law S-H, Chan M-L, Marathe GK, Parveen F, Chen C-H, Ke L-Y (2019) An Updated Review of Lysophosphatidylcholine Metabolism in Human Diseases. *International Journal of Molecular Sciences* 20(5):1149. <https://doi.org/10.3390/ijms20051149>.

160. Lazarenko LM, Babenko LP, Gichka SG, Sakhno LO, Demchenko OM, Bubnov RV, Sichel LM, Spivak MYa. (2021) Assessment of the Safety of *Lactobacillus casei* IMV B-7280 Probiotic Strain on a Mouse Model. *Probiotics Antimicrob Proteins*. 13(6): 1644–1657. DOI: [10.1007/s12602-021-09789-1](https://doi.org/10.1007/s12602-021-09789-1).

161. Lazarenko LM, Babenko LP, Mokrozub VV, Demchenko OM, Bila VV, Spivak MYa. Effects of oral and vaginal administration of probiotic bacteria on the vaginal microbiota and cytokines production in the case of experimental Staphylococcosis in mice. *Mikrobiol Z*. 2017;79(6):105–19.

162. Leta MA, Gilbert C, Morse RA. Levels of hemolymph sugars and body glycogen of honeybees (*Apis mellifera* L.) from colonies preparing to swarm. *J. Insect Physiol*. 1996; 42: 239–245.

163. Li L, Solvi C, Zhang F, Qi Zh, Chittka L, Zhao W (2021) Gut microbiome drives individual memory variation in bumblebees. *Nat Commun* 12;6588. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-26833-4>.

164. Lu CY, Huang PJ Hsu CY. (2018) The cholesterol-hydroxyecdysone-vitellogenin pathway is involved in the longevity of trophocytes and oenocytes of queen honey bees (*Apis mellifera*). *Apidologie*. 49: 721–733. doi.org/10.1007/s13592-018-0596-9.

165. Lu CY, Huang PJ Hsu CY. The cholesterol-hydroxyecdysone-vitellogenin pathway is involved in the longevity of trophocytes and oenocytes of queen honey bees (*Apis mellifera*). *Apidologie*. 2018; 49: 721–733. doi.org/10.1007/s13592-018-0596-9.
166. Ma B, Lawson AB, Liese AD, Bell RA, Mayer-Davis EJ. Dairy, magnesium, and calcium intake in relation to insulin sensitivity: approaches to modeling a dose-dependent association *Am J Epidemiol*. 2006; Sep; 1; 164: 5: 449-458
167. Ma X, Li X, Wang W, Zhang M, Yang B, Miao Z (2022) Phosphatidylserine, inflammation, and central nervous system diseases. *Front Aging Neurosci* 14:975176. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2022.975176>.
168. Montoliu I, Scherer M, Beguelin F, DaSilva L, Mari D, Salvioli S, Martin FP, Capri M, Bucci L, Ostan R, Garagnani P, Monti D, Biagi E, Brigidi P, Kussmann M, Rezzi S, Franceschi C, Collino S (2014) Serum profiling of healthy aging identifies phospho- and sphingolipid species as markers of human longevity. *Aging* 6(1):9–25. <https://doi.org/10.18632/aging.100630>.
169. Morais JB, Severo JS, Reis de Alencar GR, Soares AR, Climaco KJ Effect of magnesium supplementation on insulin resistance in human: A systematic review. *Nutrition*. 2017; 38: 54-60
170. Moran NA Distinctive gut microbiota of honey bees assessed using deep sampling from individual worker bees. *PLoS One*. 2012; 7(4): e36393. doi:10.1371/journal.pone.0036393
171. Moritz RFA. Euroconference on MOMEDITO (Molecular Mechanism of Disease Tolerance) in Honeybees. Proceeding. Kralupy near Prague, 17-19. 10.2000, Published by Bee Research Institute in Dol. 2001: 239
172. Motta EVS, Moran NA. Impact of Glyphosate on the Honey Bee Gut Microbiota: Effects of Intensity, Duration, and Timing of Exposure. *mSystems*. 2020; 28,5(4): 268-288. doi: 10.1128/mSystems.00268-20.
173. Moumeh B, Dolores Garrido M, Diaz P, Peñaranda I, Linares MB. Chemical analysis and sensory evaluation of honey produced by honeybee colonies fed with different sugar pastes. *Food Sci Nutr*. 2020; 8 (11): 5823-5831.

174. Moustafa AM, Mohamed AA, Khodairy MM. Effect of supplemental feeding at different periods on activity and buildup of honey bee colonies. Assiut University Assiut. 2000; 71526: 385–403

175. Mutinelli F. European legislation governing the authorization of veterinary medicinal products with particular reference to the use of drugs for the control of honey bee diseases. *Apiacta*. 2003; 38: 156–168.

176. Negri P., Villalobos E., Szawarski N., Damiani N., Gende L., Garrido M., Maggi M., Quintana S., Lamattina L., Eguaras M. (2019) Towards Precision Nutrition: A Novel Concept Linking Phytochemicals, Immune Response and Honey Bee Health. *Insects*. 10: 401. doi: 10.3390/insects10110401.

177. Nesli S, Josef L. Nanotechnology and its application in the food Sector. *Trends in Biotechnol*. 2009; 27: 82-89

178. Neumann, P., Hepburn, H.R., Radloff, S.E. (2000) Modes of worker reproduction, reproductive dominance and brood cell construction in queenless honeybee (*Apis mellifera* L.) colonies *Apidologie* 31(4), 479-486
<https://doi.org/10.1051/apido:2000140>

179. Nowak A., Szczuka D., Gorczynska A., Motyl I., Kregiel D. (2021) Characterization of *Apis mellifera* Gastrointestinal Microbiota and Lactic Acid Bacteria for Honeybee Protection — A Review *Cell*. 10(3): 701. doi: [10.3390/cells10030701](https://doi.org/10.3390/cells10030701)

180. Oskay D. (2021) Effects of diet composition on consumption, live body weight and life span of worker honey bees (*Apis mellifera* L.). *Applied Ecology and Environmental Research*. 19: 4421–4430. doi:10.15666/aer/1906_44214430

181. Page, R.E., Erickson, E.H. (1988). Reproduction by worker honey bees (*Apis mellifera* L.). *Behav Ecol Sociobiol* 23, 117–126
<https://doi.org/10.1007/BF00299895>

182. Panzenböck U, Crailsheim K. Glycogen in honeybee queens, workers and drones (*Apis mellifera carnica* Pollm.). *J. Insect Physiol*. 1997; 43: 155–165.

183. Paray, B.A.; Kumari, I.; Hajam, Y.A.; Sharma, B.; Kumar, R.; Albeshr, M.F.; Farah, M.A.; Khan, J.M. (2021) Honeybee nutrition and pollen substitutes: A review. *Saudi J. Biol. Sci.* 28, 1167–1176. DOI:[10.1016/j.sjbs.2020.11.053](https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.11.053)
184. Park S, Kim B, Park S (2021). Supplementation with phosphatidylethanolamine confers anti-oxidant and anti-aging effects via hormesis and reduced insulin / IGF-1-like signaling in *C. elegans*. *Mech. Ageing Dev.* 197:111498. <https://doi.org/10.1016/j.mad.2021.111498>.
185. Piotrowska K, Weryszko-Chmielewska E. Pylek leszczyzny - pokarm pszczol. *Pszczelarstwo.* 1999; 50 (7): 4–5
186. Prezenská M, Sobeková A, Sabová L. Antioxidant enzymes of honeybee larvae exposed to oxamyl. *Folia veterinaria.* 2019; 63 (4): 9–14. <https://doi.org/10.2478/fv-2019-0032>
187. Prolin als Kriterium der Reife des Honigs. *Deutsche Lebensmittelrundschau.* 1991; 87: 383–386.
188. Pylypets A.Z., Kovalchuk I.I., Babenko L.P., Fedoruk R.S., Khymynets T.M., Tsap M.M., Romanovych M.M., Androshulik R.L., Zhylikhovska T.V. (2025) Effect of different doses of Ge citrate and probiotic lactobacillus casei B-7280 on the phospholipid composition of bees tissues. *Microbiological Journal.* 2025; (1): 13-26 <https://doi.org/10.15407/microbiolj87.01.013>
189. Randolt K. Immune-Related protein induced in the hemolymph after aseptic and septic injury differ in honey bee worker larvae and adults. *Archives of insect biochemistry and physiology.* 2008; 69: 155-167.
190. Raymann K, Moran N.A (2018) The role of the gut microbiome in health and disease of adult honey bee workers. *Curr Opin Insect Sci* 26:97–104. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2018.02.012>
191. Raymann K, Moran NA. The role of the gut microbiome in health and disease of adult honey bee workers. *Curr. Opin. Insect Sci.* 2018; 26: 97–104.
192. Raymann K, Shaffer Z, Moran NA. Antibiotic exposure perturbs the gut microbiota and elevates mortality in honeybees. *PLoS Biol.* 2017; 15(3):e2001861.

193. Ren J, Lin J, Yu L, Yan M (2022) Lysophosphatidylcholine: Potential Target for the Treatment of Chronic Pain. *International Journal of Molecular Sciences* 23(15):8274. <https://doi.org/10.3390/ijms23158274>.
194. Rockenfeller P, Koska M, Pietrocola F, Minois N, Knittelfelder O, Sica V, Franz J, Carmona-Gutierrez D, Kroemer G, Madeo F (2015) Phosphatidylethanolamine positively regulates autophagy and longevity. *Cell death and differentiation* 22(3):499–508. <https://doi.org/10.1038/cdd.2014.219>.
195. Rokop ZP, Horton MA, Newton IL Interactions between cooccurring lactic acid bacteria in honey bee hives. *Appl. Environ. Microbiol* 2015; 81: 7261–7270. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4579437>
196. Romero S, Nastasa A, Chapman A, Kwong WK, Foster LJ. The honey bee gut microbiota: strategies for study and characterization. *Insect Mol Biol.* 2019; 28(4): 455-472.
197. Rude RK, Gruber HE. Magnesium deficiency and osteoporosis: Animal and human observations. *J. Nutr Biochem.* 2004;15:710–16.
198. Sabaté DC, Cruz MS, Benítez-Ahrendts MR; Audisio M.C. Beneficial effects of *Bacillus subtilis* subsp. *subtilis* Mori2, a honey-associated strain, on honeybee colony performance. *Probiot. Antimicrob. Proteins* 2012; 4: 39–46.
199. Sales CH, Campos Pedrosa LF. Magnesium and diabetes mellitus^ Their relation. *Clinical Nutrition.* 2006; 25 (4): 554-562
200. Şapcaliu A, Pavel C, Savu V, Matei M, Rădoi I. Biochemical and Cytological Investigations on Haemolymph of *Apis Mellifera* Carpathica Bee in Stressful Conditions. *Bulletin UASVM Animal Science and Biotechnologies.* 2010; 67 (1–2): 313–320. doi: 10.15835/buasvmcn-asb:67:1-2:5317
201. Sartain C.V., Wolfner M.F. Calcium and egg activation in *Drosophila*. *Cell Calcium* 2013; 53: 10-15. [doi:10.1016/j.ceca.2012.11.008](https://doi.org/10.1016/j.ceca.2012.11.008)
202. Scholz MBDS, Quinhone Júnior A, Delamuta BH, Nakamura JM, Baudraz MC, Reis MO, Kato T, Pedrão MR, Dias LF, Dos Santos DTR, Kitzberger CSG, Bianchini FP Indication of the geographical origin of honey using its

physicochemical characteristics and multivariate analysis. *J Food Sci Technol*. 2020; 57(5): 1896-903.

203. Schulz M, Łos A, Grzybek M, Scibior R, Strachecka A. Piperine as a new natural supplement with beneficial effects on the life-span and defence system of honeybees. *Journal of Agricultural Science*. 2019; 157: 140–149.

204. Schwarz R. Early gut colonizers shape parasite susceptibility and microbiota composition in honey bee workers. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2016; 113(33): 9345-9350. doi:10.1073/pnas.1606631113

205. Sessa L, Nardiello AM, Santoro J, Concilio S, Piotto S (2021) Hydroxylated Fatty Acids: The Role of the Sphingomyelin Synthase and the Origin of Selectivity. *Membranes* 11(10):787. <https://doi.org/10.3390/membranes11100787>.

206. Shatynska OA, Iskra RYa, Svarchevska OZ. The complex effects of the magnesium and chromium citrates on the carbohydrate metabolism in blood of rats with experimental diabetes mellitus. *The Animal Biology*. 2017; 19(3): 122–127.

207. Shumkova R, Zhelyazkova I Investigation of the impact of some stimulant products on the total protein content in worker bee hemolymph (*Apis mellifera* L.). *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans*, 2018; 21 (4): 41–49

208. Shumkova R. (2022) Accelerating the rate of development of the bee colonies during the spring feeding with the addition of Mikro Veda Care Apis Agricultural science and technology. 14 (4): 17-22

209. Shyu PJr, Ng BSH, Ho N, Chaw R, Seah YL, Marvalim C, Thibault G (2019) Membrane phospholipid alteration causes chronic ER stress through early degradation of homeostatic ER-resident proteins. *Scientific reports* 9(1):8637. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-45020-6>.

210. Sun H, Iruela-Arispe ML (2017) Membrane lipids and cell signaling. *Current opinion in lipidology* 28(5):408–413. <https://doi.org/10.1097/MOL.0000000000000443>.

211. Tasteyre A, Barc MC, Karjalainen T, Bourlioux P, Collignon A. Inhibition of *in vitro* cell adherence of *Clostridium difficile* by *Saccharomyces boulardii*. *Microb Pathog* 2002; 32:219–225.

212. Tauber JP, Collins WR, Schwarz RS, Chen Y, Grubbs K, Huang Q, Lopez D, Peterson R, Evans JD. Natural product medicines for honey bees: Perspective and protocols. *Insects*. 2019;10:356.

213. Tauber, J.P.; Nguyen, V.; Lopez, D.; Evans, J.D. Effects of a Resident Yeast from the Honeybee Gut on Immunity, Microbiota, and Nosema Disease. *Insects* 2019; 10: 296.

214. Tawfik A. I., Ahmed Z. H., Abdel-Rahman M. F., Moustafa A. M. (2020) Influence of winter feeding on colony development and the antioxidant system of the honey bee, *Apis mellifera*. *Journal of Apicultural Research*. 59: 752–763. <https://doi.org/10.1080/00218839.2020.1752456>

215. Tejerina M.R., Benítez-Ahrendts M.R., Audisio M.C. *Lactobacillus salivarius* A3iob reduces the incidence of *Varroa destructor* and *Nosema* spp. in commercial apiaries located in the Northwest of Argentina. *Probiotics Antimicrob. Proteins* 2020; 12: 1360–1369

216. Tejerina MR, Cabana MJ Benitez-Ahrendts M. R. Strains of *Lactobacillus* spp. reduce chalkbrood in *Apis mellifera*. *Journal of Invertebrate Pathology*. 2021; 178: 107521.

217. Tezuka T, Higashino A, Akiba M, Nakamura T. Organogermanium (Ge-132) suppresses activities of stress enzymes responsible for active oxygen species in monkey liver preparation. *Adv Enzyme Res*. 2017; 5: 13–23. DOI: [10.4236/aer.2017.52002](https://doi.org/10.4236/aer.2017.52002).

218. Tlak Gajger I, Vlainić J, Šoštarić P, Prešern J, Bubnič J, Smodiš Škerl MI Effects on Some Therapeutical, Biochemical, and Immunological Parameters of Honey Bee (*Apis mellifera*) Exposed to Probiotic Treatments, in Field and Laboratory Conditions. *Insects*. 2020; 11(9): 638.

219. Topal E, Mărgăoan R, Bay V, Takma Ç, Yücel B, Oskay D, Düz G, Acar S, Kösoğlu M The Effect of Supplementary Feeding with Different Pollens in Autumn on Colony Development under Natural Environment and In Vitro Lifespan of Honey Bees. *Insects*. 2022; 13: 588.

220. Topal E, Yücel B, Tunca RI Kösoglu M. Effect of Feeding Honey Bees on Colony Dynamics. *Journal of the institute of science and technology*. 2019; 9, 2398–2408. doi: 10.21597/jist.532124
221. Topal E, Ceylan Ö, Tunca Rİ, Bay V. (2022) The effect of different feeding strategies on honey bee gut microbiota and the presence of *Nosema* South African *Journal of Animal Science* 52 (No. 5): 577-590
222. Tosi E., Martinet, R., Ortega, M., Lucero, H., Re, E. (2008) Honey diastase activity modified by heating. *Food Chem.* 106:883–887. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.04.025>
223. Toth AL., Robinson GE. Worker nutrition and division of labour in honeybees. *Anim. Behav.* 2005; 69: 427 – 435.
224. Trenti F, Sandron T, Guella G, Lencioni V (2022) Insect cold-tolerance and lipidome: Membrane lipid composition of two chironomid species differently adapted to cold. *Cryobiology* 106: 84-90. <https://doi.org/10.1016/j.cryobiol.2022.03.004>.
225. Tsadila C, Amoroso C, Mossialos D (2023) Microbial Diversity in Bee Species and Bee Products: Pseudomonads Contribution to Bee Well-Being and the Biological Activity Exerted by Honey Bee Products: A Narrative Review. *Diversity*. 15(10): 1088. <https://doi.org/10.3390/d15101088>
226. Ullah A, Shahzad MF, Iqbal J, Baloch MS. Nutritional effects of supplementary diets on brood development, biological activities and honey production of *Apis mellifera* L. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2021; 28(12): 6861–6868. doi: 10.1016/j.sjbs.2021.07.067
227. Vásquez A., Forsgren E., Fries I., Paxton R.J., Flaberg E., Szekely L., Olofsson T.C. (2012) Symbionts as major modulators of insect health: Lactic acid bacteria and honeybees. *PLoS ONE*. 7: e33188. doi: 10.1371/annotation/3ac2b867-c013-4504-9e06-bebf3fa039d1
228. Wan QL, Yang ZL, Zhou XG, Ding AJ, Pu YZ, Luo HR, Wu GS (2019) The Effects of Age and Reproduction on the Lipidome of *Caenorhabditis elegans*.

Oxidative medicine and cellular longevity 2019(4):1-14.
<https://doi.org/10.1155/2019/5768953>.

229. Weirich GF, Collins AM, Williams VP Antioxidant enzymes in the honey bee, *Apis mellifera* Apidologie. 2002; 33: 3-14

230. Wenchao, Yang, Yuanyuan, Tian, Mingfeng Han and Xiaoqing Miao. Longevity extension of worker honey bees (*Apis mellifera*) by royal jelly optimal dose and active ingredient. 2017; 5: 3118; DOI 10.7717/peerj.3118.

231. Wenning CJ. Pollen and the honey bee. *Am. Bee J.* 2003; 143 (5): 394–397.

232. Wright, G.A.; Nicolson, S.W.; Shafir, S. (2018) Nutritional Physiology and Ecology of Honey Bees. *Annu. Rev. Entomol.* 63, 327–344.
<https://doi.org/10.1146/annurev-ento-020117-043423>

233. Wu W, Shi X, Xu C (2016) Regulation of T cell signalling by membrane lipids. *Nature reviews. Immunology* 16(11):690–701.
<https://doi.org/10.1038/nri.2016.103>.

234. Wu Y, Funato Y, Meschi E, Jovanoski KD, Miki H, Waddell S. Magnesium efflux from *Drosophila* Kenyon cells is critical for normal and diet-enhanced long-term memory. *eLife* 2020. 9, 1339. DOI: 10.7554/eLife.61339

235. Wu Y, Zheng Y, Wang S, Chen Y, Tao J, Chen Y, Chen G, Zhao H, Wang K, Dong K, Hu F, Feng Y, Zheng H. Genetic divergence and functional convergence of gut bacteria between the Eastern honey bee *Apis cerana* and the Western honey bee *Apis mellifera*. *J Adv Res.* 2021 Aug 10;37:19-31. doi: 10.1016/j.jare.2021.08.002.

236. Wyatt A.M. Honey Bee Biology. Abnormal Queen Cells. *American Bee Journal.* 1998; 138 (8): 581–584.

237. Yazlovitska LS, Kosovan MD, Cherevatov VF, Volkov RA. (2016) The catalase activity of *Apis mellifera* L. upon summer feeding with varying carbohydrate diet. *Biol Sys.* 8 (2): 182–188. DOI: 10.31861/ biosystems2016.02.182.

238. Yazlovitska LS, Kosovan MD, Cherevatov VF, Volkov RA. The catalase activity of *Apis mellifera* l. upon summer feeding with varying carbohydrate diet. *Biological systems.* 2016;8(2):182–188.

239. Yefimenko T, Odnosum H, Vorobiy O. Flow of sacbrood disease in creation of infertile period at bee colonies in comparison with bee colonies treatment with eucalyptus and hypericum extracts and analogue means. Scientific and production journal «Beekeeping of Ukraine». 2021; 1 (6): 18–23. DOI <https://doi.org/10.46913/beekeepingjournal.2021.6.03>

240. Zak N., Wilczynska A. (2023) The Importance of Testing the Quality and Authenticity of Food Products: The Example of Honey *Foods* 12(17), 3210 <https://doi.org/10.3390/foods12173210>

241. Zheng H., Powell J.E., Steele M.I., Dietrich C., Moran N.A. Honeybee gut microbiota promotes host weight gain via bacterial metabolism and hormonal signaling. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 201;. 114: 4775–4780.

ДОДАТКИ

Додаткок А

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ

Статті у наукових фахових виданнях України,

включених до міжнародних наукометричних баз даних

1. Ковальчук І.І.(10%) , Співак М.Я.(10%), Химинець Т.М.(30%), Цап М.М.(10%), Пилипець А.З.(10%), Каплінський В.В.(10%) , Романович М.М.(10%), Андрoшулік Р.Л.(10%) (2024) Дослідження дії пробіотика *Lactobacillus casei* В-7280 за різної тривалості застосування на резистентність організму бджіл. *Біологія тварин.* 26(2): 27-31
<https://doi.org/10.15407/animbiol26.02.027>

2. Ковальчук І.І.(10%), Химинець Т.М.(60%) , Пилипець А.З.(10%), Андрoшулік Р.Л.(10%), Слепокура О.І.(10%) (2026) Вплив пробіотика *LACTOBACILLUS CASEI* за різної тривалості застосування на життєздатність бджіл *Бджільництво України.* 16: 31-37
<https://doi.org/10.32782/beekeepingjournal.2026.16.05>

3. Химинець Т.М. (100%) (2026) Вплив нанотехнологічного цитрату германію на біохімічні показники тканин організму та гемолімфи бджіл *Науково-технічний бюлетень ДНДКІ і ІБТ.* 27(1): 236-243 <https://doi.org/10.36359/scivp.2026-27-1.26>

4. Ковальчук І.І.(10%), Химинець Т.М. (70%), Андрoшулік Р.Л.(10%), Романович М.М.(10%) (2026) Динаміка біохімічних показників у тканинах та гемолімфі бджіл за впливу цитрату германію та *Lactobacillus casei* *Біологія тварин* 2026; 28(1) 31-37 <https://doi.org/10.32782/beekeepingjournal.2026.16.05>

5. Ковальчук І.І. (20%), Химинець Т.М.(80%) (2026) Репродуктивна здатність маток та продуктивність бджіл за підгодовлі германію цитрату *Scientific Progress & Innovations*, 29(1), 255-260 <https://doi.org/10.31210/spi2026.29.01.39>

Статті у науковому фаховому виданні України, включеному до

наукометричної бази даних Scopus

6. Pylypets A.Z.1(10%), Kovalchuk I.I.(10%), Babenko L.P.(10%), Fedoruk

R.S.(10%), Khymynets T.M.(20%), Tsap M.M.(10%), Romanovych M.M.(10%), Androshulik R.L.(10%), Zhylikhovska T.V(10%). (2025) Effect of different doses of Ge citrate and probiotic lactobacillus casei B-7280 on the phospholipid composition of bees tissues. Microbiological Journal. 2025; (1): 13-26
<https://doi.org/10.15407/microbiolj87.01.013>

Розділ у колективній монографії

7. Kovalchuk I. (20%), Khymynets T.(80%) (2024) The effect of different doses of nanotechnological citrate Ge and probiotic *Lactobacillus casei* B-7280 on lipid composition and peroxidation products in the body tissues of bees and their viability. Prospects for the development and implementation of innovative technologies in veterinary medicine and animal husbandry: Scientific monograph. Riga, Latvia : Baltija Publishing, 2024;55-75 <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-454-2-3>

Методичні рекомендації

8. Ковальчук І. І.(10%), Співак М. Я.(10%), Цап М. М.(10%), Пилипець А. З.(10%), Химинець Т. М.(40%), Романович М. М.(10%), Андрошулік Р. Л. (10%) Застосування пробіотиків у бджільництві :— Науково-методичні рекомендації. — Львів, 2026: 32

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

Тези наукових доповідей

9. Химинець Т.М.(80%), Ковальчук І.І.(20%) Вплив цитрату германію на життєздатність бджіл Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні проблеми фізіології тварин» присвяченої 100-річному ювілею ректора Степана Васильовича Стояновського (м.Львів, 25-26 травня 2023) – Львів: ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького. 2023. С.85 <https://vet.edu.ua/images/step/2023/05/26/zbirnyk.pdf>

10. Химинець Т.М. (100%) Вплив різних доз Ge цитрату та пробіотика *Lactobacillus casei* B 7280 на життєздатність бджіл. Матеріали XII всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених «Актуальні проблеми агропромислового виробництва України: виклики і шляхи розвитку в умовах війни і повоєнної відбудови». Львів-Оброшине, 2023: 108-

109 https://drive.google.com/file/d/1Y3jSB9B5iM6_kRfgqr5CLA8rc2b9Rxyv/view

11. Kovalchuk I.(10%), Kovalsky Y.(10%), Pylypets A.(10%), Tsap M.(10%), Petryshak R.(10%), Khymynets T.(40%), Androshulik R.(10%) Biological action of trace elements citrates on melliferous bees in different life periods Materials of the conference

61. Naukowa Konferencja Pszczelarska, Pulawa, 5-6 marca 2024: 18 http://www.opisik.pulawy.pl/pdf/61.Naukowa_Konferencja_Pszczelarska_2024.pdf

12. Ковальчук І.І.(10%), Химинець Т.М.(70%), Цам М.М.(10%), Пилипець А.З.(10%) Вплив різної тривалості застосування пробіотика *Lactobacillus casei* В-7280 на життєздатність бджіл Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Інновації щодо зимівлі та весняного розвитку бджолиних сімей (селекція, розведення, профілактика хвороб і апітерапія). Житомир, 2024: 44-45

13. Ковальчук І.І.(10%), Химинець Т.М.(60%), Цап М.М.(10%), Пилипець А.З.(10%), Андрoшулік Р.Л.(10%) Вплив різних доз Ge цитрату та пробіотика *Lactobacillus casei* на спектр кишкової мікробіоти бджіл Матеріали ІХ Міжнародної науково-практичної конференції викладачів і здобувачів вищої освіти, Дніпро, 2024: 69-70 <https://dspace.dsau.dp.ua/handle/123456789/9787>

14. Ковальчук І.І.(10%), Химинець Т.М.(60%), Цап М.М.(10%), Пилипець А.З.(10%), Андрoшулік Р.Л.(10%) Вплив пробіотика *Lactobacillus casei* В-7280 за різної тривалості застосування на спектр кишкової мікробіоти бджіл. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Пріоритетні напрями наукового забезпечення виробництва продукції тваринництва у карпатському регіоні для подолання викликів, пов'язаних з воєнним станом» Оброшине, 2024; 51-53 https://drive.google.com/file/d/1vkR4MM_8QvWYxxGfgWxDExYpidXrbQVI/view

15. Андрoшулік Р.Л.(10%), Химинець Т.М.(80%), Ковальчук І.І.(10%) Вплив пробіотика *L. Casei* в 7280 за різної тривалості згодовування на процеси перекисного окиснення ліпідів в організмі бджіл. Матеріали науково-практичної конференції науковців, викладачів та аспірантів «Актуальні питання ветеринарної медицини: реалії та перспективи» Харків, 2024. 79-80 <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/55778>

16. Химинець Т.М.(90%), Андрошулік Р.Л.(10%). Фізіолого-біохімічні показники гемолімфи і гомогенату тканин організму бджіл за умов підгодовлі різних доз Ge цитрату та пробіотика *Lactobacillus casei* B-7280. Матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених, присвяченої 75-річчю від дня народження д.вет.н, професора, членкор НААН Ростислава Федорука (19-20 вересня 2024). Біологія тварин. 2024; (26(3): 174 https://aminbiol.com.ua/images/Journal/2024/3/AB_2024_26_3_6_CYS.pdf

17. Ковальчук І.І.(10%), Химинець Т.М.(50%), Цап М.М.(10%), Пилипець А.З.(10%), Андрошулік Р.Л.(10%), Романович М.М.(10%) Вплив цитрату Ge на процеси перекисного окиснення ліпідів в організмі бджіл та білковий профіль гемолімфи. Матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції «Актуальні проблеми сучасної біології, тваринництва та ветеринарної медицини», присвяченої 100-річчю від дня народження д.біол.н, професора, академіка УААН Петра Лагодюка (3-4 жовтня 2024). Біологія тварин. 2024; (26(3): 73 https://aminbiol.com.ua/images/Journal/2024/3/AB_2024_26_3_5_conference.pdf

18. Химинець Т.(80%), Ковальчук І.(20%) Вплив цитрату Ge та пробіотика *Lactobacillus casei* на фізіолого-біохімічні показники організму бджіл. Матеріали III наукової конференції «Сучасні методи діагностики, лікування та профілактика у ветеринарній медицині» (до 240-річчя започаткування викладання ветеринарної медицини у Львові). Львів, 17–18 жовтня 2024 р. : 89 <https://nvlvet.com.ua/index.php/conferences/article/view/5778/5998>

19. Ковальчук І.І. (10%), Химинець Т.М.(40%), Цап М.М.(10%), Пилипець А.З.(10%), Романович М.М.(10%), Андрошулік Р.Л.(10%), Петришак Р.А.(10%) Фізіологічні процеси в організмі бджіл за впливу пробіотика *Lactobacillus casei* B-7280. Збірник матеріалів міжнародної науково-практичної конференції «Зміна клімату та її наслідки для тваринництва і ветеринарної медицини: наукові підходи та інноваційні рішення. 2024: 243- <https://www.pdatu.edu.ua/images/news/2024/October/09/04/conf24.pdf>

20. Ковальчук І.І.(10%), Химинець Т.М.(60%), Цап М.М.(10%), Слепокура О.І.(10%), Андрошулік Р.Л.(10%) Фізіолого-біохімічні показники гемолімфи і гомогенату тканин організму бджіл за впливу різних доз Ge цитрату та пробіотика *LACTOBACILLUS CASEI* B-7280 Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції викладачів і здобувачів вищої освіти «Актуальні аспекти біології тварин, ветеринарної медицини та ветеринарно-санітарної експертизи», присвячену 90-річчю кафедри фізіології, біохімії тварин і лабораторної діагностики, 20-21 травня 2025 року, м.Дніпро. 2025:87-88 <https://dspace.dsau.dp.ua/handle/123456789/11952>

21. Химинець Т.М.(60%), Цап М.М.(10%), Пилипець А.З.(10%), Андрошулік Р.Л.(10%), Ковальчук І.І.(10%) Репродуктивна здатність бджолиних маток та продуктивність бджіл за підгодівлі цитратом германію Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні проблеми сучасного землеробства, рослинництва і тваринництва», присвяченої 100-річчю від дня народження доктора біологічних наук, академіка УААН Палфія Ф.Ю. (Оброшине, 25 червня 2025р.) Оброшине, 2025: 228-230 https://isgkr.com.ua/images/sampledata/Tezy/0%D0%A2%D0%B5%D0%B7%D0%B8_2025_2.pdf

22. Химинець Т.М.(80%), Ковальчук І.І.(20%) Фізіолого-біохімічні процеси в організмі бджіл за впливу пробіотика *Lactobacillus casei* B-7280 Матеріали всеукраїнської конференції: «На зламі століть: спадщина та інновації у ветеринарній фармакології та токсикології» (м. Львів, 13–14 листопада 2025 р.). Львів, 2025: 130-135 <https://doi.org/10.32718/konf.13-14.11.2025>

1. Химинець Т.М.(30%), Ковальчук І.І.(10%), Пилипець А.З.(10%), Цап М.М.(10%), Романович М.М.(10%), Пахолків Н.І.(10%), Андрошулік Р.Л.(10%), Лучка І.В. (10%) Вплив цитрату германію та пробіотика *Lactobacillus casei* на процеси ліпідного обміну та перекисного окиснення ліпідів у гемолімфі й тканинах медоносних бджіл Матеріали II міжнародної науково-практичної конференції «Зміна клімату та її наслідки для тваринництва і ветеринарної медицини: наукові підходи та інноваційні рішення», 2025:287-289. <https://www.doi.org/10.32782/2324102025>



Додаток В

«Погоджено»

Проректор з науково-педагогічної та методичної роботи
доктор філософії з менеджменту

Вячеслав СЕДОВ

2026 р.



Акт

про впровадження результатів

дисертаційної роботи в освітній процес

Даним актом стверджується, що результати дисертаційної роботи на тему: «Фізіолого-біохімічні процеси в організмі бджіл за підготовки нанотехнологічним цитратом Ge та пробіотиком», що представлена на здобуття наукового ступеня доктора філософії, виконані Химинець Тетяною Михайлівною, впроваджено у освітній процес при вивченні таких дисциплін як «Фізіологія тварин», «Фізіологія сільськогосподарських тварин» і використовуються в наукових дослідженнях кафедри *нормальної і патологічної морфології, фізіології та судової ветеринарії Одеського державного аграрного університету*.

Розглянуто і схвалено на засіданні кафедри *нормальної і патологічної морфології, фізіології та судової ветеринарії*, протокол №6 від 12 лютого 2026 року.

Декан факультету ветеринарної медицини
Одеського державного аграрного університету
к. вет. н., доцент



Катерина РОДІОНОВА

Завідувач кафедри нормальної і
патологічної морфології, фізіології та
судової ветеринарії
Одеського державного аграрного університету
к. біол. н., доцент


Юрій БОЙКО

Додаток Г

ПОГОДЖЕНО

Проректор з науково-педагогічної
роботи та цифрової трансформації
Національного університету
біоресурсів і природокористування
України,

доктор педагогічних наук,
професор
Олена ГЛАЗУНОВА

«» 2026 р.

ЗАТВЕРДЖЕНО

Проректор з наукової роботи та
інноваційної діяльності
Національного університету
біоресурсів і природокористування
України,

доктор сільськогосподарських наук,
професор
Оксана ТОНХА

«» 2026 р.

Акт

про впровадження результатів дисертації в навчальний процес

Даним актом стверджується, що результати дисертаційної роботи на тему: «Фізіолого-біохімічні процеси в організмі бджіл за підгодівлі нанотехнологічним цитратом Ge та пробіотиком», що представлена на здобуття освітньо-наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 21 «Ветеринарна медицина» та спеціальності 211 «Ветеринарна медицина», виконаної аспіранткою кафедри нормальної та патологічної фізіології імені Степана Стояновського Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С.З. Гжицького, Химинець Тетяною Михайлівною, розглянуто на засідання кафедри фізіології хребетних і фармакології Національного університету біоресурсів та природокористування України (протокол № 5 від «06» травня 2026 року).

Результати дослідження впроваджено в освітньо-професійну програму для викладання дисципліни «Фізіологія тварин» за підготовки здобувачів ОС «Магістр» рівня вищої освіти із спеціальності 211 «Ветеринарна медицина» в Національному університеті біоресурсів і природокористування України.

Декан факультету ветеринарної
медицини,
кандидат ветеринарних наук,
доцент



Олександр ВАЛЬЧУК

Завідувач кафедри фізіології
хребетних і фармакології,
доктор ветеринарних наук,
професор



Олена ЖУРЕНКО

Додаток Д

«Погоджено»

Проректор з наукової роботи та інноваційної діяльності,
доктор сільськогосподарських наук, професор



Юрій ТКАЛІЧ

2026 р.

Акт

про впровадження результатів

дисертаційної роботи в навчальний процес

Даним актом стверджується, що результати дисертаційної роботи на тему: «Фізіолого-біохімічні процеси в організмі бджіл за підгодівлі нанотехнологічним цитратом Ge та пробіотиком», що представлена на здобуття наукового ступеня доктора філософії, виконані Химинець Тетяною Михайлівною, впроваджено у навчальний процес при вивченні таких дисциплін як «Фізіологія тварин», «Фізіологія сільськогосподарських тварин» і використовуються в наукових дослідженнях кафедри *фізіології, біохімії і лабораторної діагностики Дніпровського державного аграрно-економічного університету*.

Розглянуто і схвалено на засіданні кафедри *фізіології, біохімії і лабораторної діагностики*, протокол № 6 від 23 лютого 2026 року.

Декан факультету ветеринарної медицини
Дніпровського державного
аграрно-економічного університету,
к. вет. н., доцент

Іван БІБЕН

Завідувач кафедри фізіології, біохімії і
лабораторної діагностики
Дніпровського державного
аграрно-економічного університету,
д. вет. н., професор.

Дмитро МАСЮК