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

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

БАРАНСЬКИЙ ДМИТРО ВАСИЛЬОВИЧ

УДК 631.8:635.24]:631.445.2(1–15)(292.485)

ДИСЕРТАЦІЯ

СИСТЕМА УДОБРЕННЯ СОНЯШНИКУ НА ТЕМНО-СІРОМУ ОПІДЗОЛЕНОМУ ҐРУНТІ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ

201 Агрономія

20 Аграрні науки та продовольство

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

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

_____ Д. В. Баранський

Наукові керівники:

Гнатів Петро Степанович, доктор біологічних наук, професор

Іванюк Віктор Ярославович, кандидат сільськогосподарських наук, доцент

Львів – 2026

АНОТАЦІЯ

Баранський Д. В. Система удобрення соняшнику на темно-сірому опідзоленому ґрунті в умовах Західного Лісостепу. − Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 20 Аграрні науки та продовольство за спеціальністю 201 Агрономія. − Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Ґжицького, Львів, 2026.

Дисертаційну роботу присвячено вирішенню актуальної науково-прикладної проблеми підвищення продуктивності та ресурсної ефективності агроценозів соняшнику (*Helianthus annuus* L.) в умовах Західного Лісостепу України шляхом оптимізації інтегрованої системи мінерального й біологічного живлення культури. Теоретично обґрунтовано та експериментально підтверджено ефективність поєднання локального стартового удобрення мікрогранульованими добривами та мікробіологічними препаратами різного механізму дії, що забезпечує активізацію продукційних процесів, підвищення коефіцієнта використання елементів живлення, покращення якості насіння та зростання економічної й енергетичної ефективності технології вирощування соняшнику.

Актуальність досліджень зумовлена сучасними трансформаціями агровиробництва України, насамперед зміщенням ареалу вирощування соняшнику у більш північні та західні регіони під впливом глобальних кліматичних змін і воєнних дій. Існуючі системи удобрення, розроблені переважно для умов Степу та Центрального Лісостепу, не повною мірою відповідають специфіці темно-сірих опідзолених ґрунтів Західного Лісостепу. Це визначає об’єктивну необхідність розроблення адаптивних регіональних

моделей живлення соняшнику, орієнтованих на специфіку місцевих ґрунтово-кліматичних умов.

Дослідження проводили упродовж 2023–2025 років на темно-сірому опідзоленому легкосуглинковому ґрунті, типовому для Західного Лісостепу України. Ґрунт характеризувався низьким забезпеченням легкогідролізним азотом, середнім умістом рухомих форм фосфору та калію, слабокислою реакцією ґрунтового розчину й задовільними агрофізичними властивостями. Контрастні метеорологічні умови років досліджень − від збалансованого зволоження 2024 року до посушливих і перезволожених періодів 2023 і 2025 років − дозволили комплексно оцінити адаптивність досліджуваних систем живлення за різних гідротермічних сценаріїв. Об’єктом дослідження слугував середньоранній гібрид соняшнику Х4219 селекції Nuseed з високою екологічною пластичністю. Польові й лабораторні дослідження виконували за загальноприйнятими методиками, статистичну обробку даних − методами дисперсійного та кореляційно-регресійного аналізу.

Оптимізація мінерального живлення суттєво впливала на динаміку поживного режиму ґрунту впродовж вегетації. Найефективнішою системою удобрення виявилося поєднання фонового $N_{60}P_{60}K_{60}$ із локальним припосівним внесенням мікрогранульованих добрив у нормі $N_{4,4}P_{18,8}$. За цієї системи у фазі ВВСН 16 вміст азоту, фосфору та калію становив відповідно 136, 123 і 117 мг/кг ґрунту, що перевищувало контроль на 18–24 %. Принципово важливо, що навіть у фазі фізіологічної стиглості концентрація доступних форм елементів живлення залишалася найвищою серед усіх варіантів – 117 мг/кг азоту, 95 мг/кг фосфору та 105 мг/кг калію, що підтверджує пролонговану дію локалізованого стартового удобрення та агрохімічну перевагу мікрогранульованих форм над традиційним амофосом.

Застосування мікробіологічних препаратів забезпечувало стабілізацію поживного режиму ґрунту та уповільнення виснаження доступних форм макроелементів упродовж вегетації. Найефективнішим серед монопрепаратів виявився Біофосфорин, за використання якого у фазі ВВСН 16 вміст азоту,

фосфору й калію становив відповідно 116, 88 і 105 мг/кг, а у фазі цвітіння − 111, 85 і 97 мг/кг ґрунту. Максимальні показники серед комбінованих біологічних систем отримано за сумісного застосування Мікофренду та Блу N, де у фазі фізіологічної стиглості вміст азоту, фосфору та калію досягав відповідно 106, 80 і 84 мг/кг. Виявлений ефект є закономірним наслідком синергічної взаємодії мікоризоутворювальних, діазотрофних і фосфатмобілізувальних мікроорганізмів, які паралельно активізують процеси біологічної фіксації азоту, мобілізації важкодоступних фосфатів і розширення поглинальної зони кореневої системи.

Оптимізація системи живлення суттєво впливала на інтенсивність ростових процесів і формування морфофізіологічної структури посіву. Найвищі показники у досліді з удобренням отримано за поєднання $N_{60}P_{60}K_{60}$ із локальним внесенням мікрогранульованих добрив: польова схожість насіння становила 91,1 %, висота рослин у фазі фізіологічної стиглості – 190,6 см, діаметр стебла у фазі цвітіння − 40,3 мм, що перевищувало контроль на 13,1 %, 24,1 см і 13,2 мм відповідно. У досліді з мікробіологічними препаратами найефективнішим було поєднання Мікофренду з Блу N − польова схожість 89,2 %, висота рослин 189,4 см, діаметр стебла 40,1 мм.

Локальне стартове удобрення та інтеграція мікробіологічних препаратів суттєво активізували формування асиміляційного апарату соняшнику. За поєднання фонового удобрення з мікрогранульованими добривами площа листкової поверхні у фазі бутонізації досягала 35053 $м^2$/га − у 2,4 раза більше, ніж у контролі, − а активність хлорофілу у фазі цвітіння становила 502,2 ум. од. Навіть у фазі фізіологічної стиглості площа листкової поверхні залишалася на рівні 26360 $м^2$/га, що свідчить про уповільнення акропетальної сенесценції листкового апарату під впливом оптимізованого живлення. Фотосинтетичний потенціал агроценозу зростав від 581 до 1689 тис. $м^2$/ га×діб у досліді 1 з удобренням та від 525 до 1346 тис. $м^2$/ га×діб у досліді з мікробіологічними препаратами, а накопичення абсолютно сухої біомаси збільшувалося відповідно від 1327 до 3194 кг/га та від 1910 до 3320 кг/га.

Найвищі показники структури врожаю та продуктивності соняшнику забезпечувало поєднання $N_{60}P_{60}K_{60}$ із припосівним локальним внесенням мікрогранульованих добрив: діаметр кошика 24,53 см, маса 1000 насінин 59,62 г, натура насіння 429,74 г/л, врожай 4,11 т/га, що перевищувало контроль відповідно на 16,8; 9,7; 8,3 та 37,9 %. Серед мікробіологічних препаратів найвищу продуктивність забезпечило сумісне застосування Мікофренду та Блу N − врожай 4,06 т/га, маса 1000 насінин 63,23 г, натура насіння 436,73 г/л. Усі отримані прирости врожайності були статистично достовірними на рівні $p \leq 0,05$.

Оптимізація системи живлення істотно позначилася на біохімічних показниках якості насіння. Найвищу олійність серед систем мінерального удобрення забезпечив дев'ятий варіант − 46,69 %, тоді як максимальний розрахунковий збір олії − 1,92 т/га отримано за поєднання $N_{60}P_{60}K_{60}$ із мікрогранульованими добривами, що на 30,6 % перевищувало контроль. Серед біологічних систем живлення найвищу олійність (47,01 %) забезпечило поєднання Біофосфорину з Блу N, тоді як максимальний розрахунковий збір олії (1,89 т/га) та найвищий вміст сирого протеїну (13,61 %) отримано за сумісного застосування Мікофренду та Блу N.

Економічна оцінка технологій засвідчила їх високу господарську доцільність. Локальне внесення мікрогранульованих добрив забезпечувало окупність 30,78 грн/1грн затрат, рентабельність 402,8 % та чистий прибуток 80030 грн/га. Серед мікробіологічних препаратів найвищу окупність забезпечував Біофосфорин − 90,72 грн/1грн, тоді як максимальний абсолютний прибуток – 73707 грн/га отримано за сумісного застосування Мікофренду та Блу N. Біоенергетичний аналіз підтвердив переваги локального стартового удобрення: коефіцієнт енергетичної ефективності становив 3,96, що на 54,5 % перевищувало показник традиційного фонового варіанту, а за поєднання Мікофренду та Блу N він досягав 2,76 при енергоємності врожаю 71706 МДж/га.

Одержані результати формують наукову основу для розроблення адаптивних ресурсоощадних технологій вирощування соняшнику в умовах Західного Лісостепу України і можуть бути використані для оптимізації регіональних систем удобрення, підвищення ефективності використання мінеральних ресурсів та стабілізації продуктивності агроценозів в умовах кліматичної нестабільності й зростання вартості засобів виробництва.

Ключові слова: соняшник, урожай, удобрення, азот, фосфор, калій, мікрогранульовані добрива, мікробіологічні препарати, олійність насіння, економічна ефективність.

ABSTRACT

Baranskyi D. V. Sunflower fertilization system on dark gray podzolized soil in the conditions of the Western Forest–Steppe. − Qualifying scientific work on manuscript rights.

Dissertation for obtaining the scientific degree of Doctor of Philosophy in the field of knowledge 20 Agrarian Sciences and food in the specialty 201 Agronomy. Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv, Lviv, 2026.

The dissertation addresses the relevant scientific and applied problem of increasing the productivity and resource efficiency of sunflower (*Helianthus annuus* L.) agrocenoses in the Western Forest-Steppe of Ukraine through optimization of an integrated mineral and biological nutrient management system. The effectiveness of combining localized starter fertilization with microgranular fertilizers and microbiological preparations of different modes of action has been theoretically substantiated and experimentally confirmed, ensuring activation of

productive processes, increased nutrient use efficiency, improved seed quality, and enhanced economic and energy efficiency of sunflower cultivation technology.

The relevance of the research is determined by contemporary transformations in Ukrainian agricultural production, particularly the northward and westward shift of sunflower cultivation under the influence of global climate change and war-related disruptions. Existing fertilization systems, developed primarily for the Steppe and Central Forest-Steppe zones, do not fully meet the specific requirements of dark grey podzolized soils of the Western Forest-Steppe, characterized by elevated acidity, unstable water regime, and strong dependence of fertilizer efficiency on seasonal hydrothermal conditions. This highlights the need for developing adaptive regional nutrient management models for sunflower cultivation tailored to local soil and climatic conditions.

The research was conducted during 2023–2025 on dark grey podzolized light loamy soil typical of the Western Forest-Steppe of Ukraine, characterized by low content of alkaline-hydrolyzable nitrogen, medium content of mobile phosphorus and potassium compounds, slightly acidic soil reaction, and satisfactory agrophysical properties. Contrasting meteorological conditions during the study years − from balanced moisture availability in 2024 to drought-affected and excessively wet periods in 2023 and 2025 − allowed comprehensive evaluation of the adaptive capacity of the studied nutrient management systems under different hydrothermal scenarios. The research object was the mid-early sunflower hybrid X4219 developed by Nuseed, characterized by high ecological plasticity and tolerance to abiotic stress. Field and laboratory investigations were conducted according to standard agronomic methodologies, whereas statistical processing of experimental data was performed using analysis of variance and correlation-regression analysis.

Optimization of mineral nutrition significantly influenced soil nutrient regime dynamics throughout the growing season. The most effective fertilization system was the combination of background $N_{60}P_{60}K_{60}$ fertilization with localized in-furrow application of microgranular fertilizers at $N_{4,4}P_{18,8}$. Under this system, nitrogen, phosphorus, and potassium content at BBCH 16 reached 136, 123, and 117 mg/kg

soil, respectively, exceeding the control by 18–24 %. Importantly, even at physiological maturity, the concentration of available nutrient forms remained the highest among all treatments − 117 mg/kg nitrogen, 95 mg/kg phosphorus, and 105 mg/kg potassium − confirming the prolonged effect of localized starter fertilization and the higher agronomic efficiency of microgranular fertilizers compared with conventional ammonium phosphate.

Application of microbiological preparations stabilized the soil nutrient regime and slowed depletion of available macronutrient forms throughout the growing season. The most effective single preparation was Biophosphorin, under which nitrogen, phosphorus, and potassium content at BBCH 16 reached 116, 88, and 105 mg/kg soil, respectively, and at flowering − 111, 85, and 97 mg/kg soil. Maximum indicators among combined biological nutrient management systems were recorded under co-application of Mycofriend and Blue N, where nitrogen, phosphorus, and potassium content at physiological maturity reached 106, 80, and 84 mg/kg soil, respectively. The observed effect resulted from the synergistic interaction between mycorrhiza-forming, diazotrophic, and phosphate-mobilizing microorganisms, which enhanced biological nitrogen fixation, mobilization of sparingly soluble phosphates, and expansion of the absorptive surface of the root system. Optimization of the nutrient management system significantly affected growth intensity and formation of the morphophysiological structure of the crop stand. The highest indicators in the fertilization trial were recorded under the combination of $N_{60}P_{60}K_{60}$ with microgranular fertilizers: field emergence reached 91,1 %, plant height at physiological maturity was 190,6 cm, and stem diameter at flowering reached 40,3 mm, exceeding the control by 13,1 %, 24,1 cm, and 13,2 mm, respectively. In the microbiological preparation trial, the most effective treatment was Mycofriend + Blue N, where field emergence reached 89,2 %, plant height – 189,4 cm, and stem diameter – 40,1 mm.

Localized starter fertilization and integration of microbiological preparations markedly stimulated formation of the assimilatory apparatus in sunflower. Under the combination of background fertilization with microgranular fertilizers, leaf area at

budding reached 35,053 m^2/ha, exceeding the control 2.4-fold, while chlorophyll activity at flowering reached 502,2 arbitrary units. Even at physiological maturity, leaf area remained at 26,360 m^2/ha, indicating delayed acropetal leaf senescence under optimized nutrition conditions. The photosynthetic potential of the agrocenosis increased from 581 to 1,689 thousand m^2/ha·days in the fertilization trial and from 525 to 1,346 thousand m^2/ha·days in the microbiological preparation trial, whereas dry biomass accumulation increased from 1,327 to 3,194 kg/ha and from 1,910 to 3,320 kg/ha, respectively.

The highest yield structure parameters and sunflower productivity were obtained under the combination of $N_{60}P_{60}K_{60}$ with localized in-furrow application of microgranular fertilizers: head diameter — 24.53 cm, 1,000-seed weight — 59.62 g, seed bulk density − 429.74 g/L, and yield − 4.11 t/ha, exceeding the control by 16,8 %, 9,7 %, 8,3 %, and 37,9 %, respectively. Among microbiological preparations, the highest productivity was achieved under co-application of Mycofriend and Blue N, where yield reached 4,06 t/ha, 1,000-seed weight – 63,23 g, and seed bulk density – 436,73 g/L. All recorded yield increments were statistically significant ($p \leq 0.05$).

Optimization of the nutrient management system substantially affected biochemical quality parameters of sunflower seed. The highest oil content among mineral fertilization systems was recorded in the ninth treatment – 46,69 %, whereas the maximum oil yield per hectare − 1.92 t/ha was obtained under the combination of $N_{60}P_{60}K_{60}$ with microgranular fertilizers, exceeding the control by 30,6 %. Among biological nutrient management systems, the highest oil content (47,01 %) was provided by the combination of Biophosphorin with Blue N, whereas the maximum oil yield per hectare (1,89 t/ha) and highest crude protein content (13,61 %) were recorded under co-application of Mycofriend and Blue N.

Economic evaluation confirmed the high agronomic and financial efficiency of the studied technologies. Localized application of microgranular fertilizers provided the highest return per unit cost – 30,78 UAH per 1 UAH of expenditure, profitability of 402,8 %, and net profit of 80,030 UAH/ha. Among microbiological preparations, the highest return per unit cost was achieved with Biophosphorin − 90.72 UAH/UAH

− whereas the maximum absolute profit of 73,707 UAH/ha was recorded under co-application of Mycofriend and Blue N. Bioenergetic analysis confirmed the advantages of localized starter fertilization: the energy efficiency coefficient reached 3,96, exceeding the conventional background fertilization treatment by 54.5 %, whereas under the Mycofriend + Blue N combination it reached 2.76 with an energy output of yield of 71,706 MJ/ha.

The obtained results establish a scientific basis for the development of adaptive and resource-efficient sunflower cultivation technologies in the Western Forest-Steppe of Ukraine and may be used for optimization of regional fertilization systems, improvement of mineral resource use efficiency, and stabilization of agrocenosis productivity under conditions of climatic instability and increasing production costs.

Key words: sunflower, yield, fertilization, nitrogen, phosphorus, potassium, microgranular fertilizers, microbial preparations, seed oil content, economic efficiency.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у фахових виданнях України

1. **Баранський Д. В.** Як керована синергія ризосферних мікроорганізмів може покращити ефективність сучасного землеробства (повернення до природи). *Вісник Львівського національного університету природокористування. Серія Агрономія*. 2023. № 27. С. 157–162. doi.org/10.31734/agronomy2023.27.157
2. **Баранський Д. В.** Вирощування соняшнику за коливання клімату та вологозабезпеченості в умовах Лісостепу Західного. *Вісник Львівського національного університету природокористування. Серія Агрономія*. 2024. № 28. С. 57–66. doi.org/10.31734/agronomy2024.28.057
3. **Баранський Д. В**. Удосконалення системи удобрення соняшнику в умовах Пасмового Побужжя. *Збірник наукових праць Уманського національного*

університету садівництва. 2024. Вип. 105. Ч. 1 : Сільськогосподарські та технічні науки. С.58–72. doi.org/10.32782/2415–8240–2024–105–1–58–72

4. **Баранський Д. В.**, Глеваський В. І, Ілюк Н. А. Інноваційні методи підвищення стійкості агроекосистем до посухи. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. Херсонський державний аграрно–економічний університет. Одеса : Видавничий дім «Гельветика», 2024. Вип. 139. Ч. 1. С. 27–36. doi.org/10.32782/2226–0099.2024.139.1.4 *(Здобувачем зібрано й узагальнено теоретичний матеріал, описано методи досліджень та колективно сформульовані висновки)*
5. **Баранський Д. В.**, Гнатів П. С., Іванюк В. Я., Гаськевич О. В. Вплив удобрення соняшника на динаміку елементів живлення у ґрунті та рослинах в умовах Західного Лісостепу. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2025. Вип. 77 (2). С. 15–30. https://doi.org/10.32636/01308521.2025-(77)-2-2 *(Здобувачем узагальнено матеріал, здійснено статистичну обробку даних та долучався до колективного формулювання висновків).*

Статті у журналах, що індексуються у наукометричних базах Scopus та Web of Science

6. Ivanyuk H., Yamelynets T., Papish I., Hnativ P., Pankiv Z., Bonishko O., Ivaniuk V., Haskevych O., **Baranskyi D.**, Avhustynovych M. Soil classification of Ukraine and its correlation with WRB (2022). *Soil Science Annual*. 2026. 77(1), 215263. doi.org/10.37501/soilsa/215263 *(Здобувачем здійснено пошук та узагальнення наукових джерел, підготовлено ілюстрації до статті та долучився до колективного формулювання висновків).*

Тези доповідей на наукових конференціях

7. **Баранський Д. В.** Проблема оптимальної системи удобрення соняшнику у зв’язку з розширенням посівних площ у Західному Лісостепу в умовах кліматичних змін. *«Актуальні проблеми агропромислового виробництва*

України: продовольча безпека в умовах воєнного часу і повоєнної відбудови країни»: матеріали XI Всеукраїнської науково–практичної конференції молодих вчених (с. Оброшине, 10 листоп. 2022 р.). Львів–Оброшине. 2022. С 3–5. URL: https://surl.lu/xeznbu

8. **Баранський Д. В.** Здоров'я ґрунту за вирощування соняшнику: український досвід біологізації агроекосистеми. *Ґрунти, сталий розвиток та українське ґрунтознавство*: матеріали Міжнародної наукової конференції, присвяченої 120–річчю від дня народження Григорія Андрущенка. 24–26 квітня 2023. Львів–Дубляни: ЛНУП. С. 58–62. URL: https://link.lvet.edu.ua/PWrbEy
9. **Баранський Д. В.** Симбіотичні зв'язки – майбутнє агровиробництва. *Теорія і практика розвитку агропромислового комплексу та сільських територій*: матеріали XXIV Міжнародного науково – практичного форуму, 4–6 жовтня 2023 р. Львів: ЛНУП, 2023. С. 198–201. URL: https://link.lvet.edu.ua/0Img43
10. **Баранський Д. В.** Новітній крок в агрономії – мікробні консорціуми, як ключ до ефективного рільництва. *Сучасні технології вирощування екологічно безпечної плодоовочевої продукції, присвяченої 90–річчю від дня народження видатної селекціонерки часнику Лідії Ліщак*: матеріали II Міжнародної науково–практичної конференції:. 28–29 березня 2024. Львів: ЛНУП. С. 117–121. URL: https://link.lvet.edu.ua/IK9VT4
11. **Baranskyi D. V.** Soil health and biodiversity: connections and interactions. *«Сучасні ековиклики. Стратегії екологічної безпеки довкілля»*: матеріали Міжнародної науково–практичної конференції, присвяченій 25–річчю кафедри екології Львівського НУП. 22–23 травня 2024 р. Львів–Дубляни: ЛНУП, 2024. С. 113–115. URL: https://link.lvet.edu.ua/U0VX1R
12. Іванюк В. Я., **Баранський Д. В.** Особливості використання системи EXPRESS SUN для захисту соняшника від бур'янів. *Теорія і практика розвитку агропромислового комплексу та сільських територій*: матеріали XXV Міжнародного науково – практичного форуму, 2–4 жовтня 2024 р. Львів: ЛНУП, 2024. С. 272–275. URL: https://link.lvet.edu.ua/KK4ATs

(Здобувачем узагальнено матеріал, сформовано текст, здійснено статистичну обробку даних та узгоджено висновки).

13. **Баранський Д. В.**, Паробецький Т. І., Дуда Н. Ю. Ґрунтова мікробіота та її вплив на вирощування соняшнику. *Мікробіологія в сучасному сільськогосподарському виробництві*: матеріали XVII наукової конференції молодих учених (м. Чернігів, 25 жовтня 2024 р.). Національна академія аграрних наук України. Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва. Чернігів:видавець Брагинець О. В. 2024. С. 15–16. URL: https://surl.li/fkspnb *(Здобувачем проведено аналіз та узагальнення наукових даних, сформовано текст)*
14. **Baranskyi D. V.** The impact of intensive farming on soil biota functioning under fluctuations of hydrothermal conditions. *«Наукові читання до 100–річчя від дня народження Філіп'єва Івана Давидовича – видатного вченого у галузі агрохімії та ґрунтознавства»*: матеріали науково–практичної конференції, присвяченої пам'яті доктора с.–г. наук, професора, Заслуженого діяча науки і техніки України, Філіп'єва Івана Давидовича. Одеса: ІКОСГ НААН. 2024. С. 19–21. URL: http://surl.li/wddxer
15. **Baranskyi D. V.**, Hnativ P. S.,. Ivaniuk V. Ya. Efficiency of microbiological preparations application to increase sunflower productivity under conditions of sufficient moisture. *Інноваційні технології у рослинництві*: матеріали міжнародної науково–практичної інтернет–конференції до 115–ої річниці з дня народження доктора сільськогосподарських наук, професора, член–кореспондента НАН України, Заслуженого діяча науки України Кияка Григорія Степановича, 30 квітня 2025 р. [Електронний ресурс]. Львів–Дубляни: Львівський НУВМБ ім. С. З. Ґжицького, Північний кампус. С. 18–20. URL: https://link.lvet.edu.ua/39abAV *(Здобувачем проведено оцінку впливу ґрунтових мікроорганізмів на доступність елементів живлення)*
16. Гнатів П. С., Качмар О. Й., Іванюк В. Я., **Баранський Д. В**. Зміни клімату в Україні та мезоклімату західного регіону. *Інноваційні технології у рослинництві*: матеріали міжнародної науково–практичної інтернет–

конференції до 115–ої річниці з дня народження доктора сільськогосподарських наук, професора, член–кореспондента НАН України, Заслуженого діяча науки України Кияка Григорія Степановича, 30 квітня 2025 р. [Електронний ресурс]. Львів–Дубляни: Львівський НУВМБ ім. С. З. Ґжицького. Північний кампус. С. 23–25. URL: https://link.lvet.edu.ua/39abAV *(Здобувачем сформовано текст та узгоджено висновки)*

17. **Баранський Д. В.** Вплив мікробіологічних препаратів на формування архітоніки соняшнику. *«Інноваційні аспекти збереження і підвищення родючості ґрунтів у воєнний та повоєнний періоди»*: матеріали міжнародної науково–практичної конференції, присвяченої 60–річчю тривалого стаціонарного досліду Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН (с. Оброшине, 18 вересня 2025 р.). Оброшине–Львів. 2025. С. 12–14. URL: https://surl.lu/zjluok
18. **Баранський Д. В.** Агрокліматичні зміни як чинник диверсифікації культур заходу України. *Теорія і практика розвитку агропромислового комплексу та сільських територій:* матеріали XXVI Міжнародного науково–практичного форуму, 08–10 жовтня 2025 р. [Електронний ресурс]. Львів: ЛНУВМБ ім.С.Ґжицького, 2025. С. 84–85. URL: https://link.lvet.edu.ua/m2TwFD
19. **Баранський Д. В.**, Шаранюк М. Т., Рудий Р. В. Вплив ґрунтової мікробіоти на натуру зерна соняшнику. *Роль мікробіології в аграрному виробництві*: матеріали Спільної Всеукраїнської науково–практичної онлайн–конференції молодих учених (м. Чернігів і м. Київ, 23 жовтня 2025 р.) / Національна академія аграрних наук України, Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва; Національна академія наук України, Інститут мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного. Чернігів : видавець Агеєв В. О., 2025. С. 37–39. URL: https://salo.li/6a3C8E9 *(Здобувачем проведено польові та лабораторні дослідження, статистичне опрацювання результатів)*

20. **Баранський Д. В.**, Клипак М. П., Ботош Д. М. Ґрунтовий мікробіом − важливий фактор продуктивності соняшника в умовах змін клімату. *«Ґрунти в умовах викликів: деградація, відновлення та інновації для сталого майбутнього»*: матеріали міжнародної науково–практичної конференції, присвячено Всесвітньому дню ґрунтів (WSD). ДУ «Інститут охорони ґрунтів України» (27 листопада 2025 року). Київ. 2025. С. 134–136. URL: https://link.lvet.edu.ua/e8t3hn *(Здобувачем проведено аналіз та узагальнення наукових даних)*
21. **Баранський Д. В**., Бабій В. Т. Порівняльна оцінка ефективності мікрогранульованих і традиційних форм добрив при вирощуванні соняшнику. *Наукові засади підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва*: матеріали IX Міжнар. наук.–практ. конф., 28 листопада 2025 р. [Електронний ресурс]. Державний біотехнологічний ун–т. Електрон. дані. Харків, 2025. С. 44–46. URL: https://surl.li/pfjfdo *(Здобувачем проведено порівняльний аналіз, опрацьовано експериментальні дані)*

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ..... 2
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ..... 19
ВСТУП..... 20
Розділ 1. УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМ МІНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕННЯ СОНЯШНИКА У РІЗНИХ УМОВАХ ВИРОЩУВАННЯ (огляд літературних джерел)..... 27
1.1. Адаптивний потенціал соняшнику та перспективи його поширення в умовах кліматичних змін..... 27
1.2. Особливості мінерального живлення соняшника у різних ґрунтово-кліматичних умовах вирощування..... 39
1.3. Перспективи застосування мікробіологічних препаратів при вирощуванні соняшника..... 46
1.4. Актуальні питання вирощування соняшника в західному регіоні України..... 55
Висновки до розділу 1..... 63
Розділ 2. УМОВИ, ПРОГРАМА І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ..... 65
2.1. Опис ґрунтової відміни району досліджень..... 65
2.2. Агрокліматичні умови і гідротермічний режим у роки експериментів..... 68
2.3. Методики та агротехніка проведення досліджень……..... 79
2.4. Характеристика гібриду соняшника Х4219..... 89
Висновки до розділу 2..... 90
Розділ 3. ВПЛИВ ФОРМ ДОБРИВ ТА МІКРОБІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ НА ҐРУНТОВІ ПРОЦЕСИ ТА ЖИВЛЕННЯ РОСЛИН. 92
3.1. Динаміка вмісту макроелементів в ґрунті упродовж вегетаційного періоду залежно від системи удобрення..... 92

3.2. Динаміка макроелементів в ґрунті упродовж вегетаційного періоду залежно від мікробіологічних препаратів..... 97
Висновки до розділу 3..... 102
Розділ 4. ОСОБЛИВОСТІ АРХІТЕКТОНІКИ, РОСТУ Й РОЗВИТКУ СОНЯШНИКА ЗАЛЕЖНО ВІД ВПЛИВУ УДОБРЕННЯ ТА МІКРОБІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ..... 103
4.1. Тривалість фаз росту й розвитку соняшника у роки досліджень..... 103
4.1.1. Ріст і розвиток рослин залежно від удобрення..... 104
4.1.2. Ріст і розвиток рослин залежно від мікробіологічних препаратів..... 115
4.2. Динаміка формування асиміляційного апарату соняшника..... 123
4.2.1.Формування асиміляційного апарату залежно від удобрення 123
4.2.2. Формування асиміляційного апарату залежно від мікробіологічних препаратів..... 129
4.3. Фотосинтетичний потенціал і чиста продуктивність фотосинтезу.. 135
4.3.1. Реалізація продуктивності фотосинтезу залежно від удобрення..... 136
4.3.2. Реалізація продуктивності фотосинтезу залежно від мікробіологічних препаратів..... 140
Висновки до розділу 4..... 145
Розділ 5. ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЮ ТА ЯКОСТІ НАСІННЯ СОНЯШНИКА ЗАЛЕЖНО ВІД ВПЛИВУ УДОБРЕННЯ ТА МІКРОБІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ..... 147
5.1. Урожай та його структурні елементи..... 147
5.1.1. Формування елементів продуктивності соняшника залежно від удобрення..... 148
5.1.2. Формування елементів продуктивності соняшника залежно від застосування мікробіологічних препаратів..... 158
5.2. Показники якості насіння соняшника..... 166

5.2.1. Показники якості насіння соняшника залежно від удобрення..... 167
5.2.2. Показники якості насіння соняшника залежно від мікробіологічних препаратів..... 177
Висновки до розділу 4..... 182
Розділ 6. ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ТА БІОЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ СОНЯШНИКА..... 184
6.1. Аналіз економічної ефективності досліджуваних факторів..... 184
6.1.1. Аналіз економічної ефективності застосування добрив..... 185
6.1.2. Аналіз економічної ефективності застосування мікробіологічних препаратів..... 188
6.2. Біоенергоефективність досліджуваних факторів..... 190
6.2.1. Енергоефективність застосування добрив..... 191
6.2.2. Енергоефективність застосування мікробіологічних препаратів..... 193
Висновки до розділу 6..... 195
ВИСНОВКИ..... 197
ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ..... 202
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ..... 203
ДОДАТКИ..... 265
Додаток А до другого розділу..... 266
Додаток Б до четвертого розділу..... 270
Додаток В до п’ятого розділу..... 292
Додаток Г до шостого розділу..... 311
Додаток Д Список опублікованих праць за темою дисертації..... 313
Додаток Е Акти впровадження результатів у навчальний процес та виробництво..... 318

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ЛНУВМБ імені С. З. Ґжицького – Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Ґжицького

ЛНУП – Львівський національний університет природокористування

ІСГ Карпатського регіону НААН – Інститут сільського господарства Карпатського регіону Національної академії аграрних наук

р.р.б.п. – припосівне внесення робочого розчину бактеріальних препаратів за принципом РКД

гр.б.п. – внесення гранульованого біопрепарату через систему припосівного внесення добрив

п.п.в. – передпосівне внесення

л.в. – листкове внесення

НАФ – нітроамофоска ($N_{15}P_{15}K_{15}$)

АФ – амофос ($N_{10}P_{46}$)

МГД – мікрогранульоване добриво ($N_{11}P_{47} + S_5$)

Кее – коефіцієнт енергетичної ефективності

д.р. – діюча речовина

Yara N-Tester™ – польовий тестер азотного живлення листків

мг – міліграм

мг-екв. – міліграм еквівалент

$НІР_{05}$ – найменша істотна різниця

ВСТУП

Актуальність теми. Соняшник є провідною олійною культурою України та однією з найважливіших олійних культур світу. В Україні середня врожай культури становила 25,2 ц/га, що дещо поступалося показникам найбільш урожайних років [124]. Це свідчить про те, що потенціал сучасних сортів і гібридів соняшнику реалізується не повною мірою та значною мірою залежить від оптимізації технологічних елементів вирощування. Найбільші площі посіву соняшнику традиційно зосереджені у Степовій зоні України. Проте, його просторове переміщення та розширення ареалу вирощування зумовлені комплексною дією кліматичних змін і воєнних дій. Разом із тим така міграція культури супроводжується низкою агротехнологічних викликів, пов'язаних із недостатньою адаптацією існуючих технологій до нових ґрунтово-кліматичних умов [319; 334; 371; 412; 413; 414; 429]. Окремі аспекти вирощування соняшнику в умовах Західного Лісостепу України висвітлені у працях Т. І. Багая , В. В. Лихочвора, Д. М. Любицької, В. М. Сендецького, О. Ф. Тимчишин та Н. М. Рудавської та ін. [3; 177-179; 250-257; 270; 271].

У традиційних районах вирощування соняшнику на чорноземах типових і звичайних рекомендовано застосовувати норми добрив у межах $N_{45-60}P_{45-60}K_{45-60}$, тоді як на менш забезпечених ґрунтах − $N_{45-90}P_{45-90}K_{45-90}$ [269; 291; 307; 314; 341; 390]. Проте умови Західного Лісостепу суттєво відрізняються від степової зони за температурним режимом, кількістю опадів і характером зволоження. Для цієї зони характерні достатнє, а в окремі періоди й надмірне зволоження, що змінює інтенсивність ґрунтових процесів, трансформацію елементів живлення та ефективність добрив. За таких умов традиційні системи удобрення, адаптовані до південних регіонів, не завжди забезпечують максимальну ефективність використання поживних речовин. Саме тому питання оптимізації норм, форм і способів внесення добрив у Західному Лісостепу набуває особливої актуальності.

Актуальність досліджень зумовлена не лише розширенням ареалу культури, а й необхідністю адаптації технологій вирощування до умов достатнього та нестійкого зволоження. Оптимізація мінерального живлення з урахуванням регіональних особливостей ґрунту й клімату, а також інтеграція мікробіологічних препаратів у систему удобрення можуть стати важливими чинниками підвищення врожайності, стабілізації продуктивності агрофітоценозів і покращення якості насіння соняшнику в умовах Західного Лісостепу України.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана згідно з планами науково–дослідної роботи факультету агротехнологій та охорони довкілля Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Ґжицького за темою кафедри агрохімії й ґрунтознавства «Розробити екобезпечні прийоми удосконалення технологій вирощування культур, що забезпечують оптимальний врожай та відтворення родючості ґрунтів в умовах зміни мезоклімату в західній Україні» (2021–2025 рр. – № др 0121U109715).

Мета наших досліджень – розробити раціональну систему мінерального живлення залежно від норм і форм добрив та мікробіологічних препаратів, що забезпечить високий врожай і якість насіння в умовах Західного Лісостепу та збереження родючості ґрунту.

Завдання дослідження:

– вивчити сучасну наукову літературу і методики для розв'язання проблеми живлення соняшнику у Західному Лісостепу;

– дослідити вплив різних форм добрив та мікробіологічних препаратів на мінеральне живлення соняшнику і на вміст поживних елементів у ґрунті;

– дослідити вплив системи мінерального удобрення на особливості росту, розвитку і живлення рослин соняшнику, формування врожайності та якості насіння;

– дослідити вплив рядкового внесення мікробіологічних препаратаів на ріст і розвиток рослин соняшнику, рівень урожайності та якість насіння;

– встановити оптимальні норми удобрення для отримання найвищої врожайності насіння високої якості в умовах Західного Лісостепу;

– визначити економічну та енергетичну ефективність розроблених елементів технології соняшнику.

Об'єкт досліджень: процес формування продуктивності соняшнику та якості насіння залежно від систем удобрення і мікробіологічних препаратів.

Предмет досліджень: система мінерального удобрення соняшнику, норми і форми добрив, мікробіологічні препарати, їх вплив на поживний режим ґрунту, біометричні показники рослин, урожай та якість насіння.

Робоча гіпотеза. Тематика досліджень зумовлена актуальною потребою вдосконалення системи мінерального живлення соняшнику в умовах Західного Лісостепу України. Передбачалося, що збалансоване застосування мінеральних добрив сприятиме оптимізації поживного режиму ґрунту та покращенню забезпечення рослин елементами живлення. Водночас використання мікробіологічних препаратів мало активізувати розвиток ризосферної мікрофлори, підвищити доступність поживних речовин і стимулювати ріст та розвиток культури. Окреме вивчення норм і форм добрив та мікробіологічних препаратів дозволяє більш об'єктивно оцінити їхній вплив на формування врожайності й показників якості насіння соняшнику. Однак ефективність таких елементів технології у ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу України досліджена недостатньо, що обумовлює необхідність подальшого наукового обґрунтування їх застосування у технологіях вирощування культури.

Наукова новизна отриманих результатів. В умовах Лісостепу Західного *уперше*:

– науково обґрунтована ефективність удосконаленої системи удобрення соняшника на темно-сірому опідзоленому легкосуглинковому ґрунті, яка передбачає поєднання фонового удобрення $N_{60}P_{60}K_{60}$ із локальним припосівним внесенням мікрогранульованих добрив та мікробіологічних препаратів різного механізму дії, що забезпечує врожай насіння на рівні 4,06−4,11 т/га та його приріст на 30,5−37,9 % порівняно з контрольними варіантами;

– встановлено кількісні закономірності корекції поживного режиму темно-сірого опідзоленого ґрунту впродовж онтогенезу соняшнику за локального застосування мікрогранульованих добрив і доведено, що поєднання $N_{60}P_{60}K_{60}$ із припосівним внесенням $N_{4,4}P_{18,8}$ забезпечувало у фазі формування листків вміст мінерального азоту, рухомого фосфору та обмінного калію відповідно 136, 123 і 117 мг/кг ґрунту, що на 18–24 % перевищувало контроль та сприяло підтриманню підвищеного рівня доступних елементів живлення до фази фізіологічної стиглості;

– доведено синергетичний ефект взаємодії локального стартового внесення мікрогранульованих добрив із фоновим мінеральним удобренням на формування асиміляційного апарату та фотосинтетичну продуктивність соняшника і встановлено, що площа листкової поверхні у фазі бутонізації досягала 35053 м^2/га, фотосинтетичний потенціал агроценозу зростав до 1689 тис. м^2/га×діб, а накопичення абсолютно сухої речовини до 3194 кг/га, що відповідно у 2,7–2,9 раза перевищувало показники на неудобреному ґрунті;

– з’ясовано фазоспецифічні закономірності впливу мікробіологічних препаратів та їх бінарних композицій на поживний режим ґрунту, морфофізіологічні процеси й продуктивність соняшника і доведено, що сумісне застосування препаратів Мікофренд і Блу N забезпечувало найвищі показники ростових процесів і продуктивність культури: висота рослин – 189,4 см, діаметр стебла – 40,1 мм, урожай – 4,06 т/га та збільшення маси 1000 насінин до 63,23 г;

– встановлено умови пролонгованого функціонування листкового апарата соняшника за оптимізованих систем удобрення і доведено, що локальне стартове удобрення у поєднанні з мікробіологічними препаратами уповільнювало процеси акропетальної сенесценції листків завдяки тривалішому забезпеченню рослин поживними елементами, підтримувало збереження площі листкового апарата на рівні 26360 м^2/га у фазі фізіологічної стиглості та його фотосинтетичну активність, що підтвердили показники N-тестера на рівні 502,2 ум.од.;

– обґрунтовано оптимальні умови формування якості насіння соняшника залежно від системи живлення і встановлено, що поєднання фону $N_{60}P_{60}K_{60}$ із мікрогранульованими добривами забезпечувало максимальний розрахунковий збір олії – 1,92 т/га та підвищення вмісту сирого протеїну до 13,91 %, а сумісне застосування Мікофренду і Блу N сприяло формуванню найвищого вмісту сирого протеїну – 13,61 % та умовного його збору – 0,55 т/га;

– визначено економічно та біоенергетично найефективніші системи удобрення соняшника для умов Західного Лісостепу. Доведено, що локальне внесення мікрогранульованих добрив забезпечувало рентабельність виробництва на рівні 402,8 %, чистий прибуток – 80030 грн/га та коефіцієнт енергетичної ефективності – 3,96, що на 54,5 % перевищувало показники (2,57) традиційної системи удобрення $N_{60}P_{60}K_{60}$.

Удосконалено наукові засади технології вирощування соняшнику в нових для культури природно-кліматичних умовах Західного Лісостепу України.

Методи досліджень. У роботі використано такі сучасні методи:

Польовий – для спостережень за ростом і розвитком соняшнику, погодними умовами досліджень, для оцінки елементів технології вирощування культури. *Лабораторний* – для оцінки змін показників родючості ґрунту та якості насіння. *Вимірювально–ваговий* – для дослідження динаміки росту рослин, формування елементів продуктивності та обліку урожайності. *Математико–статистичний* – для з'ясування достовірності цифрових результатів досліджень і графічного моделювання закономірностей. *Розрахунково–порівняльний* – для обчислення економічної та енергетичної ефективності нових елементів технології.

Практичне значення одержаних результатів. Практичні рекомендації на основі висновків дисертаційної роботи впроваджені у виробництво ФГ «Дзвін» (смт. Олесько), що забезпечило прибавку врожайності соняшнику 0,21 т/га, а чистий прибуток склав 4520 грн/га. Матеріали нових дисертаційних результатів залучені у програми таких дисциплін «Системи удобрення польових культур», «Рослинництво», «Аналітичний агрохімсервіс та

управління якістю ґрунтів» та «Екологічні основи застосування добрив і моніторинг родючості ґрунтів» на профільних кафедрах ЛНУВМБ імені С. З. Ґжицького (акти про впровадження, додаток Е).

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є самостійно виконаним науковим дослідженням у межах освітньо-наукової програми підготовки доктора філософії, що ґрунтується на власних теоретичних узагальненнях автора, а також результатах проведених досліджень. Здобувачем особисто здійснено патентно-інформаційний пошук, проаналізовано наукові джерела, опрацьовано сучасні методичні підходи, проведено польові експерименти та супровідні аналітичні дослідження. Автором виконано статистичну обробку отриманих даних, оцінено точність досліджень, узагальнено результати та сформульовано висновки і практичні рекомендації щодо їх упровадження. За матеріалами дослідження здобувачем підготовлено й опубліковано наукові праці, особистий внесок у яких належно обґрунтовано.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати дисертаційної роботи апробовані на: XI Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих вчених «Актуальні проблеми агропромислового виробництва України: продовольча безпека в умовах воєнного часу і повоєнної відбудови країни»: (Оброшине, 2022 р.); Міжнародній науковій конференції «Ґрунти, сталий розвиток та українське ґрунтознавство» присвяченої 120-річчю від дня народження Григорія Андрущенка (Львів–Дубляни, 2023 р.); XXIV Міжнародному науково – практичному форумі: «Теорія і практика розвитку агропромислового комплексу та сільських територій» (Львів–Дубляни, 2023 р.); II Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні технології вирощування екологічно безпечної плодоовочевої продукції» (Львів–Дубляни, 2024 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні ековиклики. Стратегії екологічної безпеки довкілля» присвяченій 25–річчю кафедри екології Львівського НУП (Львів–Дубляни, 2024 р.); XXV Міжнародному науково – практичному форумі «Теорія і практика розвитку агропромислового комплексу та сільських територій» (Львів, 2024 р.); XVII наукової конференції молодих

учених «Мікробіологія в сучасному сільськогосподарському виробництві» (Чернігів, 2024 р.), Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва; Науково-практичній конференції «Наукові читання до 100-річчя від дня народження Філіп'єва Івана Давидовича» (Одеса, 2024 р.); Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Інноваційні технології у рослинництві» (Львів–Дубляни, 2025 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційні аспекти збереження і підвищення родючості ґрунтів у воєнний та повоєнний періоди»: присвяченій 60-річчю тривалого стаціонарного досліду Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН (Оброшине, 2025 р.); XXVI Міжнародному науково-практичному форумі: Теорія і практика розвитку агропромислового комплексу та сільських територій: матеріали (Львів, 2025 р.); Всеукраїнській науково-практичній онлайн-конференції молодих учених «Роль мікробіології в аграрному виробництві» (Чернігів, Київ, 2025 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Ґрунти в умовах викликів: деградація, відновлення та інновації для сталого майбутнього», присвяченій Всесвітньому дню ґрунтів (WSD). ДУ «Інститут охорони ґрунтів України» (Київ, 2025 р.); IX Міжнародній науково-практичній конференції «Наукові засади підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва» (Харків, 2025 р.).

Публікації. За темою дисертаційної роботи опубліковано 21 наукову публікацію, у тому числі: три одноосібних та дві у співавторстві статті у фахових наукових виданнях України, одна стаття у міжнародному виданні, що включене до наукометричної бази Scopus, п'ятнадцять публікацій у матеріалах наукових міжнародних і вітчизняних заходів.

Структура і обсяг дисертації. Дисертаційна робота має вступ, шість розділів, висновки, список використаної літератури і додатки. Загальний обсяг дисертації 319 сторінок, основної частини 172 сторінки. Вона ілюстрована 18 рисунками, 39 таблицями та шістьма додаткам на 54 сторінках. Список використаних джерел становить 448 назв, у тому числі 119 іноземних.

Розділ 1. УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМ МІНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕННЯ СОНЯШНИКА У РІЗНИХ УМОВАХ ВИРОЩУВАННЯ

(огляд літературних джерел)

1.1. Агробіологічна адаптивність соняшника

Соняшник (*Helianthus annuus* L.) належить до найважливіших олійних культур світового агровиробництва. Характеризується високим рівнем пристосованості до різних ґрунтово-кліматичних умов. Цю адаптивність культури можна розглядати як комплексну властивість, що відображає здатність генотипу забезпечувати стабільний врожай при мінливих умовах навколишнього середовища, ефективно використовувати природні ресурси, протистояти впливу несприятливих факторів та повною мірою реалізовувати генетичний потенціал врожайності у певних агроекологічних зонах. В сучасному землеробстві, яке стає все більш нестабільним у кліматичному плані, адаптивність культур набуває особливої ваги, адже саме вона визначає стійкість функціонування агросистем та рівень продовольчої безпеки [258; 260; 320; 359; 360; 403].

Висока економічна вигода при вирощуванні соняшнику та стабільний попит на продукцію переробки зумовлюють його широке поширення в структурі посівних площ багатьох країн. Дослідження В. В. Базалія, І. В. Чехова та В. В. Гамаюнової показують, що соняшник і надалі залишається однією з провідних культур в олійному секторі, забезпечуючи значну частку виробництва рослинної олії та маючи важливе соціально–економічне значення для економіки агросектору [5; 320; 371].

Сучасне використання соняшнику значною мірою пов’язане з виробництвом біопалива. Наукові дані І. М. Демидова та ін. [87] підтверджують, що насіння соняшнику може бути перспективною сировиною для виробництва біодизелю, що підвищує енергетичну незалежність та сприяє диверсифікації агровиробництва.

Значною мірою адаптивність соняшнику зумовлена його морфофізіологічними особливостями. Вони дають культурі можливість ефективно рости та дозрівати у широкому діапазоні ґрунтово-кліматичних умов. Ключовим елементом адаптаційного потенціалу виступає добре розвинена стрижнева коренева система. Вона здатна проникати глибоко в ґрунт та отримувати воду з нижніх горизонтів. Ця особливість зумовлює відносну посухостійкість культури та її здатність давати врожай у регіонах з нестабільним режимом зволоження. У сучасних дослідженнях А. В. Тищенка та ін. [276] наголошується на ключовій ролі кореневої системи в механізмах адаптації польових культур до змін клімату, забезпечуючи ефективне використання водних та поживних ресурсів ґрунту.

Важливим морфологічним аспектом адаптивності є здатність рослин змінювати свою структуру. Це проявляється у варіації співвідношення надземної та підземної біомаси, площі листкової поверхні та швидкості росту залежно від кількості доступних ресурсів. Дослідження Y. Wang, L. A. Donovan, A. A. Temme [441] доводять, що соняшник може змінювати свою морфологію та розподіл біомаси у відповідь на нестачу води та поживних речовин, що забезпечує більш ефективне використання ресурсів середовища.

Не менш важливим фактором адаптивності є функціонування фотосинтетичного апарату. Інтенсивність проходження фотосинтезу та ефективність використання світлової енергії значною мірою визначають обсяг врожайності соняшнику. Зокрема, дослідження фотосинтетичної активності гібридів Є. А. Єременка, О. Онищенко та ін. [106; 379; 408] показали, що вона може змінюватися в залежності від умов вирощування та застосування регуляторів росту рослин, що впливає на формування врожайності. Підвищення ефективності фотосинтезу сприяє збільшенню врожайності посівів та стабільності урожаю навіть за несприятливих умов вирощування.

Важливою складовою морфофізіологічної адаптованості є формування господарсько цінних характеристик насіння. Такі морфологічні особливості насіння, як маса, форма, лушпинність та інші ознаки, можуть змінюватися

залежно від генотипу та умов вирощування. Це свідчить про високий рівень фенотипової пластичності культури [39; 40]. Саме тому сучасні селекційні дослідження Т. В. Махова, С. Р. Ведмедєв, Д. В. Чуйка [188; 322], приділяють значну увагу вивченню фенотипових ознак та створенню баз даних для більш ефективного відбору селекційного матеріалу.

Важливим проявом агробіологічної адаптивності соняшнику є здатність різних генотипів формувати стабільний врожай у різних агрокліматичних умовах. Дослідження адаптивності гібридів першого покоління (F1) В. О. Бабич, І. Ю. Боровської, Я. Ю. Шарипіної та ін. [2] створених на основі комплексного відбору ліній з характеристиками, які мають господарську цінність, показали, що генотипи суттєво відрізняються за рівнем стабільності продуктивності в різних екологічних умовах. Подібні тенденції були виявлені і при оцінці гібридів селекції ВНІС, де було показано значну роль взаємодії генотипу та середовища у формуванні врожайності [330]. Розрізнення генотипів соняшнику відповідно до умов вирощування свідчить про наявність генотипів з різним типом адаптивної реакції – від вузькоспеціалізованих до високопластичних, що визначає необхідність зонального підходу до відбору сортів [169].

Погодні фактори є одним з найважливіших чинників реалізації потенціалу соняшнику. Дослідження показують, що температура повітря, кількість опадів та їх розподіл протягом вегетаційного періоду істотно впливають на формування врожайності соняшнику [354]. Аналогічні результати отримано в дослідженнях чеських науковців I. Černý, A. Veverková, M. Kovár, M. Mátyás [353], де було встановлено значний вплив погодних умов року на врожай та якість насіння соняшнику. В кліматичних умовах України С. М. Каленська, Є. М. Горбатюк, Л. А. Гарбар [128] довели, що погодні чинники визначають особливості росту і розвитку гібридів соняшнику та значною мірою впливають на їх продуктивність. Зокрема, у північній частині Лівобережного Лісостепу України погодні умови є одним з визначальних факторів формування врожайності гібридів [129]. Вплив погодних факторів на

мінливість господарських показників гібридів також підтверджено в дослідженнях Н. М. Кутіщевої, С. І. Одинця, В. О. Середи, І. Д. Ткалича, А. Д. Гирки [170; 172; 277].

Однією з найважливіших характеристик агробіологічної адаптивності соняшнику є пластичність врожайності. Здатність гібридів зберігати стабільну продуктивність за мінливих погодних умов у різних агрокліматичних умовах свідчить про пластичність врожайності [243]. І. В. Смульська, О. В. Топчій, С. М. Михайлик та ін. [262] встановили, що прояв характеристик, які мають господарську цінність, значною мірою залежить від ґрунтово-кліматичних умов вирощування. Просторово-часова динаміка врожайності культури також визначається едафокліматичними факторами, що підтверджено дослідженнями А. Зимароєвої та ін. [448] в північних регіонах України.

Агробіологічна адаптивність соняшнику проявляється також у його реакції на агротехнічні заходи. В. І. Бушанський та О. А. Антонець [38] встановили, що строки сівби суттєво впливають на формування врожайності насіння, оскільки визначають умови проходження критичних фаз розвитку рослин. Дослідження С. Г. Димитрова [89], щодо формування продуктивності гібридів залежно від елементів технології вирощування показали важливу роль густоти рослин, рівня живлення та інших агротехнічних прийомів. Перспективи вирощування соняшнику в різних кліматичних умовах підтверджують, що оптимізація густоти рослин є важливим фактором формування врожайності посівів [270; 271]. Впровадження енергозберігаючих технологій вирощування сучасних гібридів сприяє більш ефективному використанню ресурсів агроекосистеми [425]. Значною мірою адаптація культури зумовлена ефективністю фотосинтезу. Дослідження О. А. Єременко та ін. [106; 379; 408] демонструють, що регулятори росту здатні впливати на фотосинтетичну активність рослин соняшнику, підвищуючи ефективність утворення врожаю, і подальші роботи це підтверджують, оскільки застосування регуляторів росту збільшує фотосинтетичну активність гібридів соняшнику. Вони також

впливають на продуктивність ліній соняшнику [323] та покращують якості посівного матеріалу [415].

Особливо важлива для покращення агробіологічної адаптації культури селекція гібридів різних термінів дозрівання. Зараз велика увага приділяється створенню ультра ранніх сортів та гібридів соняшнику, які можуть завершити основні етапи розвитку до настання періодів високих температур та браку вологи. Дослідження врожайності гібридів різних термінів дозрівання С. І. Бердін та ін. [23] виявили значні відмінності між генотипами за продуктивністю залежно від умов вирощування, а дослідження А. В. Тищенка та С. С. Степанова [272] показали, що середньоранні та середні гібриди адаптивно по-різному реагують на несприятливі фактори середовища. Дуже ранні генотипи мають особливе значення для розширення зони вирощування соняшнику на північ, де вегетаційний період обмежений. Результати досліджень В. О. Бабича, В. В. Базалія, О. О. Домарацького та А. С. Риженко [2; 6; 243] свідчать, що в різних регіонах продуктивність гібридів значною мірою залежить від їхньої здатності пристосовуватися до місцевого клімату, що підтверджується дослідженнями часової та просторової динаміки врожайності соняшнику та важливою роллю ґрунтово-кліматичних факторів у формуванні продуктивності [448]. Погодні умови значною мірою впливають на ріст, розвиток соняшнику та формування врожайності [6; 128; 129], тому використання дуже ранніх гібридів дозволяє частково уникнути впливу несприятливих погодних факторів у критичні фази розвитку. Більше того, селекція ультра ранніх генотипів сприяє технологічній гнучкості вирощування, дозволяє оптимізувати строки сівби, уникати літньої посухи та більш ефективно використовувати вологу та тепло. Це особливо актуально в умовах кліматичних змін, які характеризуються підвищенням температури та зміною структури опадів [402; 440], тому селекція ранніх форм розглядається як один з перспективних напрямів підвищення адаптації культури до змін клімату.

Важливим напрямом сучасної селекції соняшнику є створення генотипів, більш стійких до біотичних та абіотичних факторів. Зокрема, оцінка нових

самозапилюваних ліній показала перспективність створення генотипів, стійких до гербіцидів групи сульфонілсечовини та несправжньої борошнистої роси [123]. Також встановлено, що трилінійні гібриди соняшнику можуть поєднувати високу врожайність з технологічною адаптацією до гербіцидних систем захисту [81]. Також важливим напрямом селекції є створення генотипів, стійких до комплексу хвороб [171].

Агробіологічна адаптація культури проявляється у формуванні цінних господарських ознак насіння. Дослідження фенотипових характеристик насіння соняшнику, проведені К. В. Ведмедєва та ін. [39; 40] показали, що його морфологічні особливості можуть змінюватися залежно від генотипу та умов вирощування. Створення баз даних фенотипових ознак дозволяє покращити ефективність відбору селекційного матеріалу [188]. Оцінка вихідного матеріалу за селекційно цінними ознаками підтверджує важливість комплексного підходу до селекції соняшнику [322], а порівняльна оцінка господарсько-цінних ознак гібридів свідчить про значні відмінності між генотипами за продуктивністю та стабільністю прояву ознак [205].

У сучасних селекційних програмах значна увага приділяється створенню генотипів для конкретних цілей використання. Високоолеїновий соняшник є одним з перспективних напрямів розвитку галузі завдяки високій якості олії та стабільному попиту на світовому ринку [46]. Дослідження Л. В. Король, А. В. Мельника, О. В. Топчій та ін. [192; 295; 153] показали, що сучасні гібриди високоолеїнового соняшнику можуть формувати високу врожайність і якість насіння в різних умовах вирощування, а високоолеїновий соняшник розглядається як інноваційний напрям сталого розвитку аграрного виробництва [339].

Важливим напрямом селекції є також створення сортів для кондитерського виробництва. Особливості вирощування соняшнику для кондитерської промисловості пов’язані з вимогами до великого розміру насіння та якості [184]. Дослідження М. М. Коркодола [151] показали значні відмінності між генотипами за проявом господарських ознак у зоні Північного

Степу України, а також залежність вмісту олії та білка від агротехніки [152]. Господарська оцінка великонасінних гібридів підтвердила перспективність цього напряму селекції [204].

Важливим напрямом підвищення адаптації соняшнику є селекція на морозостійкість, що особливо актуально у зв'язку з розширенням зони вирощування культури на північ. Дослідження проблем селекції соняшнику на морозостійкість В. П. Коломацької, Л. І. Реліна, В. І. та ін. [150] показали, що формування цієї ознаки є складним, але її врахування дозволяє підвищити стабільність вирощування культури в регіонах із менш сприятливими температурними умовами. Це підтверджується результатами досліджень продуктивності гібридів на дерново-підзолистих ґрунтах [305].

Значну роль у підвищенні адаптації соняшнику відіграє постійне оновлення сортового ресурсу. У Державному реєстрі сортів рослин України представлено багато сучасних гібридів соняшнику різних напрямів використання [53]. Дослідження продуктивності гібридів української селекції показали істотні відмінності між генотипами за врожайністю [4; 22], а в умовах Західного Лісостепу України, Т. І. Багаєм та В. В. Лихочвором [3] підтверджено значний вплив гібриду на формування врожайності культури. Подібні результати отримано науковцями П. А. Жилою та М. М. Назаренком [111] і в Дніпровському регіоні. Аналіз економічних та біологічних характеристик гібридів підтвердив важливість правильного вибору генотипу для ефективного агровиробництва [422].

Дослідження А. В. Тищенка та С. С. Степанова [272] показують, що гібриди різних термінів дозрівання відрізняються за рівнем адаптивної реакції на умови середовища вирощування. Встановлено, що середньоранні та середньостиглі гібриди мають різну стійкість до несприятливих факторів, зокрема високих температур та нестачі вологи. Це підкреслює важливість правильного вибору терміну дозрівання для конкретних ґрунтово-кліматичних умов вирощування.

Агробіологічна адаптація соняшнику формується внаслідок взаємодії генотипу, умов середовища та технології вирощування. Висока морфологічна та фізіологічна пластичність культури, здатність формувати потужну кореневу систему, ефективний фотосинтетичний апарат та стабільну врожайність у різних агрокліматичних умовах визначають її важливу роль у сучасному землеробстві та формуванні стійких агроекосистем. Подальший розвиток селекції дуже ранніх, морозостійких та екологічно пластичних генотипів дозволить підвищити стабільність виробництва соняшнику в умовах зростаючої кліматичної нестабільності та розширити зону його вирощування [360; 402; 440].

Глобальні кліматичні зміни істотно трансформують агрокліматичні умови вирощування сільськогосподарських культур. Це спричиняє зміщення ареалів їх поширення та зміну структури посівних площ у різних регіонах світу. Підвищення середньорічної температури повітря, збільшення частоти посушливих періодів, зміни режиму опадів та зростання частоти екстремальних погодних явищ формують нові умови для вирощування культур, зокрема теплолюбних, до яких належить соняшник (*Helianthus annuus* L.). У зв'язку з цим у багатьох країнах Європи та світу спостерігається поступове зміщення зон вирощування цієї культури на північ та у регіони, які раніше вважалися недостатньо теплими для її стабільного вирощування [70; 334; 342; 402; 440].

За результатами глобальних досліджень встановлено, що підвищення температури на 1–2°C може істотно змінювати агрокліматичний потенціал територій та сприяти розширенню ареалів теплолюбних культур. Моделювання впливу кліматичних змін на продовольче забезпечення Європи показало, що зростання температури повітря та зміна режиму зволоження можуть суттєво змінити структуру вирощування культур [342; 427]. Аналогічні тенденції підтверджуються дослідженнями Z. Mehrabi, S. Pironon, M. Kantar та ін. [402], у яких зазначено, що під впливом майбутніх кліматичних сценаріїв відбуватиметься зміна як абіотичного середовища вирощування соняшнику, так

і біотичних факторів, що визначають його продуктивність та адаптивність у різних агрокліматичних зонах.

Результати сучасних досліджень свідчать, що ефективність поширення соняшнику у нові регіони значною мірою визначається не лише змінами температурного режиму, але й взаємодією едафічних та технологічних факторів. Зокрема, А. В. Тищенком, С. С. Степановим та ін. [273] встановлено, що реакція гібридів соняшнику на ґрунтові умови та рівень мінерального живлення може істотно впливати на формування продуктивності культури в різних агроекологічних зонах, що особливо важливо при її просуванні у нові регіони вирощування. Застосування окремих агротехнічних прийомів, зокрема оптимізація технології вирощування та системи догляду за посівами, може істотно змінювати характер водоспоживання рослин і підвищувати ефективність використання ґрунтової вологи в умовах мінливого клімату [227]. Значну роль при цьому відіграють також едафокліматичні фактори, які визначають просторово-часову динаміку врожайності соняшнику та його адаптацію до нових агрокліматичних умов, що підтверджено дослідженнями у північних регіонах України [448]. Аналіз біофізичного впливу соняшнику у сівозмінах показує, що розширення площ його вирощування повинно супроводжуватися науково обґрунтованим чергуванням культур. Оскільки надмірна концентрація соняшнику в структурі посівів може призводити до погіршення стану ґрунтових ресурсів і зниження екологічної стабільності агроландшафтів [393; 447]. Таким чином, розширення ареалу вирощування соняшнику у нові регіони Європи та світу має розглядатися у комплексі з адаптацією технологій вирощування, урахуванням ґрунтових умов та екологічних обмежень агроекосистем.

У Європі вже спостерігається поступове розширення посівних площ соняшнику у північному напрямку. Якщо традиційно основними регіонами його вирощування були країни південної та східної Європи (Україна, Румунія, Болгарія, Угорщина, Сербія), то в останні десятиліття культура активно поширюється у країнах Центральної та Західної Європи, зокрема у Франції,

Німеччині, Чехії та Польщі. Таке розширення зумовлене збільшенням суми активних температур, подовженням вегетаційного періоду та покращенням умов теплового забезпечення рослин [402; 440]. За прогнозами науковців, у найближчі десятиліття площі вирощування соняшнику можуть значно зрости у північних регіонах Європи, де раніше кліматичні умови обмежували можливість отримання стабільних урожаїв цієї культури [342; 402].

Значний вплив на перспективи поширення соняшнику мають також зміни водного режиму агроекосистем. Соняшник характеризується високою посухостійкістю та здатністю ефективно використовувати ґрунтову вологу завдяки добре розвиненій кореневій системі, що робить його перспективною культурою для регіонів із нестабільним зволоженням. Дослідження О. Я. Ревтьо, Є. О. Домарацького, А. В. Добровольського та ін. [101; 240] показують, що в умовах кліматичних змін особливого значення набуває оптимізація водоспоживання рослин та підвищення ефективності використання вологи у посівах. Встановлено, що водоспоживання соняшнику може коливатися у широких межах залежно від погодних умов, агротехнічних прийомів та сортових особливостей культури [138; 160; 223]. За даними досліджень, сумарне водоспоживання посівів соняшнику може становити 350 − 600 мм за вегетаційний період, що значною мірою залежить від кліматичних умов та рівня агротехніки [138; 223].

Погодні фактори відіграють ключову роль у формуванні продуктивності соняшнику та визначенні можливості його вирощування у нових регіонах. Дослідження С. М. Каленської, Є. М. Горбатюка, Л. А. Гарбар, А. С. Риженка [128; 129] показують, що температура повітря, кількість опадів та їх розподіл упродовж вегетаційного періоду суттєво впливають на ріст, розвиток і врожайність рослин. Зокрема, у північній частині Лісостепу України встановлено, що погодні умови можуть визначати до 60–70 % варіації врожайності гібридів соняшнику [129]. Подібні результати отримано й іншими дослідниками, які відзначають значну мінливість господарських показників гібридів залежно від погодних умов року [170].

Кліматичні зміни також стимулюють селекцію та впровадження нових гібридів соняшнику з підвищеною адаптивністю до абіотичних стресів, зокрема посухи та високих температур. Дослідження А. В. Тищенка, С. С. Степанова та ін. [274; 276] свідчать, що сучасні гібриди здатні ефективно адаптуватися до змін клімату завдяки морфологічним та фізіологічним особливостям, зокрема розвитку потужної кореневої системи, яка забезпечує ефективне використання ґрунтової вологи. Встановлено, що реакція гібридів на дефіцит вологи та підвищені температури значною мірою залежить від групи стиглості та генетичних особливостей, що визначає їх адаптивний потенціал у різних агрокліматичних умовах [272; 275]. Важливим чинником адаптації агросистем до кліматичних змін є також удосконалення агротехнологій вирощування культури. Зокрема, оптимізація строків сівби, густоти стояння рослин та системи удобрення дозволяє ефективніше використовувати ресурси вологи і тепла, що особливо важливо в умовах зростання кліматичної нестабільності [213; 223; 234]. У посушливих регіонах застосування адаптивних технологій сприяє стабілізації продукційного процесу агроценозів соняшнику та підвищенню ефективності використання природних ресурсів [240; 428].

Окремі дослідження свідчать, що кліматичні зміни можуть не лише розширювати ареали вирощування соняшнику, але й створювати умови для інтенсифікації виробництва олійних культур. Так, у південних регіонах України за умов зрошення можливе вирощування двох урожаїв олійних культур протягом одного року, що свідчить про значне зростання теплових ресурсів території [196].

Моделювання майбутніх змін клімату також показує, що у багатьох регіонах Східної Європи очікується підвищення агрокліматичного потенціалу для вирощування соняшнику. За сценаріями антропогенного впливу на клімат (RCP) прогнозується збільшення тривалості вегетаційного періоду та зростання сум активних температур, що створює сприятливі умови для поширення культури у північних регіонах [109; 110]. Аналогічні результати отримано у

дослідженнях, де показано можливість адаптації теплолюбних культур до нових кліматичних умов України [440].

Разом з тим, поряд із позитивними тенденціями розширення ареалу культури, кліматичні зміни можуть супроводжуватися підвищенням ризиків для агровиробництва, зокрема зростанням частоти посух, теплових стресів та деградації ґрунтів. У зв'язку з цим важливого значення набувають концепції кліматично орієнтованого землеробства та сталого управління агроекосистемами, спрямовані на підвищення стійкості сільського господарства до кліматичних викликів [398; 427; 447]. Одним із перспективних напрямів є використання біостимуляторів та мікроорганізмів, здатних підвищувати стійкість рослин до абіотичних стресів, що розглядається як важливий інструмент адаптації аграрного виробництва до змін клімату [366; 369].

Разом із цим результати сучасних досліджень свідчать, що під впливом кліматичних змін відбувається поступове зміщення агрокліматичних меж вирощування соняшнику у більш північні широти Європи. Підвищення середньорічної температури повітря, збільшення суми активних температур та подовження вегетаційного періоду створюють сприятливі умови для поширення теплолюбних культур у регіонах Центральної та Північної Європи, які раніше вважалися недостатньо придатними для їх стабільного вирощування [342; 402; 440]. За таких умов соняшник, завдяки своїй високій екологічній пластичності, розглядається як перспективна культура для диверсифікації структури посівів у нових агрокліматичних зонах. У наукових дослідженнях підкреслюється, що ефективність поширення культури у нових регіонах значною мірою залежить від адаптивного потенціалу гібридів, удосконалення технологій вирощування та застосування сучасних підходів до управління агроекосистемами в умовах кліматичної нестабільності [366; 369; 440].

Таким чином, сучасні кліматичні тенденції створюють передумови для розширення ареалів вирощування соняшнику у нові регіони Європи. Підвищення температурного режиму, подовження вегетаційного періоду та адаптація нових гібридів сприяють просуванню культури у північні широти.

Водночас зростання кліматичної нестабільності зумовлює необхідність удосконалення технологій вирощування, селекції адаптивних гібридів та впровадження кліматично орієнтованих систем землеробства для забезпечення стабільної продуктивності соняшнику в умовах глобальних змін клімату [24; 342; 402; 440].

1.2. Особливості мінерального живлення соняшника у різних ґрунтово-кліматичних умовах вирощування

Соняшник належить до культур із високою потребою у мінеральному живленні та значним винесенням поживних речовин з ґрунту. Це зумовлює його високу чутливість до рівня родючості ґрунтів і системи удобрення. Формування продуктивності соняшнику визначається складною взаємодією агрохімічного стану ґрунту, біологічних особливостей гібридів, системи удобрення, режиму зволоження та агротехніки вирощування. Оптимізація мінерального живлення соняшнику розглядається як один із ключових факторів реалізації генетичного потенціалу сучасних гібридів [56–59; 133; 149; 167] та підвищення стабільності врожайності культури в різних ґрунтово–кліматичних умовах [65–67; 180; 181; 191].

Дослідження закордонних та українських вчених А. В. Мельника, А. В. Юник, P. S. Bindraban, de Oliveira AKS, Eric Schultz та ін. [193; 338; 348; 355; 358; 364] свідчать, що соняшник характеризується значним винесенням елементів живлення з урожаєм. За даними багаторічних досліджень, для формування 1 т насіння з відповідною кількістю побічної продукції рослини використовують у середньому 50–60 кг азоту, 20–25 кг фосфору та 100–120 кг калію. Таким чином, при врожайності 3,0 т/га сумарне винесення поживних речовин може становити 150–180 кг N, 60–75 кг P_2O_5 і понад 300 кг K_2O. Високі показники винесення елементів живлення обумовлюють необхідність застосування збалансованих систем удобрення. Вони повинні бути

спрямованими на підтримання оптимального поживного режиму ґрунтів та компенсацію винесених елементів [269; 307; 314; 341; 390].

Азот відіграє важливу роль у формуванні продуктивності соняшнику. Він впливає на інтенсивність росту рослин та накопичення біомаси. Дослідження показують, що за оптимального азотного живлення значно збільшується площа листкової поверхні, що є важливим показником фотосинтетичної діяльності посівів. У результаті цього фотосинтетичний потенціал агроценозу значно зростає, що сприяє інтенсивнішому накопиченню сухої речовини та формуванню більшої маси насіння [131; 225; 249].

Разом із тим надмірні дози азотних добрив можуть негативно впливати на якість продукції. Підвищене азотне живлення стимулює надмірне наростання вегетативної маси рослин, подовжує період вегетації та може призводити до зниження вмісту олії у насінні на 1,5–3,0 % [156; 381]. Тому оптимізація азотного живлення повинна здійснюватися з урахуванням ґрунтових умов, рівня родючості ґрунту та біологічних особливостей гібридів [187; 222; 298; 299].

Фосфор відіграє важливу роль у формуванні кореневої системи соняшнику та забезпеченні енергетичних процесів у клітинах рослин. Достатнє забезпечення рослин фосфором сприяє інтенсивному розвитку коренів і підвищує здатність рослин використовувати вологу з глибших горизонтів ґрунту [358; 364; 372]. За результатами досліджень В. М. Тоцького, В. В. Гангура, І. А Полякова, E. Schultz, T. DeSutter, L. Sharma та ін. [298; 364] встановлено, що внесення фосфорних добрив у дозах 60–80 кг/га д.р. може забезпечувати підвищення врожайності соняшнику на 12–20 %, а також збільшення маси 1000 насінин на 3–5 г. Крім того, довготривале застосування фосфорних добрив сприяє підвищенню вмісту рухомих форм фосфору в орному шарі ґрунту та покращенню фосфатного режиму агроценозу [433].

Калій у системі живлення соняшнику виконує важливу функцію регуляції водного режиму рослин і підвищує їх стійкість до несприятливих факторів середовища. За достатнього калійного живлення підвищується водоутримуюча

здатність тканин, активізуються процеси транспорту асимілятів до генеративних органів і покращується налив насіння [99; 160; 296]. У результаті застосування калійних добрив врожай соняшнику може підвищуватися на 8–15 %, особливо в умовах недостатнього зволоження, вказано у дослідженнях О. І. Полякова, О. В. Нікітенко та Є. О. Домарацького [223; 234; 240].

Важливою особливістю живлення соняшнику є його тісний зв’язок з водним режимом рослин. Потужна коренева система культури здатна проникати на значну глибину, що дозволяє рослинам використовувати вологу з глибших горизонтів ґрунту [25; 28; 99; 107; 138]. Однак ефективність використання ґрунтової вологи значною мірою залежить від рівня забезпеченості рослин поживними речовинами. А. В. Коханом, Г. В. Піньковським, О. І. Поляковим та ін. [160; 213; 223; 227; 234] встановлено, що оптимальне мінеральне живлення сприяє підвищенню водоспоживання рослин на 10–15 % і покращує використання ґрунтових запасів вологи.

Крім макроелементів, важливу роль у живленні соняшнику відіграють мікроелементи, серед яких особливе значення має бор. Цей елемент бере участь у процесах формування генеративних органів, запліднення та розвитку насіння. За дефіциту бору зменшується життєздатність пилку, порушується формування кошика і зростає кількість пустозерних насінин [144; 259; 317]. Дослідження О. А. Коваленко, Т. А. Гречишкіна, С. М. Лемішка, Я. С. Рябовол та ін. [75; 122; 175; 247; 324] показують, що застосування борвмісних мікродобрив може забезпечити підвищення врожайності соняшнику на 0,2–0,4 т/га та збільшення вмісту олії у насінні на 1–1,5 %.

Важливим напрямом оптимізації мінерального живлення соняшнику є використання листкового підживлень. Фоліарне внесення мікродобрив дозволяє оперативно компенсувати дефіцит поживних елементів у критичні фази розвитку рослин [130; 195; 324]. За результатами досліджень встановлено, що застосування таких підживлень сприяє підвищенню фотосинтетичної активності листків, покращує формування кошика і збільшує масу насіння [131;

140; 207; 333]. У результаті приріст урожайності може становити 10–18 % залежно від умов вирощування [167; 173; 175].

Серед актуальних напрямів сучасних досліджень у системі живлення соняшнику варто виділити використання біологічно активних препаратів, мікробіологічних інокулянтів та регуляторів росту рослин [60–62; 97; 103]. Це зумовлено необхідністю підвищення ефективності використання поживних речовин, зменшення антропогенного навантаження на агроекосистеми та забезпечення стабільності продуктивності культури в умовах кліматичних змін. Біопрепарати здатні стимулювати ріст рослин, активізувати мікробіологічні процеси у ґрунті та підвищувати доступність елементів живлення для рослин [69; 73; 98; 100; 104].

За результатами численних експериментальних досліджень В. М. Сендецького, Д. С. Стороженка, Ю. І. Ткаліча а ін. [250–257; 266; 283; 286] встановлено, що застосування гумінових препаратів та біостимуляторів росту сприяє активізації процесів фотосинтезу, підвищує інтенсивність поглинання поживних елементів та стимулює розвиток кореневої системи рослин. У результаті врожай соняшнику може підвищуватися на 8–12 %, а вміст олії у насінні на 1–2 %. Це пояснюється тим, що біологічно активні речовини сприяють підвищенню коефіцієнта використання мінеральних добрив та оптимізації фізіолого–біохімічних процесів у рослинах.

Значну увагу в сучасних дослідженнях приділяють використанню мікробіологічних препаратів, які здатні мобілізувати поживні елементи у ґрунті та переводити їх у доступні для рослин форми. Особливо важливими є фосфатмобілізувальні бактерії, які сприяють підвищенню доступності фосфору для рослин. Наприклад, використання бактерії *Bacillus megaterium* сприяє збільшенню вмісту доступного фосфору в ризосфері та забезпечує підвищення врожайності соняшнику на 10–15 % [375]. Крім того, застосування комплексних мікробіологічних препаратів сприяє активізації біологічної активності ґрунту, покращує мінералізацію органічної речовини та підвищує ефективність використання поживних елементів [219; 239; 312; 336; 430].

Суттєве значення у формуванні продуктивності соняшнику мають біологічні особливості сортів і гібридів. Сучасні гібриди інтенсивного типу характеризуються підвищеною реакцією на рівень агрофону і здатністю ефективніше використовувати поживні речовини з ґрунту [26; 29; 30; 43]. За оптимального мінерального живлення такі гібриди формують більшу площу листкової поверхні та вищу інтенсивність фотосинтезу, що забезпечує значно вищий врожай порівняно з традиційними сортами [59; 60; 62; 64; 66].

Дослідження Е. М. Горбатюка, О. Г. Жуйкова, Т. В. Ковтун та ін. [74; 112; 143] показують, що реакція гібридів соняшнику на рівень удобрення може суттєво відрізнятися залежно від їх генетичних особливостей та групи стиглості. Ранньостиглі гібриди характеризуються більш інтенсивним початковим ростом і швидшим формуванням листкового апарату, тоді як середньостиглі та середньопізні гібриди мають вищий потенціал урожайності за умов оптимального мінерального живлення [133; 134; 147; 148; 300]. При цьому сучасні гібриди здатні формувати врожай на рівні 3,5–4,0 т/га за високого агрофону, тоді як у варіантах без удобрення врожай зазвичай не перевищує 2,0–2,5 т/га [273−275; 298; 299].

Важливою особливістю сучасних гібридів є їх підвищена ефективність використання поживних речовин [225; 226; 232; 233; 249]. Це пояснюється більш розвиненою кореневою системою та високою інтенсивністю фотосинтетичних процесів.

Рівень мінерального живлення впливає не лише на врожай соняшнику, але й на формування його морфологічних показників. Зокрема, за оптимального удобрення збільшується діаметр кошика, маса 1000 насінин та кількість насінин у кошику [54; 63; 147; 297]. У результаті цього покращується структура врожаю та підвищується загальна продуктивність посівів.

Не менш важливим фактором формування продуктивності соняшнику є густота стояння рослин і ширина міжрядь, які впливають на ефективність використання поживних речовин та формування структури врожаю [33–36; 74; 242]. В. І. Дідурем, В. І. Циганським, С. М. Каленською та ін. [95; 112; 125–127;

263; 321; 325] встановлено, що оптимальна густота стояння рослин становить 55–65 тис. рослин/га, що забезпечує найефективніше використання поживних речовин і формування найбільшої маси насіння з одного гектара. При надмірному загущенні посівів посилюється конкуренція між рослинами за поживні речовини та вологу, що призводить до зменшення маси кошика і маси 1000 насінин [147; 148; 162; 164; 166].

Крім густоти стояння рослин, важливу роль відіграють строки сівби та способи розміщення рослин у посівах, як показано у дослідженнях В. В. Лихочвора, Г. В. Піньковського, І. Д. Ткаліча та ін. [177; 178; 214; 282; 331]. Дослідження В. Г. Міхєєва, М. П. Ніценко, І. Д. Ткалича, [197; 201; 203; 278], V. Ion, G. Dicu та ін. [439] показують, що ранні строки сівби сприяють формуванню більш розвиненої кореневої системи та підвищують ефективність використання поживних речовин із ґрунту. У результаті рослини формують більшу листкову поверхню та забезпечують вищу врожайність насіння [209; 210; 213; 216; 217].

Ефективність мінерального живлення соняшнику значною мірою залежить від ґрунтових умов і системи основного обробітку ґрунту. Агрохімічні властивості ґрунту визначають доступність поживних речовин для рослин, а також інтенсивність мікробіологічних процесів у ґрунтовому середовищі. Встановлено, що на чорноземах із високим вмістом гумусу реакція соняшнику на внесення добрив є менш вираженою, ніж на сірих лісових або деградованих ґрунтах, де дефіцит поживних елементів проявляється значно сильніше [45; 79; 82–84; 141]. При цьому між показниками родючості ґрунту та врожайністю соняшнику встановлено тісні кореляційні зв’язки, що підтверджує важливість оптимізації поживного режиму ґрунтів у системі удобрення культури [157; 215; 269].

Система основного обробітку ґрунту також впливає на ефективність використання поживних речовин рослинами соняшнику [27; 28; 311]. Дослідження показують, що мінімальний або комбінований обробіток ґрунту сприяє кращому збереженню вологи, підвищує біологічну активність ґрунту та

покращує доступність поживних речовин для рослин [79; 200; 202; 231]. У результаті цього врожайність соняшнику може підвищуватися на 0,3–0,5 т/га порівняно з традиційною системою обробітку [202; 209; 231; 297].

Важливим фактором є також взаємодія мінерального живлення із системою сівозмін. Вирощування соняшнику у короткоротаційних сівозмінах може призводити до виснаження ґрунтів та зниження їх біологічної активності. Тривале застосування мінеральних добрив у поєднанні з органічними рештками культур у сівозміні сприяє підвищенню вмісту гумусу, покращує структуру ґрунту та активізує мікробіологічні процеси, вказано у дослідженнях С. П. Танчика, Л. В. Центила, Я. С. Цимбала [269; 307; 314]. У результаті цього забезпечується стабілізація врожайності культур у сівозміні та підвищується ефективність використання поживних речовин.

Крім впливу на врожайність, система мінерального живлення істотно впливає на якість насіння соняшнику. Одним із найважливіших показників якості є вміст олії у насінні. За оптимального співвідношення азоту, фосфору та калію вміст олії може становити 48–52 %, тоді як за дефіциту поживних елементів цей показник знижується до 42–45 % [32; 82; 84; 112; 148]. При цьому надмірне азотне живлення може призводити до зниження олійності насіння, оскільки стимулює синтез білкових сполук і посилює розвиток вегетативної маси рослин [156; 381].

Система удобрення також впливає на формування інших якісних показників продукції, зокрема масу 1000 насінин, вміст білка та жирнокислотний склад олії. Крім того, встановлено, що рівень мінерального живлення може впливати на накопичення нітратів та важких металів у продукції, що має важливе значення для забезпечення екологічної безпеки продукції [100; 189; 324; 338].

Важливим аспектом сучасних технологій вирощування соняшнику є оцінка енергетичної ефективності застосування добрив. Енергетичний аналіз дозволяє визначити співвідношення між витратами енергії на виробництво продукції та її енергетичною цінністю. Дослідження показують, що

застосування оптимальних доз мінеральних добрив забезпечує підвищення коефіцієнта енергетичної ефективності технології вирощування соняшнику до 2,5–3,0 [135; 136; 56; 146].

Не менш важливою є економічна ефективність застосування добрив у технології вирощування соняшнику. При цьому найбільш економічно доцільними є системи удобрення, які поєднують внесення макро- і мікроелементів з використанням біологічно активних препаратів.

Важливе значення має післядія соняшнику у сівозміні. Дослідження показують, що після вирощування соняшнику у ґрунті залишається значна кількість рослинних решток. Вони можуть бути джерелом органічної речовини та поживних елементів для наступних культур. Встановлено, що застосування мінеральних добрив у посівах соняшнику позитивно впливає на продуктивність озимої пшениці та ячменю, які вирощуються після нього у сівозміні [157; 200; 212; 237; 306].

Таким чином, результати численних досліджень свідчать, що мінеральне живлення є одним із ключових факторів формування продуктивності соняшнику. Ефективність системи удобрення визначається складною взаємодією ґрунтових умов, біологічних особливостей гібридів, агротехнологічних прийомів вирощування та кліматичних факторів. Раціональне поєднання мінеральних добрив, мікроелементів, біопрепаратів та сучасних агротехнологій забезпечує реалізацію генетичного потенціалу сучасних гібридів, підвищення врожайності та покращення якості продукції соняшнику [273–275; 298; 309; 434].

1.3. Перспективи застосування мікробіологічних препаратів при вирощуванні соняшника

У сучасних системах агровиробництва біопрепарати розглядають як важливий інструмент підвищення продуктивності культур. Також в оптимізації мінерального живлення, посилення стійкості рослин до абіотичних і біотичних

стресів та зниження антропогенного навантаження на агроекосистеми. Узагальнюючі праці закордонних вчених P. Calvo, L. Nelson [340; 351] свідчать, що до цієї групи належать мікробіологічні інокулянти, біостимулятори, препарати на основі арбускулярних мікоризних грибів, ризобактерій, ендофітів. Також сюди відносяться комплекси біологічно активних речовин, які впливають на проростання насіння, ріст кореневої системи, засвоєння поживних елементів і стресостійкість рослин [211; 396; 407; 444]. У контексті кліматичної нестабільності особливого значення набувають препарати, здатні покращувати водний режим, підвищувати ефективність використання елементів живлення та послаблювати негативний вплив посухи, перегріву чи інших стресових факторів [366; 369; 377; 416]. Водночас перспективність біопрепаратів у виробництві соняшнику визначається не лише їх біологічною активністю, а й здатністю стабільно працювати в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах, у поєднанні з добривами, системою обробітку ґрунту, протруюванням насіння та іншими елементами технології [49–51; 218; 389].

Теоретичною основою ефективного використання біопрепаратів є функціонування ризосфери як складної системи взаємодії рослин, мікроорганізмів і ґрунтового середовища. Для агроценозів соняшнику це має особливе значення. Інтенсивне вирощування культури супроводжується підвищеними вимогами до фосфорного живлення, значним винесенням поживних речовин, змінами мікробіологічного стану ризосфери та фітосанітарного фону [158; 159; 161].

Важливу роль у підвищенні ефективності застосування біопрепаратів відіграють ризобактерії та ендофітні мікроорганізми, які формують складні взаємодії з кореневою системою рослин. Дослідження показують, що взаємодія між коренями, ризосферою та рослинно-асоційованими бактеріями забезпечує покращення мінерального живлення, синтез фітогормонів, підвищення стійкості рослин до абіотичних стресів та загальне стимулювання ростових процесів [387]. Зокрема, представники роду *Methylobacterium* здатні виступати як ефективні стимулятори росту рослин, покращуючи фізіологічний стан

культур і підвищувати їх продуктивність у різних агроекосистемах [392]. Водночас сучасні дослідження мікобіому рослин свідчать, що використання корисних грибів і пов'язаних із ними мікроорганізмів відкриває нові можливості для управління взаємодіями «рослина-мікроорганізм» у сільському господарстві та підвищення ефективності біологічних технологій вирощування культур, у тому числі соняшнику [399].

Одним із найбільш перспективних напрямів є застосування фосфатмобілізувальних бактерій, які підвищують доступність фосфору та активізують мікробіологічні процеси у прикореневій зоні. У дослідженнях Л. М. Токмакова, А. О. Трепача, О. П. Лепеха [292] на ярому ячмені встановлено, що за дії мікрогуміну та добрив зростає чисельність фосфатмобілізувальних бактерій і активність фосфатази ризосферного ґрунту, що свідчить про посилення трансформації фосфорних сполук. Аналогічно показано, що фосфатмобілізувальні бактерії впливають на активність мікрофлори темно-каштанового ґрунту в ризосфері ячменю ярого, змінюючи інтенсивність мікробіологічних процесів у напрямі покращення живлення рослин [318]. За вирощування кукурудзи доведено, що інокуляція такими бактеріями підвищує засвоєння фосфору рослинами [294], а у кореневій зоні пшениці застосування поліміксобактерину разом із мінеральними добривами сприяє збільшенню чисельності фосфатмобілізувальних бактерій [142]. Для соняшнику цей напрям є безпосередньо релевантним, оскільки у ризосфері культури під впливом *Bacillus* sp. 2473 та за різного ступеня удобрення виявлено мікробіологічну трансформацію фосфору, що підтверджує перспективність цілеспрямованого керування фосфорним режимом через мікробіологічні препарати [293].

Практичні результати щодо соняшнику підтверджують, що використання бактеріальних препаратів може позитивно впливати на ріст і врожайність культури. Показано, що біопрепарати сприяли підвищенню врожайності гібридів соняшнику в умовах Степу [279], а застосування біодобрива в поєднанні з оптимізацією густоти стояння змінювало рівень продуктивності

рослин [221]. Оптимізація системи удобрення на основі сучасних мікробіологічних добрив розглядається як дієвий шлях підвищення ефективності технології [310], тоді як в умовах Правобережного Лісостепу застосування біологічних препаратів дозволяло оптимізувати удобрення та покращувати формування продуктивності [315]. Використання мікробіологічного препарату Граундфікс® у цьому ж регіоні забезпечувало позитивний вплив на зернову продуктивність соняшнику [316], а поліміксобактерин в органічному землеробстві продемонстрував перспективність для біологізованих систем вирощування [199]. Загалом застосування бактеріальних препаратів у посівах соняшнику визнається обґрунтованим як з позицій мобілізації поживних елементів, так і з погляду екологізації технології [165; 308; 335].

Окремий блок досліджень стосується біопрепаратів рістстимулювальної дії та біостимуляторів. Встановлено, що сучасні біостимулятори можуть покращувати посівні якості насіння, активізувати початкові ростові процеси і формувати більш потужний асиміляційний апарат [326; 352; 417]. Для соняшнику показано, що посівні якості насіння залежать від використання регуляторів росту і протруйників [108], а роль регуляторів росту у формуванні продуктивності гібридів є істотною [208]. У дослідженнях останніх років показано, що біопрепарати рістстимулювальної дії впливають на особливості росту і розвитку соняшнику [289], а серед факторів інтенсифікації та екологізації технології їх розглядають як важливий елемент сучасного виробництва [291]. Подібні підходи узгоджуються з загальними положеннями про біостимулянти як засоби регуляції фізіолого-біохімічних процесів у рослин і підвищення їх реакції на стрес [351; 386; 418; 446].

Значну перспективу для технології вирощування соняшнику має арбускулярна мікориза. Узагальнюючі та експериментальні праці показують, що арбускулярні мікоризні гриби підсилюють надходження поживних елементів, насамперед фосфору, покращуючи водозабезпечення рослин, стимулюють розвиток кореневої системи та підвищують толерантність до

несприятливих чинників довкілля [76; 357; 362; 435; 442]. У роботах з вивчення мікоризи наголошено на її ролі не лише у мінеральному живленні, а й у стабілізації реакцій рослин на зміну погодних умов, посуху, засолення, забруднення і стреси загалом [77; 78; 368; 426]. Для сучасного агровиробництва це особливо важливо, оскільки мікориза розглядається як складова сталого розвитку та підвищення ефективності удобрення [367; 391]. При цьому ефект мікоризи залежить від рівня колонізації коренів, функціональної різноманітності грибів, просторового розміщення рослин-господарів і особливостей агроценозу [350; 373; 383; 385; 395].

Для соняшнику ефективність мікоризації підтверджено низкою спеціалізованих досліджень. Мікоризація соняшнику грибом *Funneliformis mosseae* впливала на перебіг міграції радіоцезію із ґрунту в рослину, що демонструє багатофункціональність арбускулярних грибів і їх значення не лише для живлення, а й для регуляції поглинання окремих елементів [41]. У соняшнику також показано агрономічний ефект інокуляції одновидовими та змішаними препаратами арбускулярних мікоризних грибів [401], а застосування мікоризоутворювальних грибів у технології вирощування культури оцінено як ефективний напрям підвищення продуктивності [182]. Позитивний вплив препарату Мікофренд® на продуктивність соняшнику підтверджують польові дослідження В. Т. Саблука та ін. [248]. Арбускулярні гриби здатні змінювати фізіологічний стан рослин соняшнику за умов підвищеної концентрації CO_2 [346], індукувати специфічні молекулярні відповіді в коренях [438] та послаблювати негативний вплив водного стресу, особливо у поєднанні з іншими біологічними чинниками [419; 423]. Такі результати свідчать, що мікориза може розглядатися як реальний інструмент адаптації технології вирощування соняшнику до кліматичних змін.

Важливо, що найвищу ефективність часто забезпечує не окремий мікроорганізм, а поєднання кількох біологічних агентів. У дослідженнях С. Г. Димитрова [88] доведено, що симбіоз грибів і бактерій із кореневою системою соняшнику посилює розвиткові процеси рослин, а мікоризація сприяє

покращенню структурно-агрегатного стану ґрунту [90], формуванню більшої площі листкової поверхні залежно від маси кореневої системи [91], зниженню ураженості рослин хворобами [92] та підвищенню продуктивності фотосинтезу завдяки кращій обводненості листків [93]. У підсумку це відображається на приростi врожайності [94]. Узагальнення щодо поєднаного використання *Trichoderma*, *Bacillus*, *Pseudomonas* та інших корисних мікроорганізмів також показують формування синергічних біоінокулянтів [382], а взаємодія між арбускулярними грибами і *Bacillus* spp. описується як один із найперспективніших напрямів посилення росту культурних рослин [405]. Саме багатокомпонентні препарати й мікробіологічні консорціуми дедалі частіше розглядаються як більш стабільні у виробничих умовах, ніж одноштамові інокулянти [340; 356; 436; 443].

Ще одним напрямом застосування біопрепаратів у технології соняшнику є біологічний захист рослин. Доведено ефективність біопрепаратів проти хвороб соняшнику у Правобережному Лісостепу [42], а біологічні фунгіциди знижували рівень ураження гібридів патогенною мікрофлорою [102]. Формування врожайності соняшнику під впливом фунгіцидів біологічного походження та стимуляторів росту також вказує на доцільність інтеграції таких препаратів у систему захисту культури [145]. За органічної та біологізованої технології велике значення має формування сприятливого фітосанітарного фону агроценозу [114; 118], тоді як біологізований захист рослин за зрошення на півдні України позитивно позначався на продуктивності соняшнику [52]. Для кондитерського соняшнику окреслено окрему специфіку біологічного захисту [68]. Окрім патогенів, актуальним є використання мікробіологічних препаратів для контролю чисельності фітофагів, механізми дії та переваги яких активно досліджуються [174]. Показано також, що фосфатмобілізувальні бактерії роду *Bacillus* можуть проявляти протеолітичну активність і впливати на деяких фітофагів [245], що розширює їх практичне значення. За певних умов мікориза та індуковані механізми захисту можуть також посилювати стійкість соняшнику до *Sclerotinia sclerotiorum* [343].

Біопрепарати доцільно розглядати не ізольовано, а як складову біологізації всієї технології вирощування. Серія досліджень у Південному Степу України показала, що елементи біологізації впливають не лише на врожай, а й на його якісні показники [113], фітосанітарний стан і продуктивність гібридів [114], архітектоніку та функціональні властивості асиміляційного апарату на фоні змін мікробіологічної активності ґрунту [115], а також на економічну, біоенергетичну й екологічну ефективність технології [116]. За органічної технології важливими виявилися також норма висіву і сортово-гібридні особливості [117]. Окремо встановлено, що різні рівні біологізації впливають на водний, поживний та біологічний режими ґрунту в незрошуваних умовах [119]. Раніше подібні підходи були окреслені в роботах із біологізації технології вирощування сортів і гібридів соняшнику [137]. Це свідчить, що біопрепарати мають найбільшу перспективу не як разове доповнення, а як частина інтегрованих систем удобрення, захисту й керування агроценозом.

Перспективність біопрепаратів для соняшнику тісно пов’язана з їх впливом на ґрунтову мікробіоту та функціонування кореневої зони. Встановлено, що внесення добрив і мікробіологічних препаратів змінює мікробну активність темно-каштанового ґрунту [347], а різні способи обробітку ґрунту та мінеральне удобрення визначають формування взаємозв’язків між групами мікроорганізмів чорнозему типового [185]. Динаміка чисельності та фізіолого-біохімічної активності мікроорганізмів кореневої зони кукурудзи також залежить від доз мінеральних і органічних добрив [186], а меланінсинтезувальні мікроорганізми реагують на системи удобрення як важлива складова ґрунтової біоти [397]. Якісний та кількісний склад мікофлори сірого лісового ґрунту істотно змінюється залежно від напряму використання угідь [194]. У ризосфері соняшнику показано видовий і родовий склад мікроміцетів [158], а також різноманіття мікроміцетів кореневої зони в агроценозах олійних культур [159]. Вплив *Bacillus subtilis* на формування ризосферної мікробіоти соняшнику підтверджує, що біопрепарати здатні не

лише напряму діяти на рослину, а й модифікувати мікробну спільноту ґрунту [244]. Такі ефекти узгоджуються з сучасними уявленнями про роль ризосферного мікробіому в мобілізації ресурсів, формуванні стійкості та регуляції продуктивності [410; 437].

Підвищення ефективності живлення соняшнику за використання біопрепаратів пов'язане не лише з мобілізацією фосфору, а й із ширшим комплексом механізмів. Синергія фосфатмобілізувальних бактерій, гумінових речовин і арбускулярних грибів здатна змінювати структуру ґрунтового мікробіому й підсилювати надходження елементів живлення у рослини [356]. Розблокування недоступних форм фосфору вимагає багатокомпонентної дії бактерій і грибів [370], а рослинно доступний фосфор не є єдиним чинником, що визначає користь від арбускулярної мікоризи для фосфорного живлення культур [383]. Важливими є також транспорт ресурсів мікоризними мережами [357; 442], участь асоційованих бактерій у формуванні ендофітних угруповань коренів [436], а також загальна здатність ендофітів і ризобактерій стимулювати ріст рослин [388; 394]. Таким чином, застосування біопрепаратів у посівах соняшнику має розглядатися як засіб регулювання цілого комплексу ґрунтово-рослинних взаємодій, а не лише як локальний прийом удобрення.

Для соняшнику особливо актуальним є використання біопрепаратів в умовах абіотичних стресів, передусім дефіциту вологи. Показано, що мікробіологічні біостимулянти здатні пом'якшувати наслідки стресів, асоційованих зі зміною клімату [366; 369], а арбускулярні гриби сприяють підвищенню водокористувальної ефективності культур [365]. У соняшнику за посухи позитивний ефект мало поєднання біочару з арбускулярними мікоризними грибами [419], а застосування *Glomus mosseae* разом із *Pseudomonas fluorescens* покращувало врожай і толерантність до водного стресу [423]. Водночас біопрепарати можуть бути корисними і за інших несприятливих умов, зокрема затоплення, забруднення чи токсичного впливу елементів [400; 406; 421]. Це суттєво розширює перспективи їх використання в адаптивних технологіях вирощування соняшнику.

Практичні дослідження останніх років підтверджують, що в польових умовах біопрепарати можуть покращувати продуктивність соняшнику різних напрямів використання. Високоолеїнові гібриди позитивно реагували на біологічні продукти [409], а препарат нового покоління групи Хелафіт® показав ефективність у технології вирощування гібридів на Півдні України [105]. Позакореневі підживлення сучасними біопрепаратами в умовах Південного Степу сприяли формуванню продуктивності соняшнику [55]. Екологічно чиста технологія вирощування культури, запропонована для виробництва, включає використання біологічних рішень як важливий компонент біологізації [161]. Застосування мікробіологічних препаратів у короткоротаційних сівозмінах Південного Степу позитивно впливало на врожайність культур [139], що опосередковано підтверджує перспективу їх ширшого використання у польових сівозмінах із соняшником. Разом із тим ефективність препаратів залежить від погодних умов, агрофону, гібриду, способу внесення і навіть від рівня забур'яненості посівів, оскільки остання помітно впливає на реалізацію продуктивного потенціалу соняшнику [206].

На сьогодні перспективи застосування біопрепаратів при вирощуванні соняшнику пов'язані з переходом від окремих препаратів до комплексних адаптивних схем, що поєднують інокуляцію насіння, обробку вегетуючих рослин, використання мікоризоутворювальних грибів, фосфатмобілізувальних бактерій, біостимуляторів та біологічних засобів захисту. Передпосівне використання біопрепаратів на інших культурах, зокрема кукурудзі, уже продемонструвало підвищення продуктивності за рахунок препаратів Мікофренд®, Міковітал® і Флоробацилін® [420], що підтверджує доцільність аналогічних підходів і для соняшнику. Водночас численні оглядові джерела наголошують: успішне впровадження мікробіологічних інокулянтів потребує врахування їх сумісності з агротехнічними заходами, стабільності в польових умовах та функціональної відповідності конкретному середовищу [404; 407; 417].

Отже, біопрепарати мають значні перспективи в технології вирощування соняшнику як засоби підвищення ефективності живлення, покращення фітосанітарного стану, посилення стійкості до стресів і екологізації виробництва [47; 50; 288]. Найбільший ефект їх застосування очікується за інтеграції у науково обґрунтовані системи удобрення та захисту рослин з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов, біологічних особливостей гібридів і функціонування ризосферного мікробіому [51; 119; 182; 308].

1.4. Актуальні питання вирощування соняшника в західному регіоні України

У сучасному аграрному виробництві України соняшник залишається однією з найбільш економічно привабливих культур, що зумовлює постійне розширення його посівних площ і територіальне зміщення у нетрадиційні зони вирощування. Якщо історично основні масиви посівів були зосереджені в Степу та частково в Лісостепу, то нині дедалі виразніше простежується тенденція поширення соняшнику в північні та західні області країни [319]. За останні десятиліття частка посівів соняшнику в Лісостепу України зросла більш ніж на 25–30 %, що свідчить про поступову зміну просторової структури виробництва культури. Така динаміка пов’язана не лише з високою рентабельністю культури, а й із ширшими процесами диверсифікації групи олійних культур, пошуком більш гнучких моделей землекористування та адаптацією агровиробництва до нових економічних і кліматичних умов [371; 378; 414; 429]. Додатково цей процес був посилений воєнними викликами, які вплинули на територіальну структуру виробництва насіння соняшнику й соняшникової олії в Україні та стимулювали часткове переміщення виробництва в більш безпечні регіони, зокрема західні. Можемо із впевненістю сказати, що соняшник у XXI столітті на теренах України постає перед нами як «воєнний та кліматичний біженець» Водночас сучасні трансформації виробництва соняшнику в Україні визначаються не лише кліматичними

чинниками, а й ширшим комплексом соціально-економічних та геополітичних викликів, які впливають на структуру посівів, логістику та ринкову стабільність галузі [412]. Для західних областей України ці процеси мають особливе значення, оскільки посилення антропогенного навантаження на агроландшафти вже сьогодні супроводжується помітними змінами їх екологічного стану, що потребує більш зваженого підходу до просторового розміщення культур і структури землекористування [85; 414]. Зокрема, у 2022–2023 роках площі соняшнику в окремих центральних і західних регіонах зросли на 10–18 %, що пов'язано з перерозподілом аграрного виробництва [412]. При цьому географічний розподіл олійності насіння соняшнику в Україні також має просторову диференціацію: в окремих зонах вона коливається в межах 46–52 %, що підкреслює важливість регіональної адаптації технологій при просуванні культури на нові території [413]. Однак міграція соняшнику в західні регіони України не може розглядатися як просте механічне розширення площ. Йдеться про складний агроекологічний процес, який вимагає переосмислення сівозмін, систем обробітку ґрунту, удобрення, гербіцидного захисту, оцінки фітопатогенного навантаження та можливостей біологізації технологій. Однією з найгостріших проблем є включення соняшнику у сівозміни регіонів, де ця культура раніше не була визначальною.

За результатами досліджень А. В. Кохана, О. А. Самойленка та ін. [163] встановлено, що при скороченні періоду повернення соняшнику до 3–4 років урожайність культури може знижуватися на 12–20 %, а рівень ураження рослин хворобами зростає у 1,3–1,6 рази. Подібні закономірності підтверджені й у сучасних дослідженнях короткоротаційних сівозмін. При збільшенні частки соняшнику ефективність ротацій знижується, а агроекологічні ризики зростають [361]. Аналіз біофізичного впливу ротації соняшнику на ріллю свідчить, що структура чергування культури прямо позначається на стані поля та довгостроковій стабільності землекористування [393; 235; 241].

Особливе значення у цьому контексті має проблема забур'яненості. У короткоротаційних сівозмінах, за участю соняшнику, рівень забур'яненості

агроценозів суттєво підвищується, а видовий склад бур'янового компонента стає агресивнішим [44]. Доведено, що на забур'яненість і продуктивність посівів соняшнику істотно впливають попередники та способи основного обробітку ґрунту, тому перенесення стандартних технологічних рішень зі Степу в західний регіон без корекції є науково необґрунтованим. За оптимального підбору попередників і глибокого обробітку ґрунту забур'яненість може знижуватися на 25–35 %, що супроводжується підвищенням урожайності соняшнику на 0,3–0,5 т/га [1]. Важливе значення мають і строки сівби разом із агроприйомами догляду за рослинами, оскільки вони визначають конкурентоспроможність культури у посівах, рівень засміченості та кінцеву врожайність [228]. Дослідження О. І. Полякова, О. В. Нікітенко, С. В. Літошка [229] підтверджують, що система агроприйомів вирощування є одним із ключових чинників керування бур'яновим ценозом та продуктивністю соняшнику. Для зони Степу обґрунтовано цілу групу агротехнічних заходів поліпшення агроценозу соняшнику, що охоплюють параметри густоти, способи догляду та елементи просторової організації посіву [281]. Разом із тим економічна й продуктивна ефективність вирощування соняшнику істотно залежить від поєднання систем обробітку ґрунту та гербіцидного захисту [285].

Для західних регіонів, де соняшник входить у нові типи агроландшафтів, винятково важливим стає питання адаптації системи обробітку ґрунту до нових ґрунтово-кліматичних умов. Хоча дослідження впливу різних способів обробітку ґрунту на целюлозолітичну активність чорнозему типового виконано на посівах кукурудзи, воно має важливе методологічне значення і для технологій соняшнику, адже демонструє, що система обробітку помітно змінює інтенсивність мікробіологічних процесів у ґрунті [86; 96]. Аналогічно вивчення впливу обробітку ґрунту на агрофізичні властивості та продуктивність культур у зрошуваних умовах Степу показало, що саме спосіб обробітку формує водно-фізичний режим орного шару та істотно впливає на врожайність, а отже, не може бути універсальним для всіх зон [432]. У західних областях, де ґрунти середньо- та легкосуглинкові за гранулометричним складом, слабо-, середньо-

кислими і характеризуються іншим режимом зволоження, адаптація обробітку набуває принципового значення.

Проблеми, пов’язані з гербологічним забезпеченням технології вирощування сільськогосподарських культур, заслуговують на окремий розгляд. У нових областях для гербіцидного захисту необхідні підходи, адаптовані до місцевих умов, а не загальні схеми. Для Східного Лісостепу встановлено, що значною мірою контроль забур’яненості посівів соняшнику досягається завдяки застосуванню гербіцидів до сходів, при цьому їх результативність залежатиме від специфічних параметрів довкілля та видового складу супутньої рослинності [121]. Дослідження В. О. Гуртовенка, О. А. Цюк [80] також підтвердили ефективність використання гербіцидів до сходів у посівах соняшнику, підкреслюючи важливість раннього придушення росту небажаної рослинності. Досліджено, що використання ґрунтових гербіцидів впливає не лише на фітосанітарний стан посівів, а й на біометричні показники рослин та рівень урожайності соняшнику. Застосування ґрунтових гербіцидів у посівах соняшнику дозволяє знизити засміченість агроценозу на 60–85 %, що забезпечує підвищення урожайності культури на 0,4–0,7 т/га [183]. У Центральному Лісостепу України вплив технологій гербіцидного захисту на господарсько-цінні ознаки та врожайність гібридів соняшнику також виявився суттєвим, що додатково підтверджує необхідність диференційованого підходу до вибору схем захисту [154]. Для умов міграції соняшнику в західний регіон це має особливе значення, оскільки саме тут може поєднуватися підвищене зволоження, інший ґрунтовий фон і специфічний видовий склад бур’янів. У Лісостепу Західному показано, що гербіциди істотно впливають на урожайність соняшнику, тобто система хімічного захисту вже сьогодні є одним із базових технологічних чинників для цієї зони [198]. При цьому окрему небезпеку становить амброзія полинолиста (*Ambrosia artemisiifolia*), поширення якої в агрофітоценозі соняшнику потребує цілеспрямованої гербіцидної регуляції. Застосування відповідних гербіцидів дозволяє зменшити її поширення на 80 − 90 % [268]. Ю. І. Ткалич, І. Д. Ткалич, О. В. Бочева [280] встановили

також, що ефективність гербіцидів змінюється залежно від ширини міжрядь, оскільки архітектоніка посіву впливає на конкурентні взаємодії між культурою та бур’янами. Оцінка біологічної та господарської ефективності гербіцидів у посівах соняшнику показала істотну різницю між окремими препаратами та схемами їх застосування [284], а дослідження комбінацій внесення гербіцидів підтвердили їх помітний вплив на продуктивність гібридів [337]. Важливим сучасним напрямом стала й технологія CLEARFIELD®, яка, маючи значний світовий і вітчизняний досвід застосування, розглядається як інструмент інтегрованого контролю бур’янів у посівах соняшнику, однак її впровадження в нових регіонах вимагає зваженого екологічного та агрономічного підходу [120]. Додатково підвищення ефективності післясходового контролю бур’янів можливе завдяки використанню прилипачів за внесення трибенурон-метилу, що доведено у відповідних дослідженнях [287].

Не менш складним при поширенні соняшнику в нові регіони є фітосанітарний блок. Інтенсивність ураження соняшнику хворобами в сучасних умовах залишається високою, причому рівень шкодочинності залежить від комплексу погодних, технологічних і агроекологічних чинників [267]. Моніторинг фітопатогенного стану посівів соняшнику в умовах Центрального Лісостепу показав, що найпоширенішими є фомоз, септоріоз та сіра гниль, ураження якими у сприятливі роки може досягати 25–30 % рослин [155]. Для Лівобережного Лісостепу визначено типовий для даної зони комплекс хвороб соняшнику, що підтверджує особливості фітосанітарного стану в цьому регіоні [349]. Дослідження в Центральному Лісостепу показали, що формування насіння гібридів соняшнику відбувається за участі мікроорганізмів, що викликають хвороби рослин, і ці мікроорганізми можуть бути значним джерелом початкового зараження [301]. Відповідно, для західних областей збільшення площ під соняшник потребує не тільки контролю за хворобами на полях, але й фітопатологічного контролю якості насіння, особливо при перевезенні насінного матеріалу з однієї агрокліматичної зони до іншої. Одним із найнебезпечніших спеціалізованих об’єктів у посівах соняшнику залишається

вовчок соняшниковий (*Orobanche cumana* Wallr.). Методологічні особливості оцінки стійкості соняшнику до вовчка в екологічних випробуваннях доводять, що добір стійких генотипів повинен базуватися на чітких експериментальних підходах і стандартизованій оцінці [327]. Ураження посівів цим паразитом здатне знижувати урожайність гібридів соняшнику на 20–40 %, а в окремих випадках – навіть більше [329]. У сучасній селекції велике значення має прискорена оцінка селекційного матеріалу на стійкість до вовчка та гербіцидів у штучних кліматичних умовах, що дає змогу швидше створювати адаптивні гібриди [424]. Крім того, доведено, що урожайність гібридів різних груп стійкості до гербіцидів залежить і від зрідженості ділянок, що вказує на важливість комплексної оцінки адаптивності гібридів до різних стресових чинників [328]. Для західного регіону, де соняшник лише входить у нові агроекосистеми, добір гібридів має бути одним із базових елементів технології.

Важливою проблемою при розповсюдженні соняшнику у західні регіони може бути дестабілізація природних процесів у ґрунті. Безперервне вирощування соняшнику може погіршувати показники родючості ґрунту [236]. Дослідження О. І. Цилюрика та ін. [313] засвідчили, що значна частка соняшнику у структурі посівів змінює активність живих організмів у ґрунті: швидкість багатьох мікробіологічних реакцій може зменшуватися на 15–25 %, тобто порушується біологічна гармонія агроекосистем. Особливо це стосується тих районів, де соняшник вирощують нещодавно, і де бажання швидко збільшити площі засіяних полів може бути більшим за використання науково обґрунтованих схем чергування культур. При цьому оцінка агроекологічних підходів до вирощування соняшнику в проміжних посівах також демонструє, що навіть нестандартні схеми використання культури мають базуватися на врахуванні ресурсного потенціалу середовища та екологічної доцільності [246]. Подібні підходи узгоджуються з сучасними уявленнями про необхідність ландшафтно адаптованого землекористування та збереження ґрунтової родючості в агросистемах [235; 238; 241].

У системі адаптації соняшнику до нових регіонів важливе місце належить удобренню. О. П. Ткачук, Н. В. Бондарук [290] дослідили, що рівень ураження рослин хворобами може змінюватися залежно від фону мінерального живлення: при надмірному внесенні азотних добрив поширення окремих хвороб збільшується на 10–15 %. У західних регіонах ця проблема набуває ще більшої гостроти, оскільки ґрунтовий покрив тут істотно відрізняється від типових чорноземів Степу. На кислих, менш насичених основами та більш контрастних за водним режимом ґрунтах заходу України, реакція соняшнику на добрива може бути іншою, ніж у традиційних зонах вирощування. Важливим у цьому контексті є загальні дані щодо змін мікробного угруповання ґрунту під впливом мінерального удобрення і вапнування: показано, що за таких умов змінюється чисельність меланінсинтезувальних мікроорганізмів, а це свідчить про чутливість ґрунтового мікробіому до агрохімічного навантаження [397]. Отже, система удобрення соняшнику на «нових ґрунтах» Західного Лісостепу повинна враховувати не лише потреби культури в елементах живлення, а й реакцію ґрунтової біоти, кислотність, потребу у вапнуванні та ризики посилення хвороб.

Саме тому одним із перспективних напрямів адаптації технології вирощування соняшнику в західних областях є біологізація. Дослідження екологічної безпеки насіння соняшнику в умовах аграрної інтенсифікації показують, що сучасні технології мають оцінюватися не лише за врожайністю, а й за їх впливом на якість та безпечність продукції [431]. За умов погіршення біологічної активності ґрунту в короткоротаційних сівозмінах [313], зниження родючості за беззмінного вирощування [236] та чутливості мікробіологічного пулу ґрунту до систем удобрення й вапнування [397] мікробіологічні препарати можуть розглядатися як важливий інструмент стабілізації агроекосистем. Їх використання є перспективним у кількох напрямах: оптимізація мінерального живлення, стимуляція кореневої системи, підвищення стійкості рослин до абіотичних і біотичних стресів, а також часткова компенсація негативних наслідків надмірної хімізації технологій. У сучасних умовах дедалі більшого значення набуває і просторовий моніторинг посівів соняшнику. Класифікація

зрошуваних і незрошуваних посівів соняшнику на основі аерокосмічного моніторингу підтверджує високий потенціал дистанційних методів для ідентифікації особливостей агровиробництва, оцінки стану посівів та зональної диференціації технологій [176]. Для західних регіонів, де культура продовжує розширюватися в нові агроландшафти, такі підходи можуть бути особливо корисними для картографування площ, оцінки неоднорідності посівів та диференціації агрономічних рішень.

Міграція соняшнику в західні регіони України є закономірним наслідком сучасної трансформації аграрного виробництва, однак цей процес супроводжується низкою серйозних викликів. Одним із важливих факторів, що ускладнює розширення посівів соняшнику в нових регіонах, є посилення забур'яненості посівів та необхідність підбору ефективних, адаптованих до місцевих умов гербіцидних систем захисту [1; 154; 268; 280]. Умови Західного Лісостепу відзначаються значним різноманіттям видового складу бур'янів, тому контроль їх чисельності потребує комплексного підходу та поєднання різних агротехнічних і хімічних заходів [120; 121; 284; 287; 337]. Ефективність системи захисту рослин у таких умовах значною мірою залежить від правильного поєднання агротехнічних, механічних та хімічних заходів, а також від використання сучасних гербіцидостійких гібридів [44; 80; 183; 198].

Не менш важливою є складна взаємодія між системою обробітку ґрунту, станом ґрунтового середовища та продуктивністю культури [96; 281; 285; 432]. У ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу система обробітку повинна забезпечувати оптимальне поєднання збереження ґрунтової вологи, підтримання сприятливої структури орного шару та активізацію біологічних процесів у ґрунті [228; 229].

Важливим фактором ризику при розширенні посівів культури є зростання фітосанітарних проблем, пов'язаних із поширенням хвороб, насіннєвої інфекції та паразитичної рослини вовчка [155; 267; 349; 424]. Поширення соняшнику на нові території супроводжується зміною структури патогенних комплексів, що потребує постійного моніторингу та вдосконалення системи захисту рослин

[301; 327−329]. Дослідники відзначають, що найбільш небезпечними для культури є хвороби грибної природи, які можуть суттєво обмежувати реалізацію потенціалу сучасних гібридів. Особливої актуальності набуває проблема формування ефективних систем удобрення на «нових ґрунтах», які раніше не використовувалися для вирощування соняшнику [236; 290; 313; 397]. Оптимізація системи живлення культури повинна враховувати як ґрунтово-агрохімічні показники, так і особливості мікробіологічних процесів у ґрунті.

У стратегічному вимірі розширення посівів соняшнику на захід України повинно спиратися на регіоналізацію технологій, використання сучасного моніторингу [176], урахування тенденцій диверсифікації олійного сектору [371], економіко-географічних і воєнних трансформацій галузі [319; 412; 413], а також на біологізацію систем землеробства як одну з основ довготривалої екологічної стійкості виробництва [431]. Саме за таких умов міграція соняшнику у зону Західного Лісостепу України може стати не тимчасовим кон’юнктурним явищем, а науково обґрунтованим напрямом розвитку адаптивного рослинництва.

Висновки до розділу 1

1. Проведений аналіз літературних джерел підтвердив, що соняшник є однією з найбільш екологічно пластичних польових культур, здатних ефективно адаптуватися до різних ґрунтово-кліматичних умов. Реалізація його продуктивного потенціалу значною мірою залежить від погодних умов, рівня агрофону та технології вирощування. В умовах кліматичної нестабільності особливого значення набуває використання ранньостиглих і стресостійких гібридів. Встановлено, що сучасні кліматичні зміни істотно впливають на ріст, розвиток і продуктивність соняшнику. Підвищення температури, нерівномірність опадів і почастішання посух зумовлюють необхідність удосконалення адаптивних технологій, спрямованих на ефективніше використання вологи та підвищення стресостійкості рослин.

2. Узагальнення результатів досліджень показало, що система мінерального живлення є одним із ключових чинників формування продуктивності соняшнику. Культура характеризується значним винесенням поживних речовин, тому ефективність її вирощування залежить від збалансованого забезпечення азотом, фосфором і калієм. Оптимізація удобрення сприяє розвитку кореневої системи, формуванню потужного фотосинтетичного апарату та підвищенню врожайності й олійності насіння.

3. Аналіз сучасних досліджень підтвердив значний потенціал біопрепаратів у технології вирощування соняшнику. Використання мікробіологічних інокулянтів, мікоризоутворювальних грибів і фосфатмобілізувальних бактерій активізує ризосферні процеси, покращує доступність елементів живлення та підвищує стійкість рослин до стресових факторів. Найбільш перспективним є їх поєднання з мінеральними добривами у складі інтегрованих систем удобрення.

4. Узагальнення літературних джерел показало, що розширення посівів соняшнику в західних регіонах України потребує адаптації технології вирощування до місцевих ґрунтово-кліматичних умов. Важливе значення мають підбір адаптованих гібридів, удосконалення систем удобрення, збереження родючості ґрунтів і науково обґрунтоване застосування мікробіологічних препаратів, що створює передумови для стабільного формування високої продуктивності культури.

Результати досліджень за розділом 1 викладено у публікаціях [10; 11; 13; 15; 18; 20; 21; 71; 122; 344].

Розділ 2. УМОВИ, ПРОГРАМА І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження за темою дисертаційної роботи виконано упродовж 2023–2025 рр. в навчально-науковому центрі ЛНУП (з 01.03.2025 р. ННЦ ЛНУВМБ ім. С. З. Ґжицького), розташованому в місті Дубляни Львівського району Львівської області. Дослідне поле знаходиться на Малехівському пасмі у географічному районі Пасмового Побужжя природо-кліматичної провінції Західного Лісостепу. Навчально-науковий центр є університетською базою для проведення польових досліджень та впровадження сучасних елементів технологій вирощування сільськогосподарських культур. Територія дослідних полів розміщена у межах Західного Лісостепу України, що характеризується сприятливими ґрунтово-кліматичними умовами для ведення інтенсивного землеробства.

2.1. Опис ґрунтової відміни району досліджень

У аграрному виробництві ґрунт виступає як багатокомпонентна біогеохімічна система, яка забезпечує накопичення, перетворення та регулювання потоків вологи і елементів живлення в межах агроекосистем. Сукупність його фізичних і хімічних характеристик, забезпеченість мінеральними речовинами та інтенсивність біологічних процесів формують як потенційну, так і реалізовану родючість, що безпосередньо впливає на врожайність сільськогосподарських культур і стійкість агроландшафтів. У зв’язку з цим важливого значення набуває вивчення якісного стану ґрунту та динаміки його змін, що дає змогу підтримувати оптимальні показники родючості й запобігати розвитку деградаційних процесів.

Рельєф території дослідних полів переважно рівнинний, слабко хвилястий, сформований лесовими відкладами. Ґрунтовий покрив представлений переважно темно-сірими опідзоленими та сірими лісовими ґрунтами, поширеними уздовж Малехівського пасма, які характеризуються

достатнім рівнем природної родючості та придатністю для вирощування широкого спектра польових культур, зокрема соняшнику. Такі умови є репрезентативними для зони Західного Лісостепу, що дозволяє отримані результати досліджень екстраполювати на значні території регіону.

Ґрунт дослідної ділянки – темно-сірий опідзолений легкосуглинковий (*Greyic Luvic Phaeozem*). Профіль ґрунту, дослідної ділянки, подано на рисунку 2.1.

He	Гумусово–акумулятивний елювійований горизонт
HIe	Гумусовий ілювіальний горизонт
Ihe	Ілювіальний гумусований слабоелювійований горизонт
I	Ілювіальний горизонт
Ip	Ілювіальний перехідний горизонт
Pik(gl)	Ґрунтотвірна порода – палево-бурий лесоподібний суглинок

Рис. 2.1 – Профіль ґрунту дослідної ділянки

За агрофізичними показниками орний шар характеризується легкосуглинковим гранулометричним складом. Щільність будови орного шару зазвичай становить 1,20–1,30 г/см^3, щільність твердої фази близько 2,60–2,70 г/см^3, а загальна пористість коливається в межах 48–55 %. Водотривкість агрегатів у верхньому горизонті становить 40–60 %, що свідчить про відносно добру структурність. Польова вологоємність (ПВ) знаходиться на рівні 28–32 %

маси ґрунту, а вологість в’янення 10–13 %, що забезпечує достатній запас продуктивної вологи (80–100 мм у метровому шарі).

Опис ґрунтового профілю:

He 0–35 см	Гумусово–акумулятивний, елювійований, темно-сірий, місцями неоднорідний, слабко або помірно ущільнений, грубопилувато-легкосуглинковий, добре оструктурений, грудкувато-зернистий; з кремнеземною присипкою, численними коренями, ходами дощових червів і копролітами; межа чітка, за кольором і складенням, місцями хвиляста.
HIe 35–69 см	Гумусовий ілювіальний, слабо елювійований, темно-сірий з буруватим відтінком, дещо строкатий, більш ущільнений, грубопилувато-середньосуглинковий, дрібногрудкувато-горіхуватий; з кремнеземною присипкою, поодинокими коренями, біопорами і копролітами; межа чітка, за кольором і щільністю.
Ihe 69–88 см	Ілювіальний гумусований, слабо елювійований, темно-бурий, неоднорідний, щільний, грубопилувато-середньосуглинковий, горіхуватий; зі слабкою кремнеземною присипкою, поодинокими корінцями; перехід чіткий, затічного типу.
I 88–109 см	Ілювіальний, бурий, вологий, щільний, середньосуглинковий, горіхувато-призматичний; з вираженими колоїдними плівками на гранях агрегатів, поодинокими коренями.
Ip 109–127см	Ілювіальний перехідний, світло-бурий, строкатий, з темно-бурими затіками, щільний, грубопилувато-середньосуглинковий; з глянцевими колоїдними плівками, поодинокими коренями; перехід поступовий, за забарвленням.
Pk(gl) 127–155см	Ґрунтотворна порода, лесоподібний грубопилуватий середньосуглинковий, палево-бурий, неоднорідний, ущільнений, практично безструктурний; з бурими затіками по тріщинах, карбонатами у вигляді псевдоміцелію, прожилок і журавчиків (бурхлива реакція з HCl); слабко оглеєний, з вохристими плямами.

Агрохімічні показники ґрунту свідчать, що вміст гумусу становить близько 2,3 %, що відповідає середньому рівню забезпеченості. Вміст легкогідролізного азоту (за Корнфілдом) є відносно низьким і становить 115 мг/кг ґрунту. Забезпеченість рухомим фосфором оцінюється як середня – 90 мг/кг, вміст обмінного калію підвищений – близько 100 мг/кг (за Чириковим). Реакція ґрунтового розчину є слабокислою, із значенням pH_{KCl} 5,9. Сума ввібраних основ близько 19,7 ммоль/100 г ґрунту, що свідчить про достатній рівень насичення ґрунтового вбирного комплексу основами.

Гідролітична кислотність становить 1,8 мг-екв/100 г ґрунту, ступінь насичення основами − 86,4 %.

2.2. Агрокліматичні умови і гідротермічний режим у роки експериментів

Відповідно до ґрунтово-екологічного районування територія проведення досліджень належить до Західного Лісостепу, вологої підзони, зимово-холодно-теплої кліматичної фації. Клімат характеризується помірним зволоженням у першій половині вегетаційного періоду та достатнім − у другій. Чітко виражена гумідність в холодну пору року. У геоморфологічному відношенні дослідна ділянка приурочена до рівнинного педооротопу [220].

Для формування урожаю сільськогосподарських культур, і особливо для перебігу основних фізіологічних та біохімічних процесів у рослинах, визначальну роль відіграють агрокліматичні умови. Найбільш значущими для росту, розвитку і розкриття продуктивного потенціалу соняшнику є температура та достатня кількість вологи. Саме їх поєднання визначає швидкість фотосинтезу, тривалість проходження стадій розвитку, розмір листкової маси, формування та наповнення насіння.

Соняшник належить до теплолюбних культур із відносно високою посухостійкістю. Для повної реалізації генетичного потенціалу врожайності він потребує певного поєднання тепла та вологи впродовж вегетаційного періоду. Оптимальні температури для росту та розвитку соняшнику перебувають у межах 20–25°C, тоді як сума активних температур вище +10°C визначає тривалість і повноту проходження основних фаз органогенезу. Для об’єктивного аналізу даних польових досліджень, та, як наслідок, оцінки перебігу процесів на посівах соняшнику і специфіки формування урожаю при конкретних погодних умовах, необхідно характеризувати агрокліматичні умови та гідротермічний режим протягом років проведення досліджень.

Агрокліматичні умови протягом років польових досліджень суттєво відрізнялися від умов середнього року з багаторічними середніми агрокліматичними умовами. Це призвело до різних моделей росту та розвитку соняшнику. У зв'язку з потеплінням клімату України та мезоклімату у Західному регіоні ми обчислили нову кліматичну норму за температурами 1984-2024 років (дод. А, рис. А.1). Середньобагаторічна норма за спостереженнями метостанції Львів становить 8,8°С.

Дослідження температурного режиму показало, що більшість місяців у вегетаційному періоді 2023–2025 років перевищували середні багаторічні температури, особливо це стосувалося періоду активного вегетативного росту (табл. 2.1). Температурний режим протягом років досліджень був ключовим фактором, що впливав на швидкість проходження рослинами соняшнику різних фенологічних стадій розвитку. Соняшник теплолюбний, тому мінімальна температура ґрунту, необхідна для проростання насіння соняшнику, становить 6–8°С, а оптимальна температура для досягнення швидкої появи повних сходів 10–12°С.

Таблиця 2.1 – Середньомісячні температури за роки досліджень, °С [264]

I	II	III	**IV**	**V**	**VI**	**VII**	**VIII**	**IX**	X	XI	XII	**За рік**
2023												
+1,9	0	+4,6	**+7,8**	**+14,0**	**+17,0**	**+19,6**	**+20,9**	**+17,1**	+11,1	+3,8	+1,3	**+9,9**
2024												
–1,2	+5,6	+5,7	**+11,2**	**+15,7**	**+19,4**	**+21,4**	**+20,8**	**+17,2**	+9,0	+2,3	+0,8	**+10,6**
2025												
+2,0	–2,2	+6,1	**+10,0**	**+10,1**	**+18,0**	**+19,2**	**+18,0**	**+15,7**	+7,4	+4,8	+1,8	**+9,2**
середньобагаторічні дані												
–2,1	–1,3	+2,9	**+9,6**	**+14,5**	**+17,8**	**+19,7**	**+19,2**	**+14,4**	+8,7	+3,3	–1,1	**+8,8**

Найшвидше фази росту рослин проходять, коли температура становить 20–25°С. Тривалість вегетаційного періоду соняшнику визначається загальною

кількістю активної температури вище +10°С. Тому слід детальніше розглянути оцінку температури відносно основних стадій органогенезу соняшнику.

Сівба та сходи протягом досліджуваних років проходили з ІІ декади квітня по І декаду травня. У 2023 році сівбу соняшнику проведено в І декаді травня, середня температура протягом перших 10 днів цього місяця була на рівні +12,2°С, а середня температура за весь травень +14,0°С, що дуже близько до середньобагаторічних значень (+14,5°С). Іншими словами, ця температура була вищою за мінімальні вимоги для рослин соняшнику, що прискорило процес проростання насіння та появу дружних сходів.

Сівбу соняшнику у 2024 році було проведено в ІІІ декаді квітня (дослід 2) та І декаді травня (дослід 1). Середня температура за ІІІ декаду квітня становила +11,6°С. Середньомісячна температура травня становила +15,7°С, це на 1,2°С вище за середньобагаторічну, що створило оптимальні умови для сприятливого початкового росту молодих рослин соняшнику. Сходи другого досліду, у І декаді травня зазнали стресу від заморозків. У 2025 році сівба соняшнику відбулась у ІІ декаді квітня (дослід 2) та ІІІ декаді (дослід 1), і тоді температура другої та третьої декад квітня становила +13,8°С та +15,7°С відповідно. Травень був значно холоднішим за кліматичну норму, з температурою 10,1°С, що на 4,4°С нижче норми (сходи другого досліду потрапили під негативну дію заморозків). Хоча ця температура (+10,1°С) була вищою за біологічний мінімум, необхідний для проростання насіння, проте вона негативно вплинула на розвиток сходів культури. Період максимального наростання біомаси соняшнику припадатиме на травень та червень. Протягом цих місяців рослини соняшнику формують найбільше свого асиміляційного апарату, що визначає потенційну врожайність соняшнику. Температура червня у 2023 році становила 17,0°С. Це лише на 0,8°С нижче середнього багаторічного значення. Вважається, що це в межах оптимального діапазону для активного росту рослин. Червень 2024 року був значно теплішим і становив 19,4°С, що на 1,6°С вище норми. Фаза формування кошика і бутонізації, є критично важливою для формування майбутнього врожаю. Зазвичай цей період

припадає на кінець червня–липень. У цей період закладається кількість квіток і потенційна кількість насіння у кошику. У 2023 році середня температура липня становила +19,6°С, що практично повністю відповідало середньобагаторічному значенню (+19,7°С). Такі температурні умови є оптимальними для формування генеративних органів. У 2024 році липень був найтеплішим за роки досліджень +21,4°С, що на 1,7°С перевищувало норму. Це сприяло активному формуванню кошика та швидкому проходженню фази розвитку рослин. У 2025 році середня температура липня становила +19,2°С, що лише на 0,5°С нижче середньобагаторічного показника і залишалася в достатніх межах для розвитку культури. Фаза цвітіння соняшнику, що припадає на липень – початок серпня, проходить найбільш ефективно за температур 22–25°С. У 2023 році середньомісячна температура серпня становила +20,9°С, що на 1,7°С перевищувало середньобагаторічний показник (+19,2°С). У 2024 році температура серпня була практично аналогічною і становила +20,8°С (+1,6°С до норми). Такі умови сприяли інтенсивному перебігу процесів цвітіння та запліднення квіток, що є передумовою формування повноцінного насіння. Фаза повного цвітіння на другому досліді співпали із хвилями спеки до +35°С, що могло негативно плинути на якісне запилення та запліднення. У 2025 році серпень був дещо прохолоднішим (+18,0°С, що на 1,2°С нижче середньобагаторічного значення), однак температурний режим залишався достатнім для задовільного проходження фази цвітіння. І у цьому році цвітіння соняшнику другого досліду співпадало із хвилями спеки.

Період наливу та достигання насіння соняшнику припадає на кінець серпня – вересень і характеризується підвищеною чутливістю культури до температурного режиму. Оптимальні температури для інтенсивного накопичення сухої речовини та формування маси насіння знаходяться в межах 18–20°С. Аналіз погодних умов у роки досліджень свідчить, що фактичні температурні показники вересня були дещо нижчими за оптимальні, хоча й перевищували середньобагаторічний рівень. Зокрема, у 2023 році середня температура вересня становила +17,1°С, у 2024 році +17,2°С, а у 2025 році

+15,7°С, що є нижчим за оптимальний діапазон для максимально інтенсивного наливу насіння. За таких умов процеси акумуляції сухої речовини відбувалися дещо повільніше, а формування маси 1000 насінин могло частково обмежуватися температурним фактором. Перевищення цих показників над середньобагаторічними значеннями свідчить про відносно сприятливий тепловий режим, який забезпечував нормальне проходження фаз достигання без істотного затримання розвитку рослин.

Отже, температурні умови вегетаційних періодів 2023–2025 років загалом відповідали біологічним потребам соняшнику. Найбільш теплим був 2024 рік, що характеризувався стабільно підвищеним температурним фоном упродовж усього періоду вегетації. 2023 рік відзначався температурним режимом, близьким до кліматичної норми, з підвищеними температурами у другій половині вегетації. 2025 рік характеризувався прохолоднішим травнем, що могло дещо уповільнювати початковий ріст рослин.

Забезпечення посівів вологою є не менш важливим фактором. Кількість атмосферних опадів, їх розподіл протягом вегетаційного періоду та ступінь зволоженості ґрунту суттєво впливають на водний баланс рослин, інтенсивність транспірації, формування асиміляційної поверхні, і на продуктивність фотосинтезу. Соняшник найбільше потребує вологи у фазах від формування кошика до наливу насіння, коли активно накопичуються пластичні речовини та формується урожай. Нерівномірні опади, тривалі засушливі періоди, або ж надмірна волога можуть значно знизити потенційну врожайність культури. У роки проведення досліджень водний режим формувався під впливом кількості атмосферних опадів і їх розподілу протягом вегетаційного періоду Для соняшнику цей фактор має особливе значення, оскільки культура характеризується високою посухостійкістю, проте для формування високої продуктивності потребує достатнього зволоження ґрунту в окремі критичні фази розвитку. У середньому за період вегетації соняшнику потрібно 450-600 мм опадів, при цьому найбільше вологи культура використовує у фазах формування кошика, цвітіння та наливу насіння. Найбільш оптимальним

вважається рівномірний розподіл опадів, особливо в червні-серпні, коли відбувається активне формування генеративних органів. Нова розрахована середньорічна кліматична норма опадів за даними метеостанції Львів становить 724 мм (дод. А, рис. А.2). Аналіз сумарної кількості опадів за рік показав, що у роки досліджень вона була не істотно нижчою за багаторічну норму (724 мм). Так, у 2023 році випало 709,1 мм, що на 14,9 мм менше звичайного показника, у 2024 році – 715,4 мм (на 8,6 мм менше), а у 2025 році – 661,2 мм, тобто на 62,8 мм менше багаторічного значення (табл. 2.2). Проте для визначення впливу опадів на розвиток соняшнику більш важливим є їх розподіл протягом вегетаційного періоду.

Таблиця 2.2 – Опади за роки досліджень, мм [264]

I	II	III	**IV**	**V**	**VI**	**VII**	**VIII**	**IX**	X	XI	XII	**Сума за рік**
2023												
51,1	63,9	67,6	**49,3**	**23,6**	**106,8**	**120,0**	**72,6**	**58,6**	65,6	12,0	18,0	**709,1**
2024												
75,2	50,4	79,3	**52,8**	**7,6**	**97,2**	**75,6**	**73,6**	**90,0**	44,6	26,5	42,6	**715,4**
2025												
39,8	10,6	31,6	**54,5**	**65,8**	**33,2**	**200,8**	**68,6**	**64,2**	28,0	44,7	19,4	**661,2**
середньобагаторічні дані												
44	45	45	**55**	**81**	**87**	**79**	**71**	**63**	51	47	56	**724**

У 2023 році початок вегетаційного періоду характеризувався недостатньою кількістю вологи. У травні випало лише 23,6 мм опадів, що майже у 3,4 рази менше звичайного (81 мм). Цей дефіцит вологи певною мірою міг стримувати початковий ріст рослин після появи сходів. Кількість опадів у квітні становила 49,3 мм, це трохи менше звичайного показника (55 мм), тому передпосівне зволоження ґрунту було неповним. Подальший водний режим значно покращився: у червні випало 106,8 мм опадів (на 19,8 мм більше норми),

а в липні – 120,0 мм, що на 41 мм перевищувало багаторічне значення. В цей час соняшник проходить фази інтенсивного росту, формування кошика та початку цвітіння, тому достатня кількість вологи сприяла активному формуванню листків та генеративних органів. У серпні випало 72,6 мм опадів і перебувало у межах норми, а у вересні – 58,6 мм (на 4,4 мм менше норми). Таким чином, у другій половині вегетаційного періоду 2023 року водний режим був достатньо сприятливим для наливу та достигання насіння соняшнику.

У 2024 році початок вегетації характеризувався різким дефіцитом опадів у травні. За цей місяць випало лише 7,6 мм, що більш ніж у 10 разів менше середньобагаторічного показника (81 мм). Такий рівень зволоження створював посушливі умови на початку росту культури і міг обмежувати розвиток молодих рослин. При цьому у квітні кількість опадів становила 52,8 мм, що лише незначно поступалося середньобагаторічному показнику (55 мм), тому ґрунт мав відносно достатній запас вологи перед початком активної вегетації. Водночас у наступні місяці ситуація значно покращилася. У червні випало 97,2 мм опадів – на 10,2 мм більше середньобагаторічної норми місяця (87 мм), а у липні – 75,6 мм, що лише на 3,4 мм менше середньобагаторічного показника. У серпні кількість опадів становила 73,6 мм, що також близько до норми (71 мм). Вересень видався досить вологим, випало 90,0 мм опадів, що на 27 мм перевищувало середньобагаторічний рівень (63 мм). Це могло спровокувати розвиток грибкових захворювань кошика. Такий розподіл опадів забезпечував достатнє зволоження ґрунту у фазах цвітіння, наливу та достигання насіння, що позитивно впливало на формування врожайності.

Найбільш контрастним за розподілом опадів був 2025 рік. Початок вегетаційного періоду характеризувався достатнім зволоженням у травні, коли випало 65,8 мм опадів, що лише на 15,2 мм менше середньобагаторічної норми (81 мм). Це створювало сприятливі умови для проростання насіння та формування сходів. У квітні при цьому випало 54,5 мм опадів, що практично відповідало середньобагаторічному показнику (55 мм), забезпечуючи достатнє передпосівне зволоження ґрунту. Проте вже у червні спостерігався дефіцит

опадів – лише 33,2 мм, що на 53,8 мм менше середньобагаторічного показника (87 мм). У цей період відбувається активний ріст рослин і формування листкової поверхні, тому нестача вологи могла певною мірою обмежувати інтенсивність вегетативного росту. Натомість липень характеризувався аномально рекордною кількістю опадів – 200,8 мм, що у 2,5 рази перевищувало середньобагаторічне значення (79 мм). Така кількість опадів забезпечувала достатнє зволоження ґрунту у фазах формування кошика та цвітіння. У серпні випало 68,6 мм опадів (дещо нижче норми – 71 мм), а у вересні – 64,2 мм, що близько до середньобагаторічного рівня (63 мм).

Отже, незважаючи на дефіцит опадів у червні, значна кількість вологи у липні забезпечила достатній рівень зволоження у найбільш критичні фази розвитку культури. Таким чином, водний режим у роки проведення досліджень характеризувався нерівномірним розподілом опадів протягом вегетаційного періоду. У 2023 році найбільш сприятливі умови зволоження сформувалися у другій половині вегетації. У 2024 році – після посушливого травня встановився достатній рівень опадів у літні місяці. 2025 рік відзначався контрастним режимом з дефіцитом вологи у червні та значним її надлишком у липні. Загалом кількість опадів у критичні фази розвитку соняшнику була достатньою або близькою до оптимальної, що забезпечувало сприятливі умови для формування врожайності культури.

Для інтегральної оцінки взаємозв’язку між температурою та забезпеченням вологою зазвичай використовують показники агрокліматичних ресурсів, а саме суму активних температур та гідротермічний коефіцієнт (ГТК). Ці показники дають можливість комплексно описати умови вегетаційного періоду. Аналіз їх значень дає змогу визначити наскільки кліматичні умови придатні для росту та розвитку рослин соняшнику, а також як погодні чинники впливають на врожай. Для окремих етапів органогенезу соняшнику оптимальні значення ГТК такі: для квітня-травня 1,0–1,3; для червня 1,2–1,5; для липня 1,1–1,8; для серпня 0,8–1,2; і для вересня 0,5–0,8. Відповідно до наукових даних та агрокліматичних норм, оптимальний ГТК для соняшнику протягом всієї

вегетації (з травня до вересня) має бути в межах 1,0–1,2. Порівняння отриманих фактичних даних із оптимальними значеннями дозволяє оцінити рівень забезпеченості вологою сільськогосподарської системи протягом років досліджень (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 – Гідротермічний коефіцієнт за роки досліджень

	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень	За період квітень–вересень
2023							
Опади, мм	49,3	23,6	106,8	120	72,6	58,6	**381,6**
Сума активних температур > 10°С , °С	234	434	510	608	648	513	**2 713**
ГТК	2,1	0,5	2,1	1,9	1,1	1,1	**1,4**
2024							
Опади, мм	52,8	7,6	97,2	75,6	73,6	90	**396,8**
Сума активних температур > 10°С, °С	336	487	582	663	645	516	**3 229**
ГТК	1,6	0,2	1,7	1,1	1,1	1,7	**1,2**
2025							
Опади, мм	54,5	65,8	33,2	200,8	68,6	64,2	**487,1**
Сума активних температур > 10°С, °С	300	313	540	595	558	471	**2 777**
ГТК	1,8	2,1	0,6	3,4	1,2	1,4	**1,7**
узагальнені оптимальні значення ГТК							
–	1,0–1,3	1,0–1,3	1,2–1,5	1,1–1,8	0,8–1,2	0,5–0,8	**1,0–1,2**

У 2023 році гідротермічні умови вегетаційного періоду характеризувалися переважно достатнім, а в окремі місяці навіть надмірним зволоженням. На початку вегетації, у квітні, значення гідротермічного коефіцієнта становило 2,1. Такий показник свідчить про значну кількість опадів

відносно температурного режиму та сприяло накопиченню продуктивної вологи у верхньому шарі ґрунту.

Це створило сприятливі передумови для початку ростових процесів рослин. Водночас у травні відзначалося різке зниження показника ГТК до 0,5, що вказує на короткочасний посушливий період. Оскільки саме в цей час відбувається проростання насіння і формування сходів соняшнику, тимчасовий дефіцит вологи міг певною мірою обмежувати інтенсивність початкового росту рослин. У червні ситуація із зволоженням істотно покращилася: значення ГТК знову зросло до 2,1, що забезпечило достатнє водозабезпечення посівів і сприяло активному розвитку кореневої системи та наростанню листкової поверхні. У липні коефіцієнт становив 1,9, тобто дещо перевищував оптимальний рівень, однак загалом залишався сприятливим для формування генеративних органів і проходження фази цвітіння. У серпні значення ГТК знизилося до 1,1, що відповідає близьким до оптимальних умовам для наливу та формування насіння. У вересні коефіцієнт також становив 1,1, що свідчить про дещо підвищене, але прийнятне зволоження для завершення процесів достигання культури. У середньому за період квітень-вересень значення гідротермічного коефіцієнта становило 1,4, що характеризує 2023 рік як достатньо вологий. Погодні умови 2024 року відзначалися більш рівномірним розподілом тепла та вологи протягом вегетаційного періоду. Уже на початку сезону, у квітні, значення ГТК становило 1,6, що забезпечило достатній запас вологи у ґрунті перед проведенням сівби. Однак у травні спостерігалася різко виражена посушливість: коефіцієнт знизився до 0,2. Такий дефіцит вологи міг певною мірою стримувати проростання насіння та початковий розвиток рослин. У подальші місяці співвідношення тепла і вологи поступово нормалізувалося. Так, у червні значення ГТК становило 1,7, що створило сприятливі умови для інтенсивного росту рослин і формування листкового апарату. У липні коефіцієнт дорівнював 1,1, тобто перебував у межах оптимальних значень для формування кошика та проходження фази цвітіння соняшнику. Подібні умови зберігалися і в серпні, коли значення ГТК також становило 1,1. Це сприяло

ефективному наливу насіння та накопиченню поживних речовин у ньому. У вересні коефіцієнт зріс до 1,7, що свідчить про надмірне зволоження під час дозрівання культури. Такі умови можуть підвищувати ризик розвитку грибкових хвороб кошиків і насіння. У середньому за період квітень–вересень значення ГТК становило 1,2, що загалом характеризує 2024 рік як найбільш збалансований за співвідношенням тепла і вологи.

Погодні умови 2025 року характеризувалися значною контрастністю гідротермічного режиму. На початку вегетації спостерігалося підвищене зволоження: у квітні значення ГТК становило 1,8, а в травні зросло до 2,1. Такі умови сприяли накопиченню достатніх запасів ґрунтової вологи та забезпечили сприятливі передумови для проростання насіння і формування дружних сходів. Однак уже в червні відбулося різке зниження показника до 0,6, що свідчить про дефіцит вологи в період активного росту рослин, коли формується основна листкова поверхня. Найбільш контрастні гідротермічні умови спостерігалися у липні, коли значення ГТК досягло 3,4 унаслідок значної кількості опадів. Надмірне зволоження під час формування кошиків і цвітіння могло негативно впливати на перебіг фізіологічних процесів у рослинах та підвищувати ризик розвитку хвороб. У серпні співвідношення тепла і вологи знову наблизилося до оптимального рівня, про що свідчить значення ГТК 1,2, що створило сприятливі умови для наливу насіння. У вересні коефіцієнт становив 1,4, тобто зволоження залишалося дещо підвищеним у період достигання культури. У середньому за період квітень–вересень значення ГТК дорівнювало 1,7, що дає підстави характеризувати 2025 рік як вологий із періодами надмірного зволоження.

Отже, результати аналізу гідротермічного коефіцієнта свідчать про помітну мінливість умов зволоження протягом років досліджень. У різні фази росту та розвитку соняшнику відзначалося чергування посушливих періодів і періодів надмірної вологості. Найбільш сприятливим за співвідношенням тепла і вологи для росту та розвитку культури виявився 2024 рік. Натомість 2023 і особливо 2025 роки характеризувалися більшою контрастністю

гідротермічного режиму, що загалом відповідає сучасним тенденціям кліматичної мінливості в умовах Західного Лісостепу України.

2.3. Методики та агротехніка проведення досліджень

В рамках реалізації наукової програми на період з 2023 по 2025 роки у Навчально-науковому центрі ЛНУП (з 1 березня 2025 року Навчально-науковий центр ЛНУВМБ імені С. З. Ґжицького) було розпочато два польові досліди. Детальну інформацію про кожну з двох схем дослідження, що включала по десять варіантів надано нижче (табл. 2.4 та 2.5).

Таблиця 2.4 – <u>Дослід 1.</u> Схема польового досліду з вивчення впливу припосівного удобрення різними формами добрив

№	Зміст варіанту	Форма добрив (фізична вага, кг/га)
1	Без удобрення – контроль	–
2	Фон – $N_{60}P_{60}K_{60}$	НАФ* (400)
3	$N_{2,2}P_{10,1}+S_{1,1}$	АФ** (22)
4	$N_{4,4}P_{20,2}+S_{2,2}$	АФ (44)
5	$N_{2,2}P_{9,4}+S_1$	МГД*** (20)
6	$N_{4,4}P_{18,8}+S_2$	МГД (40)
7	$N_{62,2}P_{70,1}K_{60}+S_{1,1}$	НАФ (400) + АФ (22)
8	$N_{64,4}P_{80,2}K_{60}+S_{2,2}$	НАФ (400) + АФ (44)
9	$N_{62,2}P_{69,4}K_{60}+S_1$	НАФ (400) + МГД (20)
10	$N_{64,4}P_{78,8}K_{60}+S_2$	НАФ (400) + МГД (40)

Примітка: * НАФ – нітроамофоска (гранули, до 4 мм) $N_{15}P_{15}K_{15}$ під передпосівну культивацію в нормі 400 кг/га згідно схеми досліду;

** АФ – амофос із сіркою (гранули, до 5 мм) $N_{10}P_{46} + S_5$ при сівбі в нормі 22 та 44 кг/га згідно схеми досліду;

*** МГД – мікрогранульоване добриво, мікрогранули UltraStart (мікрогранули 0,5–1,5 мм) $N_{11}P_{47} + S_5$ при сівбі в нормі 20 та 40 кг/га згідно схеми досліду.

Польові досліди закладали за традиційною методикою в агрономії, описаною В. О. Єщенко та ін. [108]. Досліджувані мікрогранульовані добрива за даними оригінатора мали наступні характеристики:

- **Мікрогранульовані добрива UltraStart** ($N_{11}P_{47}$ + S_5) компанії Quantum, належать до сучасних висококонцентрованих фосфорних добрив, призначених для ультралокального внесення у зону висіву насіння (технологія POP–UP) під час сівби сільськогосподарських культур. Основною особливістю цих добрив є поєднання значної частки доступного фосфору з азотом та сіркою, що забезпечує інтенсивне живлення рослин у найбільш критичний період початкового росту. Хімічний склад мікрогранульованого добрива UltraStart характеризується високим вмістом амонійного азоту (11%), водорозчинних фосфатів (47%), сульфатної сірки (5%). Такий склад сприяє активізації біохімічних і фізіологічних процесів у рослинному організмі, зокрема інтенсивному формуванню кореневої системи та покращенню поглинання елементів живлення з ґрунтового розчину. Застосування технології POP–UP передбачає використання добрив із низьким сольовим індексом та високою розчинністю. Такі добрива створюють локальну зону підвищеної концентрації доступних елементів живлення, що стимулює енергію проростання насіння, активізує розвиток первинної кореневої системи та прискорює початкові темпи росту рослин. Важливою технологічною особливістю цього добрива є мікрогранульована форма, де основна частка гранул має розмір 0,5–1,5 мм (80–95%). Завдяки цьому одна невелика доза добрива містить тисячі мікрогранул, які рівномірно розподіляються у зоні розміщення насіння, що значно збільшує площу контакту добрива з ґрунтом і кореневою системою проростків. Це сприяє швидкому розчиненню та більш ефективному використанню поживних речовин рослинами, коефіцієнт їх засвоєння може перевищувати 80 %, навіть за відносно несприятливих температурних умов (https://quantum.ua/Quantum_catalog_2026.pdf).

Дослідження впливу мікробіологічних препаратів на продуктивність соняшнику виконували за такою схемою – таблиця 2.5.

Таблиця 2.5 – <u>Дослід 2.</u> Схема польового досліду з вивченням впливу мікробіологічних препаратів на продуктивність соняшнику

№	Зміст варіанту	
	Прийоми	Досліджувані препарати
1	Фон – п.п.в	Нітроамофоска в нормі $N_{60}P_{60}K_{60}$ – контроль (без препарату)
2	Фон + р.р.б.п.	**Great White Granular One** – мікоризний гриб *Glomus intraradices*
3	Фон + гр.б.п.	**Біонорма Мікориза** – мікоризні гриби *Trichoderma viride, Glomus sp., Tuber melanosporum*
4	Фон + р.р.б.п.	**Біофосфорин** – фосфор-калій мобілізаційна бактерія *Bacillus megaterium* штаму *BM 206*
5	Фон + р.р.б.п.	**Мікофренд –** мікоризні гриби роду *Glomus VS, Trichoderma harzianum,* фосфатмобілізаційні бактерії: *Bacillius megaterium var. phosphaticum, Bacillus subtilis, Bacillus muciloginosus, Enterobacter sp*. та ризосферні мікроогрганізми: *Pseudomonas fluorescens, Streptomyces sp*.
6	Фон + л.в. у фазі ВВСН 30	**Блу N** – азотфіксувальна бактерія-ендофіт *Methylobacterium symbioticum*
7	Фон + р.р.б.п.+ л.в. у фазі ВВСН 30	**Great White Granular One** + **Блу N** – мікоризний гриб + азотфіксувальна бактерія–ендофіт
8	Фон + гр.б.п. + л.в. у фазі ВВСН 30	**Біонорма Мікориза + Блу N –** мікоризні гриби + азотфіксувальна бактерія–ендофіт
9	Фон + р.р.б.п. + л.в. у фазі ВВСН 30	**Біофосфорин** + **Блу N** – фосформобілізаційна бактерії + азотфіксувальна бактерія–ендофіт
10	Фон + р.р.б.п. + л.в. у фазі ВВСН 30	**Мікофренд** + **Блу N** – мікоризні гриби та фосфатмобілізаційні бактерії + азотфіксувальна бактерія–ендофіт

Примітка: **р.р.б.п.** – припосівне внесення робочого розчину бактеріальних препаратів за принципом РКД; **гр.б.п.** – внесення гранульованого біопрепарату через систему припосівного внесення добрив; **п.п.в.** – передпосівне внесення; **л.в.** – листкове внесення;

Досліджувані мікробіологічні препарати за даними оригінаторів та фірм–виробників мали наступні характеристики:

- **Great White Granular One.** Мікробіологічний препарат на основі високоефективного штаму ендомікоризних грибів *Glomus intraradices*. Препарат застосовують для інокуляції насіння або локального внесення у зону висіву. Завдяки формуванню симбіотичної мікоризної асоціації з кореневою системою рослин він значно збільшує поглинальну поверхню коренів, покращує засвоєння фосфору, азоту, підвищує ефективність використання води й сприяє підвищенню стійкості рослин до абіотичних і біотичних стресів. Препарат розроблений компанією-оригінатором Plant Revolution (США). (https://plantrevolution.com)
- **Біонорма Мікориза.** Біологічний препарат на основі мікоризоутворювальних грибів, призначений для інокуляції кореневої системи рослин та формування ефективної симбіотичної взаємодії. Після внесення забезпечує колонізацію коренів на рівні 60–90 %, що сприяє збільшенню поглинальної поверхні кореневої системи у 1,5–2,5 рази. Це дозволяє підвищити засвоєння фосфору та мікроелементів на 20–40 %, а також покращити водозабезпечення рослин. Використання препарату сприяє підвищенню стійкості до посухи, активізації ростових процесів та може забезпечувати приріст урожайності на рівні 10–25 % залежно від умов вирощування. Препарат виробляє компанія ТОВ «Біонорма» (BioNorma). (https://bionorma.ua**)**
- **Біофосфорин**. Біотехнологічний препарат пролонгованої дії для покращення фосфорного та калійного живлення рослин і стимуляції росту кореневої системи. Створений на основі бактерій *Bacillus megaterium* штаму *BM 206*, здатних переводити важкорозчинні сполуки фосфору та калію у доступні для рослин форми. Після внесення мікроорганізми активно розвиваються у ризосфері, синтезують органічні кислоти та ферменти, що сприяє мобілізації ґрунтового фосфору і підвищує коефіцієнт його використання рослинами. Застосування препарату дозволяє підвищити

доступність фосфору у ґрунті на 15–30%, активізує розвиток кореневої системи та покращує мінеральне живлення рослин. У результаті посилюються ростові процеси, а приріст урожайності сільськогосподарських культур може становити 8–20 % залежно від умов вирощування. Препарат виробляє українська компанія ENZIM Agro. (https://agro.enzim.biz/biofosforin.html)

- **Мікофренд.** Комплексний мікробіологічний препарат фунгіцидно–стимулюючої дії, що містить корисні ґрунтові мікроорганізми, зокрема гриби роду *Trichoderma* та бактерії роду *Bacillus*, які активно колонізують ризосферу рослин. Препарат сприяє формуванню сприятливого мікробіологічного середовища у ґрунті, стимулює розвиток кореневої системи та покращує засвоєння елементів мінерального живлення. Мікроорганізми препарату продукують біологічно активні речовини та ферменти, що пригнічують розвиток фітопатогенних грибів і підвищують стійкість рослин до ґрунтових інфекцій. Використання препарату може сприяти підвищенню ефективності засвоєння поживних речовин на 15–25%, а приріст урожайності сільськогосподарських культур становить у середньому 10–20%. Препарат виробляє компанія ПП «БТУ–Центр» (Україна). (https://btu-center.com/mikofrend-r**)**

- **Блу N (BlueN).** Інноваційний мікробіологічний препарат на основі ендофітних азотфіксуючих бактерій *Methylobacterium symbioticum*, здатних заселяти внутрішні тканини рослин і фіксувати атмосферний азот безпосередньо у листковому апараті. На відміну від традиційних ґрунтових азотфіксаторів, дія препарату реалізується у надземній частині рослин, що забезпечує стабільніше надходження азоту незалежно від ґрунтових умов. Застосування препарату дозволяє частково компенсувати мінеральне азотне живлення на рівні 30–60 кг/га д.р. азоту, підвищує інтенсивність фотосинтезу та сприяє кращому росту і розвитку рослин. Колонізація рослин відбувається протягом 7–14 діб після обробки, забезпечуючи тривалий ефект азотфіксації упродовж вегетації. Використання препарату сприяє підвищенню врожайності

на 5–15%, покращує фізіологічний стан рослин, підвищує їх стійкість до стресових умов. Компанія-оригінатор Corteva.
(https://www.corteva.com/ua/products-and-solutions/crop-protection/blue-n.html)

Добрива і препарати вносили згідно схеми досліджень.

У досліді 1 мікрогранульовані добрива та амофос вносили локально безпосередньо у рядок під час сівби за допомогою спеціального туковисівного механізму сівалки. Механізм забезпечував рівномірне дозоване подавання добрив у зону висіву насіння, що сприяло їх локалізації поблизу кореневої системи рослин у початкові фази розвитку.

У досліді 2 гранульований мікоризний препарат (Біонорма Мікориза) вносили локально під час сівби через туковисівний апарат сівалки у зону розміщення насіння. Розміщення гранул у безпосередній близькості до насіння сприяло ефективнішій колонізації ризосфери корисними мікроорганізмами Такий спосіб внесення забезпечував рівномірний розподіл препарату у рядку та підвищував ефективність його використання. Препарати (Great White Granular One, Біофосфорин, Мікофренд) вносили у формі робочого розчину мікробіологічного препарату локально під час сівби через рідинну систему сівалки, що функціонує за принципом технології РКД. Такий спосіб внесення забезпечував рівномірне надходження препарату безпосередньо у зону розміщення насіння, що сприяло ефективнішому контакту мікроорганізмів із проростком і кореневою системою рослин на початкових етапах органогенезу. Використання рідинної системи сівалки дозволяло поєднати процес сівби та локального внесення біопрепарату в одному технологічному циклі, забезпечуючи точність дозування та мінімізацію втрат робочого розчину. Препарат Блу N вносили позакоренево шляхом обприскування вегетуючих рослин соняшнику у фазі ВВСН 30. Робочий розчин готували безпосередньо перед внесенням та вносили у ранкові години за сприятливих гідротермічних умов з метою забезпечення ефективної колонізації рослин азотфіксувальними бактеріями.

Загальна площа ділянки варіанту 25 м^2, облікова 10 м^2, повторність досліду – триразова. Поле закладки дослідів вирівняне, без схилів і ерозійних формувань.

Агротехніка вирощування культури в досліді відповідала загальноприйнятій технології, рекомендованій для ґрунтово-кліматичних умов Західного Лісостепу України, за винятком елементів, що були включені до схеми досліду як досліджувані фактори. Попередником соняшнику у польовому досліді була пшениця озима.

Після збирання попередника проводили лущення стерні дисковими агрегатами у двох напрямках на глибину близько 8 см. Для кращого загортання післяжнивних решток та часткового знищення сходів бур’янів здійснювали повторне дискування на глибину 10 см. Основний обробіток ґрунту виконували шляхом оранки на глибину 25 см.

Навесні проводили боронування з метою закриття вологи та вирівнювання поверхні ґрунту. Подальша підготовка ґрунту передбачала проведення основної культивації на глибину 12 см. Перед сівбою виконували передпосівну культивацію, що забезпечувало формування оптимального посівного ложа та створювало сприятливі умови для проростання насіння і формування дружних сходів соняшнику.

Норма висіву 70 тис. насінин/га.

Систему захисту посівів соняшника від бур’янів реалізовували за схемою послідовного застосування гербіцидів. Відразу після сівби вносили ґрунтовий гербіцид Аспект Про (2,3 л/га), який забезпечував превентивне пригнічення проростків бур’янів до появи сходів культури. У фазі ВВСН 14 проводили страховий обробіток гербіцидом Експрес (40 г/га) з прилипачем Віволт (0,2 л/га). Через 7 діб здійснювали окреме внесення граміниціду Агіл (1,0 л/га) для знищення злакових бур'янів з дотриманням регламентованого інтервалу між обробіткам. До бакової суміші включали інсектицид контактно-системної дії, що дозволило суміщати захист від злакових бур’янів і шкідників в одному технологічному проході. Фунгіцидний захист проводили у фазі початку

цвітіння (ВВСН 61) препаратом Піктор (0,5 л/га), що забезпечувало надійне запобігання розвитку *Sclerotinia sclerotiorum*, *Botrytis cinerea* та інших хвороб в період максимальної вразливості генеративних органів.

Закладання та ведення польових дослідів, відбір рослинних зразків і їх підготовку до лабораторного аналізу здійснювали відповідно до чинних методичних рекомендацій та вимог державних стандартів (ДСТУ). Упродовж вегетаційного періоду у ключові фази росту і розвитку рослин проводили біометричні обліки, під час яких визначали висоту рослин, площу листкової поверхні, діаметр стебла, діаметр кошика, а також динаміку наростання надземної біомаси соняшнику.

У процесі виконання досліджень застосовували комплекс загальноприйнятих наукових і спеціальних методів, що використовуються в агрономічних дослідженнях. До спеціальних методів належали: польовий, біоморфологічний, лабораторний та порівняльно-розрахунковий.

Польовий метод передбачав вивчення взаємодії рослин соняшнику з біотичними та абіотичними факторами середовища в умовах зони проведення досліджень.

Біоморфологічні дослідження проводили з метою визначення основних біометричних показників рослин та їх морфологічних і біологічних особливостей.

Лабораторні методи включали хімічні аналізи для визначення вмісту олії в насінні, а також фізичні методи оцінювання показників фізичної якості насіння.

Порівняльно-розрахункові методи застосовували для визначення економічної та енергетичної ефективності елементів технології вирощування.

Для всебічної оцінки впливу мінеральних добрив і мікробіологічних препаратів на ріст і розвиток рослин соняшнику, особливості мінерального живлення, формування врожайності і показників якості продукції польові досліди супроводжувалися комплексом основних і допоміжних спостережень та аналітичних досліджень.

Визначення польової схожості насіння проводили у фазі повних сходів шляхом підрахунку кількості рослин, що зійшли, на облікових майданчиках площею 10 м^2. Облікова ділянка мала прямокутну форму з розмірами 7 м у довжину та 1,5 м у ширину, що забезпечувало можливість проведення точного обліку густоти сходів.

Фенологічні спостереження за ростом і розвитком рослин соняшнику проводили відповідно до методики державного сортовипробування сільськогосподарських культур. Для цього на дослідних ділянках виділяли постійні облікові місця, де фіксували строки настання основних фаз розвитку рослин. Початком настання певної фенофази вважали момент, коли її ознаки проявлялися у 15 % рослин, тоді як повну фазу реєстрували за досягнення відповідного стану 75 % рослин.

Динаміку лінійного росту рослин визначали шляхом вимірювання їх висоти у основні фази вегетації. Для цього на кожному варіанті відбирали по 10 типових рослин і проводили вимірювання їх висоти у триразовому повторенні.

Визначення динаміки формування площі листкової поверхні проводили методом висічок відповідно до методики А. О. Ничипоровича (1966) [108]. із наступним розрахунком за формулою:

$$S = \frac{K*Y}{P} * B, \quad (2.1)$$

де: S – площа листкової поверхні, м^2;

K – кількість висічок, шт.;

Y – площа однієї висічки, см^2;

B – маса листків, г.

Показники фотосинтетичної діяльності рослин визначали розрахунковим методом. Фотосинтетичний потенціал:

$$Фп = \frac{S_1 + S_2}{2} * T, \quad (2.2)$$

де: S_1 – площа листкової поверхні, м^2;

S_2 – площа листкової поверхні, м^2;

T – період між фазами, днів.

Чиста продуктивність фотосинтезу – це кількість органічної речовини, яку утворює за 1 добу 1м^2 листової поверхні. То ж математично матимемо:

$$ЧПФ = \frac{М_2 - М_1}{ЧП}, \quad (2.3)$$

де: $М_1$ – маса сухої речовини на початку періоду, г/га;

$М_2$ – маса сухої речовини в кінці періоду, г/га;

ЧП – фотосинтетичний потенціал, м^2/га*днів.

Вміст рухомих форм NPK у ґрунті визначали у шарі 0–30 см. Вміст легкогідролізного азоту визначали методом Корнфілда (ДСТУ 7863:2015), рухомого фосфору та обмінного калію – за Чириковим (ДСТУ 4115-2002).

Збирання врожаю насіння соняшнику здійснювали вручну з усієї площі облікових ділянок. Отримані показники врожайності надалі переводили у тонни з гектара з урахуванням стандартної вологості та приведенням до 100 % чистоти продукції. У середній пробі визначали основні показники якості насіння, зокрема масу 1000 насінин та натуру. Для встановлення маси насіння з одного кошика з кожного відібраного кошика повністю відокремлювали насіння, після чого його зважували на лабораторних вагах. Вологість насіння за варіантами польового досліду визначали за допомогою зернового вологоміра WILE−55. Хімічні аналізи по визначенню показників якості продукції робили у сертифікованій лабораторії агрохімії та аналітичних досліджень Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН (Свідоцтво № РЛ 009/22, від 07.02.2022 р., видане ДП «Львівстандартметрологія»). З кожного отриманого зразка визначали натуру з використанням пурки на 1000 мл (ДСТУ 10840:2019), масу 1000 насінин (ДСТУ 4138–2002), олійність, білок, клітковина (ДСТУ 7491:2013 методом інфрачервоної спектроскопії) та розрахунково збір олії та білка з гектару.

Економічну ефективність застосування досліджуваних препаратів і мінеральних добрив визначали шляхом порівняння величини виробничих витрат і вартості отриманої продукції з використанням програмного

забезпечення Microsoft Excel. Під час розрахунків орієнтувалися на актуальні ринкові ціни, що склалися станом на кінець 2025 року.

Біоенергетичну оцінку ефективності застосування добрив проводили відповідно до методичних підходів, запропонованих О. К. Медведовським, П.І. Іваненком [190]. Математичну обробку результатів польових досліджень для встановлення достовірності відмінностей між варіантами, а також для визначення наявності й сили кореляційних зв'язків виконували із застосуванням комп'ютерних програм відповідно до загальноприйнятих статистичних методик [108; 190; 302; 303].

2.4. Характеристика гібриду соняшника Х4219

Оригінатором гібриду соняшнику Х4219 є міжнародна селекційна компанія Nuseed, що спеціалізується на створенні високопродуктивних гібридів олійних культур із підвищеною адаптивністю до різних ґрунтово-кліматичних умов вирощування. Гібрид Х4219 внесено до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні у 2018 році.

За біологічними особливостями гібрид належить до середньоранньої групи стиглості та відноситься до гібридів середньоінтенсивного типу. Він характеризується високою екологічною пластичністю та здатністю формувати стабільний врожай у різних умовах вирощування, у тому числі за дії абіотичних стресових факторів. Гібрид придатний для вирощування за технологією ExpressSun, що передбачає генетично зумовлену стійкість рослин до гербіцидів на основі трибенурон-метилу (Express®) із нормою застосування до 50 г/га.

Морфологічні особливості гібриду сприяють його стійкості до несприятливих умов середовища. Рослини формують напівнахилений кошик, що зменшує накопичення вологи в зоні суцвіття та знижує ризик розвитку грибних захворювань у періоди підвищеної вологості. Стебло міцне, відносно невисоке, що забезпечує добру стійкість рослин до вилягання та сприяє збереженню продуктивного стеблостою до періоду збирання. Середня висота

рослин становить 165–175 см, що створює оптимальне співвідношення між вегетативною масою та генеративними органами. За комплексом господарсько-цінних ознак гібрид характеризується значним потенціалом продуктивності. Інтенсивність початкового росту, вирівняність цвітіння та толерантність до посушливих умов оцінюються на рівні 8 балів за десятибальною шкалою, що свідчить про високу енергію росту та здатність формувати рівномірний агроценоз. Важливою особливістю є висока інтенсивність вологовіддачі насіння (9 балів), що сприяє швидшому досягненню кондиційної вологості й зменшує витрати на післязбиральне досушування.

Стійкість до полягання оцінюється на рівні 8 балів. Гібрид характеризується достатнім рівнем стійкості до основних хвороб соняшнику. Зокрема, толерантність до вовчка становить 5 балів, до несправжньої борошнистої роси – 5 балів, до білої гнилі – 6 балів, а до фомопсису – 7 балів, що свідчить про середній і підвищений рівень резистентності до поширених патогенів культури. Тривалість вегетаційного періоду гібриду становить у середньому 110–115 днів, що дає змогу ефективно вирощувати його в різних ґрунтово-кліматичних зонах. За сприятливих умов потенційна врожайність насіння може досягати 3,4–4,9 т/га, тоді як вміст олії у насінні коливається в межах 49–51 %. Оптимальна густота стояння рослин перед збиранням становить 45–55 тис. рослин на гектар, що забезпечує оптимальну площу живлення та сприяє повнішій реалізації потенціалу продуктивності.

Таким чином, сукупність біологічних, морфологічних і господарсько-цінних ознак гібриду Х4219 свідчить про його високий адаптивний потенціал, технологічність вирощування та здатність забезпечувати стабільний рівень урожайності й якості насіння в умовах сучасного аграрного виробництва.

Висновки до розділу 2

1. Дослідна ділянка розташована в умовах Західного Лісостепу України на темно-сірому опідзоленому легкосуглинковому ґрунті з типовими для

регіону агрофізичними та агрохімічними властивостями. Репрезентативність ґрунтово-кліматичних умов дослідного майданчика дозволяє екстраполювати отримані результати на значну частину зони Західного Лісостепу України.

2. Метеорологічні умови в роки проведення досліджень загалом відповідали біологічним потребам соняшнику за температурним режимом, однак характеризувалися суттєвою нерівномірністю зволоження. Найбільш збалансованим за співвідношенням тепла і вологи виявився 2024 рік, тоді як 2023 і 2025 роки відзначалися чергуванням посушливих та надмірно зволожених періодів, що відображає сучасні тенденції кліматичної мінливості.

3. Дослідження проводили із застосуванням загальноприйнятих польових, лабораторних і аналітичних методів агрономічної науки. Схеми дослідів передбачали вивчення ефективності різних форм мінеральних добрив та мікробіологічних препаратів, які вносили локально в зону висіву насіння або позакоренево у відповідні фази розвитку рослин. Математичну обробку експериментальних даних здійснювали із застосуванням дисперсійного та кореляційного аналізу, що забезпечило статистичну достовірність отриманих результатів.

4. У дослідженнях використано середньоранній гібрид соняшнику Х4219 селекції Nuseed, який характеризується високою екологічною пластичністю, стійкістю до абіотичних стресів і стабільною продуктивністю в умовах Західного Лісостепу України.

Результати досліджень за розділом 2 викладено у публікаціях [7; 8; 17; 71; 122; 345; 380].

Розділ 3. ВПЛИВ ФОРМ ДОБРИВ ТА МІКРОБІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ НА ҐРУНТОВІ ПРОЦЕСИ ТА ЖИВЛЕННЯ РОСЛИН

Ефективність живлення соняшнику значною мірою залежить від форм мінеральних добрив і мікробіологічних препаратів, які впливають на перебіг ґрунтових процесів, трансформацію елементів живлення та їх доступність для рослин. Хімічна форма і ступінь розчинності добрив визначають швидкість надходження поживних речовин у ґрунтовий розчин, тоді як спосіб внесення регулює міграцію елементів та ефективність їх використання кореневою системою. Водночас мікробіологічні препарати активізують біологічну активність ґрунту. Формування мікоризних і асоціативних симбіозів покращує використання рослинами ґрунтової вологи й елементів живлення, що особливо важливо в умовах нестійкого зволоження західного Лісостепу України.

3.1. Динаміка вмісту макроелементів в ґрунті упродовж вегетаційного періоду залежно від системи удобрення

Динаміка макроелементів у ґрунті впродовж вегетації соняшнику є інтегральним відображенням не лише агрохімічного стану орного горизонту, а й функціональної ефективності системи удобрення в цілому. Отримані дані переконливо засвідчують: ні загальна норма добрив, ні спосіб їх внесення окремо не визначають оптимальності поживного режиму темно-сірого опідзоленого ґрунту − вирішальним є їх поєднання, що забезпечує просторово-часову відповідність між надходженням елементів і потребою рослин у критичні фази органогенезу.

На контролі без удобрення вихідний вміст легкогідролізного азоту становив 107 мг/кг ґрунту − рівень, що характеризує ґрунт як низько забезпечений (за Корнфілдом). Упродовж вегетації відзначалася стійка регресивна динаміка: у фазі формування листків (ВВСН 16) – 95 мг/кг, у фізіологічній стиглості – 89 мг/кг (табл. 3.1). Аналогічна тенденція

простежувалася для рухомого фосфору (з 87до 76 мг/кг ґрунту) та обмінного калію (з 92 до 67 мг/кг ґрунту). Сукупне зниження концентрації всіх трьох макроелементів упродовж вегетаційного періоду засвідчує інтенсивне господарське виснаження ґрунту за умов відсутності компенсаційного удобрення, при цьому темпи деградації калійного режиму − найвищі, що узгоджується з відомою специфікою мінерального живлення соняшнику як культури з підвищеним виносом калію.

Застосування повного мінерального удобрення у нормі $N_{60}P_{60}K_{60}$ кардинально змінило характер динаміки макроелементів. У фазі ВВСН 16 вміст азоту зріс до 129 мг/кг, рухомого фосфору до 112 мг/кг, обмінного калію до 105 мг/кг, що перевищувало контроль відповідно на 35,8; 23,1 та 26,5 %. Формування локально насиченої зони живлення стимулювало активний розвиток кореневої системи та посилювало поглинання елементів у ранні фази розвитку. Водночас у другій половині вегетації тенденція до зниження концентрації елементів зберігалася, що відображає об'єктивно високі потреби соняшнику у період закладання й наливу насіння і вказує на обмеженість фонового удобрення без стартової підтримки. Внесення стартових добрив без фону забезпечувало помірний, але стабільний ефект. У варіантах з амофосом вміст азоту у фазі ВВСН 16 становив 113–117 мг/кг, фосфору 103–106 мг/кг, калію 91–93 мг/кг ґрунту. Суттєво вищі показники демонстрували мікрогранульовані добрива: у шостому варіанті рухомий фосфор сягав 111 мг/кг, обмінний калій – 101 мг/кг ґрунту. Перевага мікрогранульованих добрив над традиційними аналогами зумовлена принципово іншою просторовою організацією їх дії − висока концентрація поживних речовин у безпосередній близькості до насіння та первинних коренів різко підвищує ймовірність контакту кореня з доступною формою фосфору саме тоді, коли дифузійна здатність слаборозвиненої кореневої системи є мінімальною. Це відповідає концепції так званого «стартового ефекту» − критичної залежності раннього розвитку рослин від локальної забезпеченості фосфором незалежно від його загальних запасів у ґрунті.

Таблиця 3.1 – Динаміка макроелементів в ґрунті упродовж вегетаційного періоду соняшника залежно від системи удобрення, мг/кг ґрунту (середнє за 2023-2025 роки)

Варіант	До сівби			Формування листків (ВВСН 16)			Цвітіння (ВВСН 65)			Фізіологічна стиглість (ВВСН 87)		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
1. Без удобрення – контроль	107	97	92	95	91	83	93	87	75	89	76	67
2. $N_{60}P_{60}K_{60}$ – фон (НАФ)				129	112	105	120	103	98	107	87	83
3. $N_{2,2}P_{10,1}$ (АФ)				113	103	91	109	96	85	103	80	75
4. $N_{4,4}P_{20,2}$ (АФ)				117	106	93	112	98	87	101	83	76
5. $N_{2,2}P_{9,4}$ (МГД)				114	109	96	110	99	89	103	85	76
6. $N_{4,4}P_{18,8}$ (МГД)				115	111	101	112	100	93	111	86	81
7. Фон + $N_{2,2}P_{10,1}$ (АФ)				127	114	115	116	101	106	112	89	90
8. Фон + $N_{4,4}P_{20,2}$ (АФ)				130	116	107	118	107	107	113	90	95
9. Фон + $N_{2,2}P_{9,4}$ (МГД)				132	120	111	121	108	109	115	93	98
10. Фон + $N_{4,4}P_{18,8}$ (МГД)				136	123	117	124	111	113	117	95	105

Найвищий рівень поживного режиму зафіксовано у варіантах, де фонове удобрення $N_{60}P_{60}K_{60}$ поєднувалося з локальним стартовим внесенням мікрогранульованими добривами. У фазі ВВСН 16 десятий варіант забезпечував максимальні концентрації серед усіх варіантів досліду: азоту – 136 мг/кг, рухомого фосфору – 121 мг/кг, обмінного калію – 117 мг/кг. Принципово важливо, що й у фазі фізіологічної стиглості, ґрунт цього варіанта зберігав статистично найвищу забезпеченість макроелементами − відповідно 117, 95 і 102 мг/кг ґрунту. Такий характер динаміки свідчить не лише про більший вихідний резерв доступних елементів, а й про їх більш рівномірне, фізіологічно узгоджене надходження до рослин упродовж усього вегетаційного сезону. Аналіз амплітуди коливань концентрацій між критичними фазами розкриває ще один вимір ефективності комбінованої системи удобрення. На контролі вміст обмінного калію від фази розвитку листків до фізіологічної стиглості знизився на 25,0 % від вихідного рівня; у варіанті десятому зниження склало лише 12,8 % − попри значно вищий абсолютний рівень споживання. Це відображає якісно іншу буферну ємність системи: поєднання фонового та стартового локального живлення забезпечує пролонговану дію добрив і знижує ризик різкого дефіциту в найбільш критичні для формування врожаю терміни.

Отримані результати дають підстави стверджувати, що локальне внесення мікрогранульованих добрив на фоні повного мінерального удобрення є не просто сумативним поєднанням двох агрозаходів, а синергетичною системою, яка усуває ключові лімітуючі фактори різних етапів вегетації одночасно: дефіцит легкодоступного фосфору у фазі проростання та дефіцит азоту й калію у репродуктивний період. Саме така система удобрення формує передумови для повної реалізації продукційного потенціалу соняшнику в едафічних умовах Західного Лісостепу України.

Лінійна математична та графічна моделі парної кореляції стану асиміляційного апарату соняшника за показниками N-тестера із вмістом легкогідролізного азоту в ґрунті (рис. 3.1) показують високу репрезентативність

оцінювання потенціалу живлення культури (r = 0,892 за n=10) за допомогою цього польового приладу.

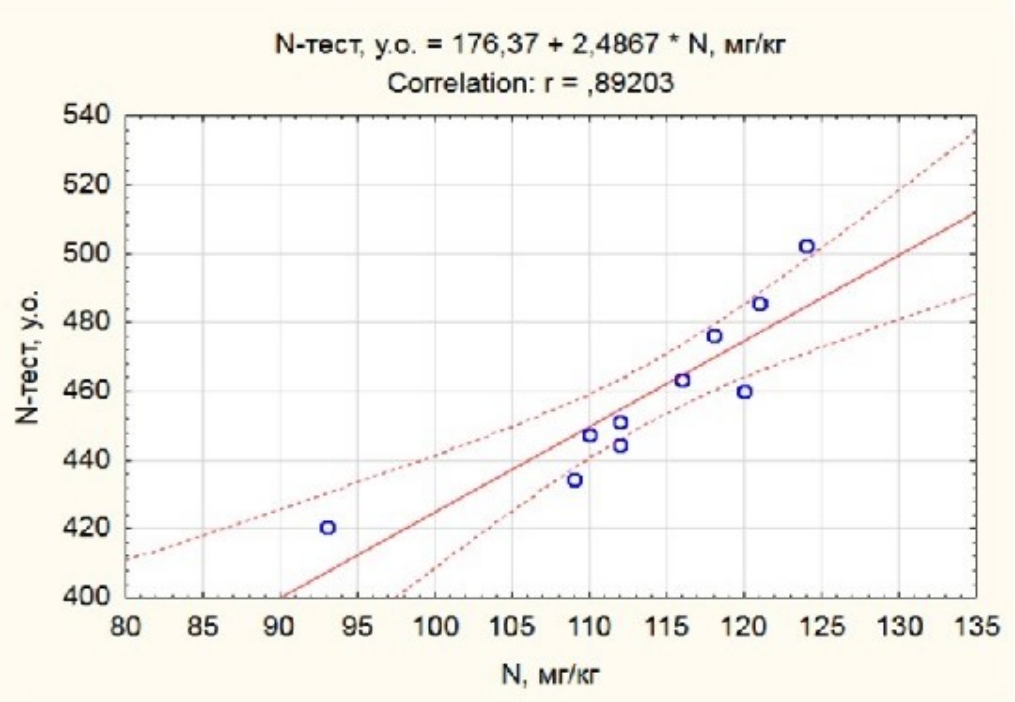


Рис. 3.1. Лінійна кореляція між станом асиміляційного апарату соняшника та запасами легко гідролізного азоту в ґрунті за різних систем удобрення

Це свідчить про суттєву роль азотного живлення у формуванні функціонального стану асиміляційного апарату соняшнику. Зі зростанням запасів доступного азоту від 90–95 до 120–125 мг/кг значення N-тестера підвищувалися від 420 до 500 умовних одиниць, що вказує на інтенсифікацію синтезу хлорофілу та фотосинтетичної активності рослин. Рівняння регресії ($y = 176,37 + 2,4867x$, $R^2 = 0,796$) показує, що збільшення вмісту легкогідролізного азоту на 1 мг/кг супроводжується зростанням показника N-тестера на 2,49 у.о. Решта дисперсії (20,4 %) відображає вплив водного режиму, температурного стресу та генотипових особливостей гібридів. Отримана залежність підтверджує інформативність N-тестера як прямого експрес-індикатора азотного статусу соняшнику. За значень приладу нижче 440 у.о. доцільне підживлення азотними добривами для забезпечення оптимального перебігу фотосинтетичних процесів.

3.2. Динаміка макроелементів в ґрунті упродовж вегетаційного періоду залежно від мікробіологічних препаратів

У дослідженнях В. Ф. Камінського, І. М. Малиновської, І. К. Курдиш, H. A. Pantigoso та ін. [132; 168; 410; 411; 437] показано, що ризосферні мікробіологічні угруповання визначають доступність елементів живлення, мобілізацію важкодоступних сполук і формування загальної біологічної активності ґрунту. Роль мікроорганізмів у первинних процесах формування ґрунтової родючості, розвитку функціональних зв'язків між окремими групами мікробіоти та підтриманні агрономічно цінних властивостей ґрунту детально висвітлена у працях В. В. Волкогона та інших дослідників [48; 49; 51].

Аналіз даних таблиці 3.2 свідчить, що застосування мікробіологічних препаратів суттєво впливало на динаміку вмісту макроелементів у ґрунті впродовж вегетації соняшнику. Загальною закономірністю для всіх варіантів було поступове зниження концентрації мінерального азоту, рухомого фосфору та обмінного калію від фази формування листків до фізіологічної стиглості, що обумовлено інтенсивним поглинанням елементів живлення рослинами та їх іммобілізацією у процесах формування вегетативної й генеративної маси. Разом із тим характер і швидкість виснаження поживного режиму істотно диференціювалися залежно від застосованого препарату, що вказує на якісні відмінності у механізмах їхнього впливу на ґрунтово-мікробіологічні процеси.

На контрольному варіанті без біопрепаратів (фон $N_{60}P_{60}K_{60}$) уже у фазі ВВСН 16 вміст азоту становив 103 мг/кг, фосфору – 81 мг/кг, калію – 81 мг/кг ґрунту, а до фізіологічної стиглості ці показники знизилися відповідно до 87, 71 і 68 мг/кг. Така тенденція відображає прогресуюче виснаження доступних форм елементів живлення внаслідок активного споживання соняшником та обмеженої здатності ґрунту компенсувати їх винесення за відсутності додаткової біологічної мобілізації. Найбільш виражений і комплексний вплив на поживний режим ґрунту забезпечив варіант із застосуванням препарату Біофосфорин (варіант 4).

Таблиця 3.2 – Динаміка макроелементів в ґрунті упродовж вегетаційного періоду соняшника залежно від препаратів, мг/кг ґрунту (середнє за 2023-2025 роки)

Варіант	До сівби			Формування листків (ВВСН 16)			Цвітіння (ВВСН 65)			Фізіологічна стиглість (ВВСН 87)		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
1. Фон ($N_{60}P_{60}K_{60}$) – контроль без препарату	101	78	75	103	81	81	92	76	75	87	71	68
2. Фон + Great White Granular One				108	86	85	105	80	79	91	74	73
3. Фон + Біонорма Мікориза				112	84	86	109	80	80	93	75	75
4. Фон + Біофосфорин				116	88	105	111	85	97	98	81	87
5. Фон + Мікофренд				114	84	88	108	78	76	91	73	77
6. Фон + Блу N				113	89	85	106	81	81	104	76	73
7. Фон + Great White Granular One + Блу N				109	84	94	102	73	88	92	78	79
8. Фон + Біонорма Мікориза + Блу N				111	88	90	109	77	86	98	74	74
9. Фон + Біофосфорин + Блу N				110	90	94	108	82	82	102	78	76
10. Фон + Мікофренд + Блу N				115	91	98	113	84	89	106	80	84

Уже у фазі формування листків вміст мінерального азоту зростав до 116 мг/кг, що на 15 мг/кг перевищувало контроль, а концентрація рухомого фосфору і калію досягала відповідно 88 і 105 мг/кг. Принципово важливо, що навіть у фазі цвітіння цей варіант зберігав найвищі показники забезпеченості ґрунту елементами живлення – 111 мг/кг азоту, 85 мг/кг фосфору та 97 мг/кг калію, − що свідчить про пролонговану мікробіологічну активність у ризосфері. Такий ефект пояснюється діяльністю фосфат- та каліймобілізувальних бактерій *Bacillus megaterium*, які продукують органічні кислоти та фосфатази, що переводять важкодоступні фосфатні сполуки у засвоювані рослинами форми. Паралельно посилення мікробної активності ризосфери стимулювало мінералізацію органічної речовини та трансформацію азотовмісних сполук у доступні мінеральні форми.

Подібну, хоча дещо менш виражену, тенденцію спостерігали за використання Біонорми Мікориза та Мікофренду (3 і 5 варіанти). У цих варіантах у фазі ВВСН 16 вміст азоту становив відповідно 112–114 мг/кг, що перевищувало контроль на 11–13 мг/кг. Рівень фосфору та калію також залишався вищим, ніж у контролі, особливо у варіанті з Мікофрендом, де вміст калію досягав 88 мг/кг. Отримані результати узгоджуються з відомими механізмами функціонування арбускулярної мікоризи, яка, розширюючи ефективний об’єм кореневої поглинальної зони за рахунок гіфальної мережі, забезпечує доступ рослин до важкодоступних форм фосфору і калію за межами зони виснаження ризосфери. Мікоризні асоціації додатково стабілізують поживний режим ґрунту через регуляцію ризосферного pH та секрецію біологічно активних метаболітів.

Застосування препарату Блу N (варіант 6) характеризувалося специфічним і переважно азотоспрямованим впливом як на рослину, так і на поживний режим ґрунту. У фазі фізіологічної стиглості вміст мінерального азоту у цьому варіанті становив 104 мг/кг − найвищий показник серед усіх одинарних препаратів, що на 17 мг/кг перевищував контроль. Такий ефект обумовлений здатністю бактерій роду *Methylobacterium* до асоціативної

діазотрофії − біологічної фіксації молекулярного азоту атмосфери з подальшим його включенням у біологічний кругообіг агроекосистеми. Це забезпечувало підтримання азотного живлення рослин навіть у пізні фази органогенезу, коли запаси ґрунтового азоту традиційно вичерпуються. Вплив препарату на фосфорний і калійний режими залишався менш вираженим, що підтверджує його функціональну специфічність як азотфіксувального агента.

Найвищі показники серед комбінованих варіантів отримано у десятому варіанті, де у фазі ВВСН 16 вміст азоту, фосфору та калію становив відповідно 115, 91 і 98 мг/кг ґрунту, а у фазі фізіологічної стиглості − 106, 80 і 84 мг/кг. Порівняно з контролем перевищення становило 19 мг/кг за азотом, 9 мг/кг за фосфором та 16 мг/кг за калієм. Отриманий результат є закономірним наслідком синергічної взаємодії між функціонально різноспрямованими мікроорганізмами: азотфіксувальні бактерії *Methylobacterium* забезпечували надходження біологічного азоту, мікоризні гриби розширювали поглинальну зону кореневої системи, а фосфатмобілізувальні мікроорганізми підвищували доступність мінеральних фосфатів, − що у сукупності формувало оптимальний поживний режим ґрунту впродовж усієї вегетації.

Таким чином, результати досліджень переконливо свідчать, що мікробіологічні препарати не лише безпосередньо стимулюють поглинання елементів живлення рослинами, а й кардинально трансформують агрохімічний стан ризосфери соняшнику на рівні ґрунтово-мікробіологічних процесів. Їх застосування сповільнювало виснаження доступних форм макроелементів, підтримувало стабільніший поживний режим у критичні фази росту й розвитку культури та створювало передумови для кращої реалізації потенціалу мінерального удобрення в ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу України.

Подана тривимірна регресійна модель характеризує залежність урожаю насіння соняшника від умісту в ґрунті легкогідролізного азоту (N) та рухомих фосфатів (P_2O_5). Поверхня регресії має виражений криволінійний характер (рис. 3.2), що свідчить про складну взаємодію між цими агрохімічними

показниками у процесі формування продуктивності культури. Графічна модель демонструє загальну тенденцію до підвищення врожайності зі збільшенням умісту азоту та фосфору в ґрунті. У зоні низьких значень обох факторів (N ≈ 90–96 мг/кг і P_2O_5 ≈ 72–76 мг/кг) формується мінімальний рівень урожаю приблизно 2,7–3,2 т/га.

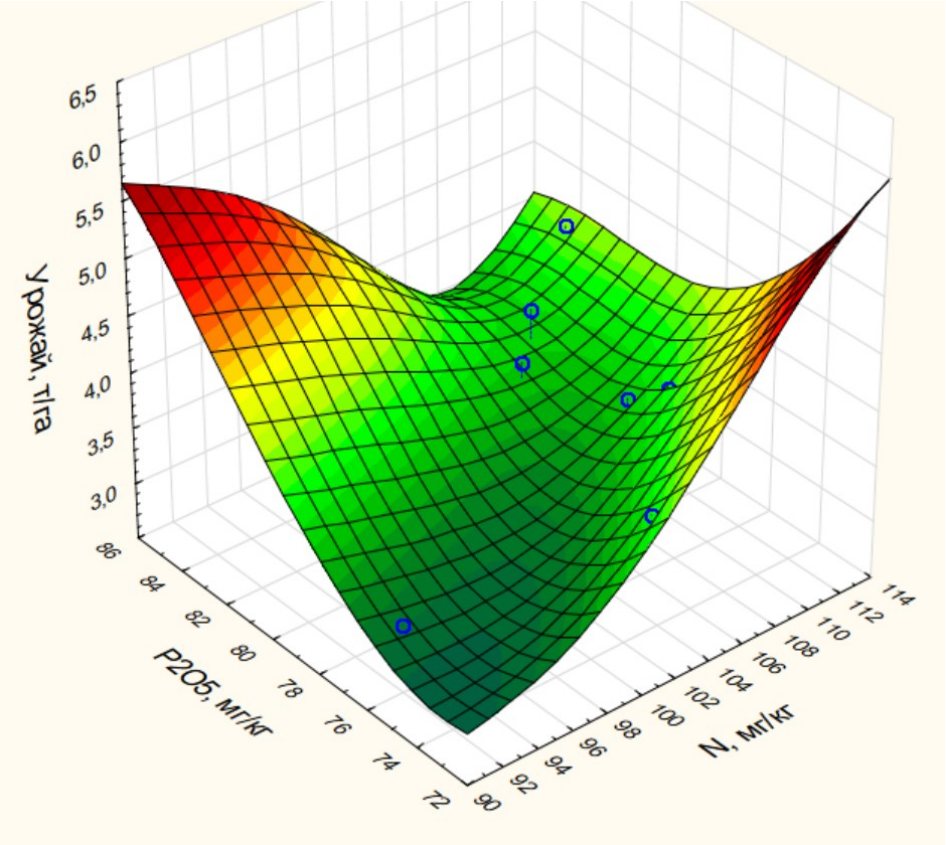


Рис. 3.2. Регресійна 3В-модель зв'язку урожаю насіння соняшника (т/га) з умістом в ґрунті легкогідролізного азоту (N, мг/кг) та рухомих фосфатів (P_2O_5, мг/кг) за використання мікробіологічних препаратів

Зі збільшенням концентрації легкогідролізного азоту до 104–114 мг/кг спостерігаємо істотне зростання врожайності. Одночасне підвищення вмісту рухомих фосфатів до 82–86 мг/кг також позитивно впливає на продуктивність соняшника, оскільки фосфор покращує розвиток кореневої системи, енергетичний обмін і процеси наливу насіння. Поверхня моделі має хвилеподібний характер, що вказує на наявність взаємодії між факторами. За нестачі одного з елементів ефективність іншого знижується. Наприклад, навіть

за високого вмісту азоту врожайність не досягає максимальних значень при низькому рівні рухомих фосфатів.

Висновки до розділу 3

1. Встановлено, що оптимальний поживний режим темно-сірого опідзоленого ґрунту забезпечувався поєднанням фонового удобрення $N_{60}P_{60}K_{60}$ із локальним внесенням мікрогранульованих добрив. У десятому варіанті (фон + $N_{4,4}P_{18,8}$ (МГД) вміст рухомих форм азоту, фосфору і калію у фазі ВВСН 16 становив 136, 123 і 117 мг/кг ґрунту відповідно − що перевищувало показники контрольного варіанту на 18–24 %. До фази фізіологічної стиглості концентрація елементів знизилась до 117, 95 і 105 мг/кг ґрунту, проте залишалась найвищою серед усіх варіантів досліду.

2. Застосування мікробіологічних препаратів забезпечувало стабілізацію поживного режиму ґрунту та статистично значуще сповільнення темпів зниження вмісту доступних форм макроелементів ($p < 0,05$). Серед монопрепаратів найвищу ефективність виявив Біофосфорин (варіант 4): вміст азоту, фосфору і калію у фазі ВВСН 16 становив 116, 88 і 105 мг/кг ґрунту, а у фазі цвітіння незначно знизилась − 111, 85 і 97 мг/кг відповідно, що свідчить про мінімальне виснаження поживного фонду (–4,3–5,2 % за міжфазний період). Максимальні показники серед комбінованих варіантів зафіксовано за сумісного застосування Мікофренду і Блу N (варіант 10): вміст азоту, фосфору і калію у фазі фізіологічної стиглості досягав 106, 80 і 84 мг/кг ґрунту. Це пояснюється синергічною взаємодією мікроорганізмів, які спільно розширюють поглинальну поверхню кореневої системи, інтенсифікують трансформацію важкодоступних сполук фосфору та підтримують стабільне постачання азоту через біологічну фіксацію.

Результати досліджень за розділом 3 викладено у публікаціях [12; 16].

Розділ 4. ОСОБЛИВОСТІ АРХІТЕКТОНІКИ, РОСТУ Й РОЗВИТКУ СОНЯШНИКА ЗАЛЕЖНО ВІД ВПЛИВУ УДОБРЕННЯ ТА МІКРОБІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ

Архітектоніка рослин соняшнику є динамічною системою морфологічних ознак. Вона формується під сукупним впливом генетичного потенціалу гібриду та зовнішніх агротехнічних чинників, серед яких особлива роль належить мінеральному живленню і застосуванню мікробіологічних препаратів. Просторова організація рослини, висота і товщина стебла, розміщення та площа листків, розвиток кореневої системи, розміри кошика, не є сталою величиною, а змінюється залежно від рівня забезпеченості елементами живлення на кожному етапі онтогенезу. Застосування мікробіологічних препаратів суттєво розширює можливості регуляції ростових процесів. Мікробіологічні інокулянти здатні активувати кореневу діяльність, поліпшити засвоєння поживних речовин із ґрунту та підвищити інтенсивність фотосинтезу. При сумісному застосуванні з мінеральними добривами біопрепарати нерідко виявляють синергічний ефект. Це проявляється у формуванні більш розвиненого листкового апарату, потужнішої кореневої системи і більшого кошика. Оптимальний рівень живлення позитивно відображається й на фенологічному розвитку культури. Сприяє рівномірності сходів, своєчасному настанню репродуктивних фаз і рівномірному дозріванню насіння, тоді як відхилення від нього порушує ритм органогенезу і може знижувати синхронність цвітіння в межах посіву.

4.1. Тривалість фаз росту й розвитку соняшника у роки досліджень

Мінеральні добрива та мікробіологічні препарати здатні суттєво модифікувати тривалість і характер проходження основних фаз онтогенезу соняшнику. Добрива безпосередньо регулюють інтенсивність метаболічних процесів і темпи органогенезу, забезпечуючи рослину необхідними елементами живлення на кожному етапі онтогенезу. Мікробіологічні препарати,

активізуючи ризосферну мікрофлору, підвищують біодоступність поживних речовин і додатково оптимізують умови живлення у критичні періоди росту. У сукупності ці чинники зумовлюють помітні зміни у тривалості та ритмічності проходження основних фенологічних фаз соняшнику.

4.1.1. Ріст і розвиток рослин залежно від удобрення

Азотне живлення, посилюючи синтез білків і нуклеїнових кислот, підтримує інтенсивний вегетативний ріст і може дещо відтягувати настання репродуктивних фаз. Фосфор і калій, натомість, відіграють ключову роль в енергетичному обміні та транспорті асимілятів, тому їх достатній рівень у ґрунті прискорює диференціацію генеративних органів і сприяє рівномірному дозріванню насіння.

Аналіз показників польової схожості насіння (табл. 4.1) свідчить про вплив форм добрив на початковий розвиток рослин соняшнику. Загалом польова схожість у досліді була високою та змінювалася в межах 88,1–90,9 %, що вказує на сприятливі умови для проростання насіння впродовж років досліджень. Разом із тим встановлено, що форми внесення добрив впливали на інтенсивність початкових ростових процесів і формування сходів. За дефіциту доступного фосфору та азоту знижувалася інтенсивність фізіолого-біохімічних процесів, необхідних для активного проростання насіння та формування проростків. Контрольний варіант характеризувався польовою схожістю на рівні 89,9 %, що свідчить про достатню природну забезпеченість ґрунту поживними речовинами на ранніх етапах розвитку культури.

У другому варіанті за внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ польова схожість становила 88,9 %, що практично не відрізнялося від контролю. Це свідчить про те, що за сприятливих умов проростання насіння вплив передпосівного удобрення на польову схожість був незначним. Водночас передпосівне внесення добрив створювало кращий поживний режим для подальшого росту і розвитку рослин. Особливо важливим у цей період є фосфор, який активізує енергетичні процеси

проростання, стимулює розвиток зародкових коренів і сприяє швидшому переходу рослин до автотрофного живлення.

Таблиця 4.1 – Польова схожість насіння залежно від удобрення, %

Варіант	Рік			Середнє
	2023	2024	2025	
1. Без удобрення – контроль	90,3	90,1	89,2	**89,9**
2. $N_{60}P_{60}K_{60}$ – фон (НАФ)	88,7	88,5	89,6	**88,9**
3. $N_{2,2}P_{10,1}$ (АФ)	88,4	88,3	87,6	**88,1**
4. $N_{4,4}P_{20,2}$ (АФ)	88,7	88,7	89,5	**89,0**
5. $N_{2,2}P_{9,4}$ (МГД)	88,7	90,5	91,2	**90,1**
6. $N_{4,4}P_{18,8}$ (МГД)	89,3	90,5	91,1	**90,3**
7. Фон + $N_{2,2}P_{10,1}$ (АФ)	87,9	88,1	88,5	**88,2**
8. Фон + $N_{4,4}P_{20,2}$ (АФ)	89,1	88,5	89,9	**89,2**
9. Фон + $N_{2,2}P_{9,4}$ (МГД)	89,8	91,6	89,2	**90,2**
10. Фон + $N_{4,4}P_{18,8}$ (МГД)	90,7	91,4	91,3	**91,1**

У третьому та четвертому варіантах застосування амофосу локально в рядок забезпечувало польову схожість на рівні відповідно 88,1 та 89,0 %. Локальне внесення концентрувало поживні елементи безпосередньо в зоні розвитку кореневої системи проростків. Водночас ефективність амофосу була дещо нижчою порівняно з мікрогранульованими добривами. Це пояснюється більшим розміром гранули (до 5 мм), через що добриво розподілялося менш рівномірно та створювало локальні зони підвищеної концентрації ґрунтового розчину. Крім того, великі гранули мали меншу площу контакту з ґрунтовою вологою, тому їх розчинення та перехід поживних елементів у доступні форми відбувалися повільніше. Підвищення норми амофосу до $N_{4,4}P_{20,2}$ дозволяло дещо покращити показники польової схожості, однак повністю не усувало зазначених обмежень.

Кращі результати були отримані у п’ятому та шостому варіантах із використанням мікрогранульованих добрив, де польова схожість становила

відповідно 90,1 та 90,3 %. Дрібна гранула розміром до 1,5 мм забезпечувала рівномірніше розміщення добрива у посівному шарі ґрунту. Завдяки більшій площі поверхні мікрогранули швидше взаємодіяли з ґрунтовою вологою, а поживні елементи швидше переходили у доступні форми. Важливо, що такі добрива створювали нижче локальне сольове навантаження порівняно з амофосом. Фосфор ставав доступним рослинам уже в перші дні після сівби, коли соняшник чутливий до дефіциту елементів живлення. Це сприяло активнішому формуванню кореневої системи та посиленню початкових ростових процесів.

У сьомому та восьмому варіантах поєднання фонового удобрення з амофосом забезпечувало польову схожість на рівні 88,2–89,2 %. Навіть за достатнього загального рівня мінерального живлення ці показники були дещо нижчими порівняно з варіантами мікрогранульованих добрив. Це підтверджує, що ефективність стартового живлення визначається не лише нормою внесення, а й фізичними властивостями добрив, рівномірністю їх розподілу та швидкістю переходу поживних елементів у доступний стан.

Найвищі показники польової схожості були сформовані у дев’ятому та десятому варіантах, де фонове удобрення поєднували з мікрогранульованими добривами, − відповідно 90,2 та 91,1 %. У цих варіантах досягалося оптимальне поєднання достатнього рівня елементів живлення та мінімального сольового навантаження в зоні проростання. Мікрогранули забезпечували локальне надходження фосфору безпосередньо до проростків, тоді як фонове внесення формувало загальний поживний фон ґрунту для подальшого розвитку рослин. Така комбінація забезпечувала стабільніше та збалансованіше живлення молодих рослин у найбільш критичний період органогенезу.

Слід зазначити, що за умов проведення досліджень польова схожість залишалася відносно високою в усіх варіантах. Тому вплив добрив проявлявся меншою мірою через зміну самого відсотка схожості, а більшою − через покращення стартового росту рослин. Застосування стартових форм добрив, особливо мікрогранульованих, сприяло формуванню більш дружних і

вирівняних сходів, прискорювало появу проростків та забезпечувало кращий розвиток кореневої системи на ранніх етапах росту. Це особливо важливо для соняшнику, коренева система якого у початкові фази розвитку ще недостатньо розвинена для ефективного засвоєння малорухомих сполук фосфору.

Вирішальне значення при цьому має локалізація добрив у безпосередній близькості до насіння. Надходження фосфору до кореневої системи молодих рослин відбувається переважно шляхом дифузії, тому навіть незначне збільшення концентрації доступних фосфатів у зоні проростання позитивно впливає на ріст первинних коренів та енергію початкового розвитку. Завдяки рівномірнішому розподілу в ґрунті мікрогранульовані добрива забезпечували ефективніше використання поживних елементів у період, коли потреба рослин у легкодоступному фосфорі є найвищою.

Таким чином, ефективність мікрогранульованих добрив у даному досліді проявлялася не стільки через підвищення відсотка польової схожості, скільки через покращення умов проростання насіння, активізацію стартового росту рослин та формування більш вирівняних посівів. Поєднання фонового удобрення з локальним внесенням мікрогранульованих добрив створювало оптимальні умови для розвитку кореневої системи та забезпечувало рослини доступними елементами живлення у критичний період органогенезу. Саме ці переваги формували передумови для подальшої реалізації продуктивного потенціалу рослин соняшнику та отримання вищої врожайності в наступні фази розвитку культури.

Проходження міжфазних періодів у соняшнику помітно залежало від рівня мінерального живлення та способу внесення добрив. На контролі рослини швидше переходили між фазами розвитку, тому загальна тривалість вегетації була найменшою − у середньому 115 діб (табл. 4.2). За недостатнього забезпечення елементами живлення інтенсивність ростових процесів знижувалася, унаслідок чого рослини раніше завершували формування генеративних органів і переходили до достигання.

Таблиця 4.2 – Середня тривалість проходження міжфазних періодів у соняшнику залежно від удобрення за 2023-2025 роки, днів

Варіант	Міжфазний період					Вегетаційний період
	сівба-сходи	сходи–бутонізація	бутонізація – цвітіння	цвітіння–дозрівання	сходи–дозрівання	
1. Без удобрення – контроль	17	55	12	31	99	115
2. $N_{60}P_{60}K_{60}$ – фон (НАФ)	15	58	14	37	110	125
3. $N_{2,2}P_{10,1}$ (АФ)	16	58	14	33	105	121
4. $N_{4,4}P_{20,2}$ (АФ)	15	58	14	33	105	120
5. $N_{2,2}P_{9,4}$ (МГД)	14	58	14	33	104	119
6. $N_{4,4}P_{18,8}$ (МГД)	14	58	14	34	106	120
7. Фон + $N_{2,2}P_{10,1}$ (АФ)	15	57	14	36	108	123
8. Фон + $N_{4,4}P_{20,2}$ (АФ)	15	58	15	37	110	125
9. Фон + $N_{2,2}P_{9,4}$ (МГД)	14	60	15	38	113	127
10. Фон + $N_{4,4}P_{18,8}$ (МГД)	14	61	16	39	116	130

Внесення добрив подовжувало окремі міжфазні періоди, насамперед сходи−бутонізація та цвітіння–дозрівання. У другому варіанті з нормою добрив $N_{60}P_{60}K_{60}$ тривалість вегетації збільшувалася до 125 діб, а у варіантах із поєднанням фонового удобрення та локального внесення мікрогранульованих добрив − до 127–130 діб. Це свідчить про довше функціонування листкового апарату та повільніше проходження процесів старіння рослин у другій половині вегетації.

Мікрогранульовані форми добрив забезпечували швидший початковий розвиток рослин. Період сівба–сходи скорочувався у середньому до 14 діб, тоді як на контролі він становив 17 діб. Такий ефект пов’язаний із локалізацією доступного фосфору безпосередньо в зоні проростання насіння. За рахунок цього активніше формувалася первинна коренева система та покращувалося забезпечення проростків елементами живлення у найбільш критичний період

росту. Водночас у варіантах із інтенсивнішим живленням довше тривав генеративний період. Зокрема, фаза цвітіння–дозрівання подовжувалася до 37 − 39 діб проти 31 доби на контролі. Це створювало сприятливіші умови для наливання насіння, накопичення сухої речовини та формування вищої продуктивності соняшнику.

Висота рослин соняшнику істотно залежала як від рівня мінерального живлення, так і від форми та способу локалізації добрив. Уже у фазі формування листків між варіантами досліду спостерігалися чіткі відмінності у темпах росту рослин. На контролі середня висота становила лише 17,4 см, що свідчило про обмежене забезпечення рослин доступними елементами живлення на ранніх етапах органогенезу (табл. 4.3). За дефіциту азоту й особливо фосфору формування первинної кореневої системи відбувалося повільніше, знижувалася інтенсивність енергетичних процесів та синтезу органічних сполук, що безпосередньо стримувало ріст надземної маси. Внесення добрив сприяло помітній активізації ростових процесів, унаслідок чого висота рослин залежно від варіанта зростала до 19,0–23,4 см.

Найкращий стартовий розвиток забезпечував варіант десятий, де висота рослин досягала 23,4 см, що на 6,0 см або майже на 35 % перевищувало контроль. Порівняно з аналогічними варіантами за використання амофосу перевага мікрогранульованих добрив була помітною вже на початкових фазах росту. Дрібнодисперсна форма мікрогранульованих добрив забезпечувала швидше розчинення гранул у ґрунтовому розчині порівняно з традиційними гранульованими добривами. За умов весняного дефіциту вологи, характерного для окремих періодів досліджень, така локалізація мала особливо важливе значення, оскільки рослини отримували доступ до фосфору ще до активного розвитку основної маси коренів.

Таблиця 4.3 – Динаміка висоти рослин соняшника залежно від удобрення, см

Варіант	Формування листків (ВВСН 16)				Бутонізація (ВВСН 55)				Фізіологічна стиглість (ВВСН 87)			
	2023	2024	2025	середнє	2023	2024	2025	середнє	2023	2024	2025	середнє
1. Без удобрення – контроль	17,1	16,9	18,3	**17,4**	160,2	164,7	161,5	**162,1**	167,5	166,9	165,2	**166,5**
2. $N_{60}P_{60}K_{60}$ – фон (НАФ)	24,0	20,8	21,6	**22,1**	181,5	186,2	185,3	**184,3**	183,9	188,0	187,1	**186,3**
3. $N_{2,2}P_{10,1}$ (АФ)	19,8	18,3	19,0	**19,0**	165,7	167,6	166,1	**166,5**	168,0	169,2	167,8	**168,3**
4. $N_{4,4}P_{20,2}$ (АФ)	21,1	19,6	19,8	**20,2**	169,5	168,2	168,6	**168,8**	173,7	169,8	170,3	**171,3**
5. $N_{2,2}P_{9,4}$ (МГД)	25,1	20,4	20,7	**22,1**	173,4	174,3	173,4	**173,7**	178,1	176,0	175,1	**176,4**
6. $N_{4,4}P_{18,8}$ (МГД)	19,0	21,7	22,5	**21,1**	179,8	176,6	175,5	**177,3**	181,5	178,4	177,3	**179,1**
7. Фон + $N_{2,2}P_{10,1}$ (АФ)	24,7	21,9	22,0	**22,9**	182,8	185,4	186,0	**184,7**	185,3	187,2	187,9	**186,8**
8. Фон + $N_{4,4}P_{20,2}$ (АФ)	21,2	22,3	22,7	**22,1**	184,4	186,6	187,6	**186,2**	185,7	188,4	189,5	**187,9**
9. Фон + $N_{2,2}P_{9,4}$ (МГД)	22,5	23,1	22,9	**22,8**	185,8	189,1	188,4	**187,8**	187,1	190,4	189,2	**188,9**
10. Фон + $N_{4,4}P_{18,8}$ (МГД)	22,7	24,0	23,5	**23,4**	186,2	191,8	189,5	**189,2**	189,1	192,2	190,4	**190,6**

У фазі бутонізації різниця між варіантами ще більше посилювалася, що свідчило про накопичувальний ефект удобрення протягом вегетації. На контролі середня висота рослин становила 162,1 см. Внесення тільки амофосу при сівбі забезпечувало лише помірне збільшення показника до 166,5–168,8 см, тобто приріст був відносно незначним. Це вказує на те, що локальне стартове внесення фосфору без достатнього загального забезпечення азотом і калієм не могло повністю реалізувати потенціал ростових процесів. Натомість мікрогранульовані добрива навіть без фону забезпечували суттєво вищі показники − 173,7–177,3 м. Перевага мікрогранульованих добрив над амофосом за близьких доз діючої речовини свідчить, що ефективність добрива визначається не лише нормою внесення, а й доступністю елементів живлення у критичні періоди розвитку рослин.

У другому варіанті з нормою $N_{60}P_{60}K_{60}$ висота рослин зростала до 184,3 см, що було результатом комплексного забезпечення рослин основними макроелементами. Поєднання повного передпосівного внесення з мікрогранульованими добривами забезпечувало максимальні показники висоти, які становили 187,8–189,2 см. У цих варіантах спостерігалася виражена синергія між стартовим локальним фосфорним живленням і загальним фоновим удобренням. Раннє формування потужнішої кореневої системи забезпечувало ефективніше використання поживних речовин із фону впродовж усієї вегетації, що позитивно позначалося на інтенсивності ростових процесів.

До фази фізіологічної стиглості приріст висоти рослин істотно сповільнювався, оскільки завершувалося видовження міжвузлів і відбувався перехід до наливу насіння. Основний потік асимілятів у цей період спрямовувався вже не на формування вегетативної маси, а на розвиток генеративних органів. Незважаючи на це, сформовані раніше відмінності між варіантами повністю зберігалися. На контролі висота рослин становила 166,5 см, на фоні − 186,3 см, тоді як у варіантах із поєднанням фону та мікрогранульованих добрив − 188,9–190,6 см. Важливо, що перевага цих варіантів була наслідком не лише кращого забезпечення рослин елементами

живлення, а й формування більш потужного асиміляційного апарату ще на ранніх етапах розвитку. Рослини із сильнішим стартовим ростом формували більшу площу листкової поверхні, довше підтримували високу фотосинтетичну активність і ефективніше використовували ґрунтову вологу. Саме тому навіть незначна перевага у висоті на початкових фазах у подальшому трансформувалася у стабільно інтенсивніший розвиток рослин протягом усього періоду вегетації. Натомість мікрогранульовані добрива навіть без фону забезпечували суттєво вищі показники − 173,7–177,3 мм.

Перевага мікрогранульованих добрив над амофосом за близьких доз діючої речовини свідчить, що ефективність добрива визначається не лише нормою внесення, а й доступністю елементів живлення у критичні періоди розвитку рослин. У другому варіанті з нормою $N_{60}P_{60}K_{60}$ висота рослин зростала до 184,3 см, що було результатом комплексного забезпечення рослин основними макроелементами. Поєднання повного передпосівного внесення з мікрогранульованими добривами забезпечувало максимальні показники висоти, які становили 187,8–189,2 см. У цих варіантах спостерігалася виражена синергія між стартовим локальним фосфорним живленням і загальним фоновим удобренням. Раннє формування потужнішої кореневої системи забезпечувало ефективніше використання поживних речовин із фону впродовж усієї вегетації, що позитивно позначалося на інтенсивності ростових процесів.

До фази фізіологічної стиглості приріст висоти рослин істотно сповільнювався, оскільки завершувалося видовження міжвузлів і відбувався перехід до наливу насіння. Основний потік асимілятів у цей період спрямовувався вже не на формування вегетативної маси, а на розвиток генеративних органів. Незважаючи на це, сформовані раніше відмінності між варіантами повністю зберігалися. На контролі висота рослин становила 166,5 см, на фоні − 186,3 см, тоді як у варіантах із поєднанням фону та мікрогранульованих добрив 188,9–190,6 см. Важливо, що перевага цих варіантів була наслідком не лише кращого забезпечення рослин елементами живлення, а й формування більш потужного асиміляційного апарату ще на

ранніх етапах розвитку. Рослини із сильнішим стартовим ростом формували більшу площу листкової поверхні, довше підтримували високу фотосинтетичну активність і ефективніше використовували ґрунтову вологу. Саме тому навіть незначна перевага у висоті на початкових фазах у подальшому трансформувалася у стабільно інтенсивніший розвиток рослин протягом усього періоду вегетації.

Діаметр стебла соняшнику чітко зростав залежно від рівня удобрення та ефективності стартового живлення. Уже у фазі бутонізації на контролі середній показник становив 23,7 мм, тоді як за внесення добрив 26,3–35,1 мм (табл. 4.4). Найвищі значення формувалися у варіанті десятому − 35,1 мм, що на 48 % перевищувало контроль. Потовщення стебла у цей період безпосередньо пов’язане з інтенсивністю поділу клітин камбію і формуванням механічних тканин, тому забезпечення рослин фосфором і азотом саме на початку вегетації мало вирішальне значення для формування міцного стеблостою. Порівняно з амофосом мікрогранульовані добрива забезпечували стабільно товстіше стебло навіть за близьких норм елементів живлення. Без фонового удобрення варіант шостий із подвійною нормою мікрогранульованих добрив формував діаметр 28,7 мм, тоді як аналогічний варіант з амофосом − лише 26,4 мм. Їх перевага пояснюється кращою доступністю фосфору в зоні кореневої системи на початкових етапах росту: рослини швидше переходили до активного поглинання елементів живлення, що позитивно позначалося на формуванні провідної системи та механічних тканин стебла. На варіантах з фоном $N_{60}P_{60}K_{60}$ ця різниця ще більше посилювалася, оскільки достатнє азотно-калійне живлення посилювало реалізацію ефекту стартового фосфорного живлення. Максимальні показники діаметра спостерігалися у фазі цвітіння, коли стебло несло найбільше механічне навантаження − масу кошика з наростаючим насінням. На контролі середній діаметр становив 27,1 мм, тоді як у десятому варіанті − 40,3 мм.

Таблиця 4.4 − Вплив удобрення на діаметр стебла соняшнику в основні періоди вегетації, мм

Варіант	Бутонізація (ВВСН 55)				Цвітіння (ВВСН 65)				Фізіологічна стиглість (ВВСН 87)			
	2023	2024	2025	середнє	2023	2024	2025	середнє	2023	2024	2025	середнє
1. Без удобрення – контроль	24,9	23,0	23,2	**23,7**	29,1	26,0	26,1	**27,1**	27,3	25,2	25,3	**25,9**
2. $N_{60}P_{60}K_{60}$ – фон (НАФ)	29,5	29,0	29,1	**29,2**	34,5	33,0	33,1	**33,5**	32,6	32,6	31,8	**32,3**
3. $N_{2,2}P_{10,1}$ (АФ)	27,2	26,0	25,8	**26,3**	31,3	29,3	29,1	**29,9**	29,8	28,7	28,3	**28,9**
4. $N_{4,4}P_{20,2}$ (АФ)	27,3	25,7	26,1	**26,4**	32,1	28,9	29,4	**30,1**	30,3	28,3	29,0	**29,2**
5. $N_{2,2}P_{9,4}$ (МГД)	28,8	26,1	26,2	**27,0**	33,4	29,4	29,6	**30,8**	31,8	29,1	29,4	**30,1**
6. $N_{4,4}P_{18,8}$ (МГД)	28,9	28,6	28,7	**28,7**	33,9	32,2	32,3	**32,8**	32,2	32,0	31,1	**31,8**
7. Фон + $N_{2,2}P_{10,1}$ (АФ)	30,9	30,0	30,3	**30,4**	35,4	33,9	34,1	**34,5**	33,7	33,1	33,6	**33,5**
8. Фон + $N_{4,4}P_{20,2}$ (АФ)	31,9	31,5	31,6	**31,7**	36,3	35,5	35,6	**35,8**	34,6	35,0	35,2	**34,9**
9. Фон + $N_{2,2}P_{9,4}$ (МГД)	32,5	32,8	32,7	**32,7**	36,5	37,0	36,8	**36,8**	34,6	35,5	35,7	**35,3**
10. Фон + $N_{4,4}P_{18,8}$ (МГД)	34,7	35,3	35,4	**35,1**	40,7	40,0	40,1	**40,3**	38,8	39,7	39,8	**39,4**

Товстіше стебло не лише краще утримувало кошик, а й характеризувалося краще розвиненою провідною системою, що забезпечувало інтенсивніший транспорт асимілятів до генеративних органів у критичний період наливання насіння. До фізіологічної стиглості показники дещо знижувалися внаслідок природного зневоднення та часткового відмирання паренхімних тканин стебла. Проте перевага удобрених варіантів повністю зберігалася: 25,9 мм на контролі проти 39,4 мм у найефективнішому варіанті. Рослини з потужнішим стеблом довше підтримували транспортну функцію судинної системи, що сприяло повнішому відтоку асимілятів до насіння і в кінцевому підсумку впливало на його виповненість та масу.

4.1.2. Ріст й розвиток рослин залежно від мікробіологічних препаратів

Мікробіологічні препарати, активізуючи ризосферну мікрофлору і підвищуючи біодоступність елементів живлення, забезпечують рослину поживними речовинами у найбільш відповідальні моменти росту, що позитивно відображається на ритмічності проходження фенологічних фаз.

Встановлено, що бактерії роду *Bacillus*, у тому числі *Bacillus megaterium*, можуть стимулювати проростання насіння і ріст соняшнику, а також поєднувати фосфатмобілізувальні властивості з іншими корисними ефектами [332; 385; 445; 374; 376].

Польова схожість насіння соняшнику істотно залежала від застосування мікробіологічних препаратів (табл. 4.5). Найнижчі показники в усі роки досліджень сформувалися у контрольному варіанті на фоні $N_{60}P_{60}K_{60}$ без препаратів − у середньому 82,7 %. За відсутності біологічної стимуляції сходи формувалися менш дружно. У другому варіанті польову схожість підвищувалась до 83,4 %. Дещо вищий результат забезпечив варіант третій − 85,9 %, де арбускулярна мікориза сприяла формуванню більш життєздатних і

вирівняних сходів за рахунок розширення поглинальної поверхні кореневої системи вже у перші дні після проростання.

Таблиця 4.5 – Польова схожість насіння залежно від препарату, %

Варіант	Рік			Середнє
	2023	2024	2025	
1. Фон ($N_{60}P_{60}K_{60}$) – контроль без препарату	83,4	82,3	82,4	**82,7**
2. Фон + Great White Granular One	83,3	82,6	84,4	**83,4**
3. Фон + Біонорма Мікориза	85,1	86,1	86,4	**85,9**
4. Фон + Біофосфорин	88,2	87,1	87,6	**87,6**
5. Фон + Мікофренд	88,8	88,3	89,2	**88,8**
6. Фон + Блу N	82,7	83,1	83,2	**83,0**
7. Фон + Great White Granular One + Блу N	83,4	84,2	83,5	**83,7**
8. Фон + Біонорма Мікориза + Блу N	85,3	86,7	85,1	**85,7**
9. Фон + Біофосфорин + Блу N	88,6	87,9	87,7	**88,1**
10. Фон + Мікофренд + Блу N	89,6	88,7	89,4	**89,2**

Серед препаратів окремого застосування найвищу ефективність продемонстрували варіанти 4 та 5 − 87,6 та 88,8 % відповідно. У цих варіантах активніше стимулювався ранній розвиток кореневої системи, що забезпечувало інтенсивніше проростання насіння та формування більш вирівняних сходів. Найвищі та найбільш стабільні показники польової схожості в усі роки досліджень забезпечував варіант п’ятий, який у своєму складі має комлекс мікоризних грибів та фосфатмобілізувальні бактерії.

Варіанти 6–10 фактично повторювали закономірності варіантів 1–5, оскільки препарат Блу N вносили лише у фазі ВВСН 30, уже після завершення формування сходів. Тому отримані показники польової схожості переважно відображали дію базових мікробіологічних препаратів, застосованих на початку вегетації.

Застосування мікробіологічних препаратів суттєво впливало на темпи проходження основних етапів органогенезу соняшнику та загальну тривалість вегетації (табл. 4.6). У контрольному варіанті без препаратів рослини завершували розвиток найшвидше − у середньому за 111 діб від сходів до повної стиглості.

Таблиця 4.6 – Середня тривалість проходження міжфазних періодів у соняшнику залежно від препаратів за 2023-2025 роки, днів

Варіант	Міжфазний період					Вегетаційний період
	сівба-сходи	сходи-бутонізація	бутонізація-цвітіння	цвітіння-дозрівання	сходи-дозрівання	
1. Фон ($N_{60}P_{60}K_{60}$) – контроль без препарату	17	51	11	31	93	111
2. Фон + Great White Granular One	16	52	12	35	99	115
3. Фон + Біонорма Мікориза	16	54	13	38	105	121
4. Фон + Біофосфорин	16	55	13	37	106	122
5. Фон + Мікофренд	16	55	14	38	107	123
6. Фон + Блу N	17	56	14	39	108	126
7. Фон + Great White Granular One + Блу N	16	54	14	39	106	122
8. Фон + Біонорма Мікориза + Блу N	16	55	14	39	109	125
9. Фон + Біофосфорин + Блу N	16	57	15	40	112	128
10. Фон + Мікофренд + Блу N	16	58	15	43	116	131

За використання мікробіологічних препаратів міжфазні періоди поступово подовжувалися, що свідчить про триваліше збереження фізіологічної активності рослин і пролонгацію процесів асиміляції. Найбільш помітно змінювалися періоди сходи–бутонізація та цвітіння–дозрівання, які

безпосередньо визначають інтенсивність наростання вегетативної маси та наливу насіння.

Другий варіант подовжував вегетацію до 115 діб, третій, четвертий, п’ятий до 121–123 діб. Активніше функціонування мікоризних і фосфатмобілізувальних мікроорганізмів у ризосфері забезпечувало рослинам стабільніше надходження елементів живлення та вологи, що підтримувало фотосинтетичний апарат у фізіологічно активному стані довше, ніж на контролі. Особливо виражений ефект спостерігався у варіантах із поєднанням ґрунтових препаратів та Блу N. Найтриваліший вегетаційний період формувався у десятому варіанті − 131 доба, що на 20 діб перевищувало контроль. Азотфіксувальні бактерії у складі Блу N забезпечували додаткове надходження біологічного азоту, який є ключовим елементом для синтезу хлорофілу та підтримання фотосинтетичної активності у другій половині вегетації. Завдяки цьому листковий апарат довше залишався фізіологічно активним, а процеси накопичення пластичних речовин та наливу насіння відбувалися триваліше й інтенсивніше.

Висота рослин соняшнику істотно змінювалася залежно від застосування мікробіологічних препаратів, причому найбільш виражений ефект проявлявся вже у ранні фази розвитку. У контрольному першому варіанті середня висота у фазі формування листків (ВВСН 15) становила 21,7 см (табл. 4.7). Застосування препарату у другому варіанті практично не впливало на цей показник − 22,0 см, тоді як у варіантах 3–5 забезпечувався значно інтенсивніший початковий ріст, а саме 28,4–29,6 см, тобто на 31–36 % більше порівняно з контролем. Така різниця пояснюється активнішим розвитком кореневої системи вже у перші тижні після сходів: мікоризні та фосфатмобілізувальні мікроорганізми розширювали поглинальну зону коренів і збільшували доступність фосфору − елемента, критично важливого для поділу клітин меристематичних тканин, синтезу АТФ і формування первинної провідної системи. Саме тому рослини у варіантах 3–5 раніше переходили до активного видовження міжвузлів і накопичення вегетативної маси.

Таблиця 4.7 – Динаміка висоти рослин соняшника залежно від препарату, см

Варіант	Формування листків (ВВСН 16)				Бутонізація (ВВСН 55)				Фізіологічна стиглість (ВВСН 87)			
	2023	2024	2025	середнє	2023	2024	2025	середнє	2023	2024	2025	середнє
1. Фон ($N_{60}P_{60}K_{60}$) – контроль без препарату	23,1	20,2	21,7	**21,7**	152,1	165,7	162,7	**160,2**	154,8	168,9	164,5	**162,7**
2. Фон + Great White Granular One	22,9	21,4	21,8	**22,0**	156,4	169,2	166,8	**164,1**	159,0	170,3	168,2	**165,8**
3. Фон + Біонорма Мікориза	28,9	28,5	27,9	**28,4**	166,2	171,8	168,4	**168,8**	168,2	172,1	169,6	**170,0**
4. Фон + Біофосфорин	29,2	28,7	30,0	**29,3**	174,4	185,7	183,2	**181,1**	177,6	187,6	185,2	**183,5**
5. Фон + Мікофренд	28,6	29,5	30,7	**29,6**	177,6	181,6	179,6	**179,6**	179,1	183,2	181,6	**181,3**
6. Фон + Блу N	21,4	21,2	23,1	**21,9**	173,6	180,9	178,3	**177,6**	178,6	182,7	179,4	**180,2**
7. Фон + Great White Granular One + Блу N	20,0	22,7	22,1	**21,6**	168,4	174,2	171,8	**171,5**	172,5	175,8	173,1	**173,8**
8. Фон + Біонорма Мікориза + Блу N	29,6	29,7	28,1	**29,1**	182,2	186,4	184,5	**184,4**	185,2	189,4	187,0	**187,2**
9. Фон + Біофосфорин + Блу N	29,9	28,4	27,9	**28,7**	187,3	189,0	185,7	**187,3**	189,9	190,1	187,5	**189,2**
10. Фон + Мікофренд + Блу N	33,2	30,2	29,7	**31,0**	188,1	189,1	186,6	**187,9**	189,4	190,5	188,3	**189,4**

Найвищі показники у ранній період формувалися у десятому варіанті − 31,0 см, що на 43% перевищувало контроль. У цьому варіанті поєднувалася дія мікоризних грибів, фосфатмобілізувальних бактерій і азотфіксаторів, що забезпечувало рослини ключовими елементами мінерального живлення. Ця тенденція зберігалася і у фазі бутонізації: у першому варіанті висота становила 160,2 см, тоді як у варіантах 9 та 10 − 187,3 та 187,9 см відповідно.

У цей період стебло соняшнику інтенсивно видовжується за рахунок активного поділу і розтягування клітин у зонах росту, тому стабільне забезпечення азотом завдяки Блу N підтримувало синтез білків і хлорофілу, а достатня кількість фосфору забезпечувала енергетичні процеси, необхідні для інтенсивного перебігу процесів клітинного поділу.

До фізіологічної стиглості закономірність між варіантами не змінювалася. У контрольному варіанті висота рослин становила 162,7 см, тоді як у варіантах 9 та 10 − 189,2 і 189,4 см, тобто перевага зберігалася на рівні 16 %. Після завершення видовження стебла приріст висоти припинявся, однак перевага, сформована на ранніх етапах, повністю зберігалася до кінця вегетації. Рослини з більш розвиненою кореневою системою ефективніше поглинали воду і мінеральні елементи в умовах літнього дефіциту вологи, формували більшу площу листкової поверхні і довше підтримували високу фотосинтетичну активність. Це сприяло інтенсивнішому відтоку асимілятів до кошика, що в кінцевому підсумку позитивно впливало на виповненість і масу насіння.

Діаметр стебла у проведеному дослідженні слід розглядати не лише як морфометричний показник, а і як важливу ознаку функціонального стану рослин, що характеризує здатність підтримувати активну роботу листкового апарату та ефективне переміщення води й асимілятів до генеративних органів. На контрольному варіанті (табл. 4.8) стебло в усі фази розвитку залишалося найменш розвиненим: у фазі бутонізації його діаметр становив 25,7 мм, під час цвітіння − 29,3 мм, а у фазі фізіологічної стиглості − 27,8 мм. За внесення лише удобрення у нормі $N_{60}P_{60}K_{60}$ без біологічного супроводу рослини також формували відносно слабшу опорно-провідну систему.

Таблиця 4.8 − Вплив препаратів на діаметр стебла соняшнику в основні періоди вегетації, мм

Варіант	Бутонізація (ВВСН 55)				Цвітіння (ВВСН 65)				Фізіологічна стиглість (ВВСН 87)			
	2023	2024	2025	середнє	2023	2024	2025	середнє	2023	2024	2025	середнє
1. Фон ($N_{60}P_{60}K_{60}$) – контроль без препарату	25,4	26,1	25,7	**25,7**	28,6	29,9	29,5	**29,3**	26,8	28,6	28,1	**27,8**
2. Фон + Great White Granular One	28,1	27,1	26,2	**27,1**	32,1	31,7	31,2	**31,7**	30,3	33,1	33,7	**32,4**
3. Фон + Біонорма Мікориза	31,6	34,6	33,7	**33,3**	35,8	39,4	38,7	**38,0**	34,1	36,4	35,3	**35,3**
4. Фон + Біофосфорин	33,6	33,7	31,4	**32,9**	37,8	38,5	37,1	**37,8**	36,1	36,9	36,5	**36,5**
5. Фон + Мікофренд	35,6	35,6	34,4	**35,2**	39,6	39,8	39,1	**39,5**	37,6	39,1	38,2	**38,3**
6. Фон + Блу N	32,3	33,1	32,3	**32,6**	36,5	37,9	37,1	**37,2**	34,7	35,5	35,4	**35,2**
7. Фон + Great White Granular One + Блу N	30,9	31,6	30,9	**31,1**	33,6	35,8	35,5	**35,0**	31,9	32,3	30,9	**31,7**
8. Фон + Біонорма Мікориза + Блу N	35,4	34,3	33,8	**34,5**	39,6	39,1	38,9	**39,2**	37,6	38,2	38,1	**38,0**
9. Фон + Біофосфорин + Блу N	31,6	32,7	32,9	**32,4**	35,8	37,6	37,8	**37,1**	34,1	35,3	36,5	**35,3**
10. Фон + Мікофренд + Блу N	34,3	35,4	35,2	**35,0**	39,3	40,7	40,2	**40,1**	37,6	40,0	39,8	**39,1**

Найпомітніше вплив досліджуваних чинників проявлявся у фазі бутонізації, коли різко активізуються ростові процеси та зростає потреба рослин у воді й елементах живлення. У варіантах 3–5 діаметр стебла перебував у межах 32,9–35,2 мм, перевищуючи контроль на 28–37 %. Найвищий показник відзначено у п’ятому варіанті − 35,2 мм.

Активізація мікробіологічних процесів у ризосфері покращувала доступність поживних сполук для кореневої системи, що позитивно позначалося на формуванні провідних тканин і посиленні діяльності камбію. За кращого забезпечення рослин доступними сполуками азоту, фосфору та калію інтенсивніше накопичувалися структурні речовини, необхідні для формування міцнішого стебла.

Максимального розвитку стебло досягало у фазі цвітіння. Саме в цей період найчіткіше проявлялися переваги варіантів із поєднанням мікробіологічних препаратів. У варіантах 5, 8 і 10 діаметр стебла становив 39,2–40,1 мм, тоді як на контролі лише 29,3 мм. Таким чином перевищення сягало 34–37 %. Найбільший діаметр сформувався у десятому варіанті − 40,1 мм. Таке потовщення мало важливе фізіологічне значення, оскільки потужніше стебло забезпечувало кращу механічну стійкість рослин, підтримувало інтенсивніше транспортування води та елементів живлення до кошика і могло виконувати роль додаткового резерву пластичних речовин у період наливу насіння.

У фазі фізіологічної стиглості спостерігалося певне зменшення діаметра стебла, що пов’язано зі старінням тканин і переміщенням асимілятів до насіння. Водночас перевага окремих варіантів залишалася добре вираженою. У варіантах 5, 8 і 10 діаметр стебла становив 38,0–39,1 мм, що було на 37–41 % більше порівняно з контролем. Отримані результати свідчать, що застосування окремих мікробіологічних препаратів і їх поєднань сприяло формуванню більш розвинених, фізіологічно активних та стійких рослин соняшнику, що створювало передумови для підвищення їх продуктивності.

4.2. Динаміка формування асиміляційного апарату соняшника

Наростання надземної маси є одним із ключових індикаторів ростової активності соняшнику та ступеня реалізації його генетичного потенціалу. Цей показник інтегрально відображає рівень забезпечення рослин елементами живлення, вологою і теплом, а також здатність посіву акумулювати органічну речовину впродовж вегетаційного періоду. Особливого значення він набуває у критичні фази онтогенезу − ріст стебла, бутонізації та цвітіння, коли закладається листковий апарат, формуються кошики й визначається майбутній врожай насіння та його олійність.

4.2.1. Формування асиміляційного апарату залежно від удобрення

Формування вегетативої маси соняшнику значною мірою залежало від особливостей стартового живлення рослин. За локального внесення амофосу та мікрогранульованих добрив поживні речовини розміщувалися безпосередньо біля насінини, тому молоді рослини мали кращі умови для початкового росту і розвитку. Це сприяло швидшому формуванню кореневої системи та листкового апарату, внаслідок чого посилювалося накопичення вегетативної маси. Найбільше значення така дія добрив мала у період нестійкого зволоження й понижених температур ґрунту на початку вегетації, коли соняшник особливо чутливий до нестачі доступних елементів живлення.

Результати вимірювання N-тестером показують чітку залежність між рівнем удобрення та інтенсивністю роботи листкового апарату соняшнику. На контролі без удобрення показники були найнижчими в усі фази: 385,4 ум. од. у фазі росту стебла, 421,7 − у бутонізацію, 420,6 − під час цвітіння, що відображає недостатнє азотне живлення рослин (табл. 4.9). Внесення нітроамофоски у нормі $N_{60}P_{60}K_{60}$ суттєво покращило ситуацію. У фазі бутонізації активність хлорофілу зросла до 459,1 ум. од. − на 8,9 % більше, ніж на контролі. Проте помітніший ефект давало поєднання фонового удобрення зі стартовими добривами при сівбі.

Таблиця 4.9 – Результати вимірювання активності хлорофілу N-тестером залежно від удобрення, в умовних одиницях

Варіант	Ріст стебла (ВВСН 35)				Бутонізація (ВВСН 55)				Цвітіння (ВВСН 65)			
	2023	2024	2025	середнє	2023	2024	2025	середнє	2023	2024	2025	середнє
1. Без удобрення – контроль	383,7	377,3	395,3	**385,4**	405,0	420,3	439,7	**421,7**	419,7	416,3	425,7	**420,6**
2. $N_{60}P_{60}K_{60}$ – фон (НАФ)	415,0	412,0	427,3	**418,1**	449,7	453,7	474,0	**459,1**	456,0	457,7	467,0	**460,2**
3. $N_{2,2}P_{10,1}$ (АФ)	402,3	394,7	414,3	**403,8**	421,0	437,3	457,3	**438,5**	441,3	426,0	436,0	**434,4**
4. $N_{4,4}P_{20,2}$ (АФ)	405,0	400,7	417,3	**407,7**	423,0	441,7	462,3	**442,3**	444,0	439,7	449,7	**444,5**
5. $N_{2,2}P_{9,4}$ (МГД)	409,3	403,7	421,7	**411,6**	430,0	449,3	469,7	**449,7**	446,3	443,3	453,3	**447,6**
6. $N_{4,4}P_{18,8}$ (МГД)	412,0	406,7	424,3	**414,3**	442,0	454,7	475,0	**457,2**	451,3	446,0	456,0	**451,1**
7. Фон + $N_{2,2}P_{10,1}$ (АФ)	418,7	413,7	431,0	**421,1**	453,3	459,0	479,7	**464,0**	464,0	458,0	468,3	**463,4**
8. Фон + $N_{4,4}P_{20,2}$ (АФ)	427,3	420,3	440,3	**429,3**	461,0	470,3	491,7	**474,3**	471,0	473,7	484,7	**476,5**
9. Фон + $N_{2,2}P_{9,4}$ (МГД)	434,7	432,0	447,7	**438,1**	480,7	482,7	504,0	**489,1**	476,7	484,7	495,3	**485,6**
10. Фон + $N_{4,4}P_{18,8}$ (МГД)	438,3	442,3	451,3	**444,0**	491,0	496,7	519,3	**502,3**	497,3	499,0	510,3	**502,2**
$НІР_{05}$	11,9	12,91	20,01	**-**	10,84	8,96	12,67	**-**	3,69	9,63	11,03	**-**

Серед варіантів без фону мікрогранульовані добрива працювали краще за амофос. У фазі бутонізації варіант шостий з мікрогранульованими добривами показав 457,2 ум. од. проти 442,3 ум. од. у варіанті четвертому з амофосом, різниця становила 14,9 ум. од., або 3,4 %. Це пов'язано з точнішою локалізацією гранул біля насіння та кращою доступністю фосфору на початку росту.

Найвищі значення за всі роки досліджень зафіксовано у варіанті десятому: у фазі бутонізації − 502,3 ум. од., що на 19,1 % більше за контроль і на 9,4 % більше за внесення нітроамофоски. У фазі цвітіння різниця з контролем сягала 81,6 ум. од. (19,4 %). Отримані результати свідчать, що поєднання основного удобрення зі стартовими мікрогранульованими добривами створювало найсприятливіші умови для функціонування асиміляційного апарату, підтримання вищого вмісту хлорофілу та інтенсивнішого перебігу фотосинтетичних процесів упродовж вегетації.

Лінійна математична та графічна моделі парної кореляції урожайності із станом асиміляційного апарату соняшника за показниками N-тестера (рис. 4.1.) показують високу репрезентативність оцінювання потенціалу живлення культури (r = 0,918 за n=10). Отримані результати регресійного аналізу підтверджують фундаментальну роль азоту в процесах росту та розвитку сільськогосподарської культури. Показник N-тестеру, що відображає актуальний вміст мінерального азоту в ґрунті, виступає надійним діагностичним критерієм азотного статусу агроценозу та безпосередньо корелює з кінцевою продуктивністю посівів. Високий коефіцієнт кореляції (r = 0,918) свідчить про те, що азот є лімітуючим фактором формування врожайності в умовах даного досліду. Це типова картина для інтенсивного землеробства, де рівень мінерального живлення визначає реалізацію генетичного потенціалу сорту. Приріст врожайності на ~13,4 кг/га на кожну одиницю N-тесту вказує на виражену реакцію культури на покращення азотного забезпечення, що є агрономічно значущим показником ефективності правильної системи удобрення. Нижня межа діапазону N-тесту (~420 у.о.)

відповідає врожайності близько 2,9–3,0 т/га, що можна інтерпретувати як рівень продуктивності при субоптимальному азотному живленні.

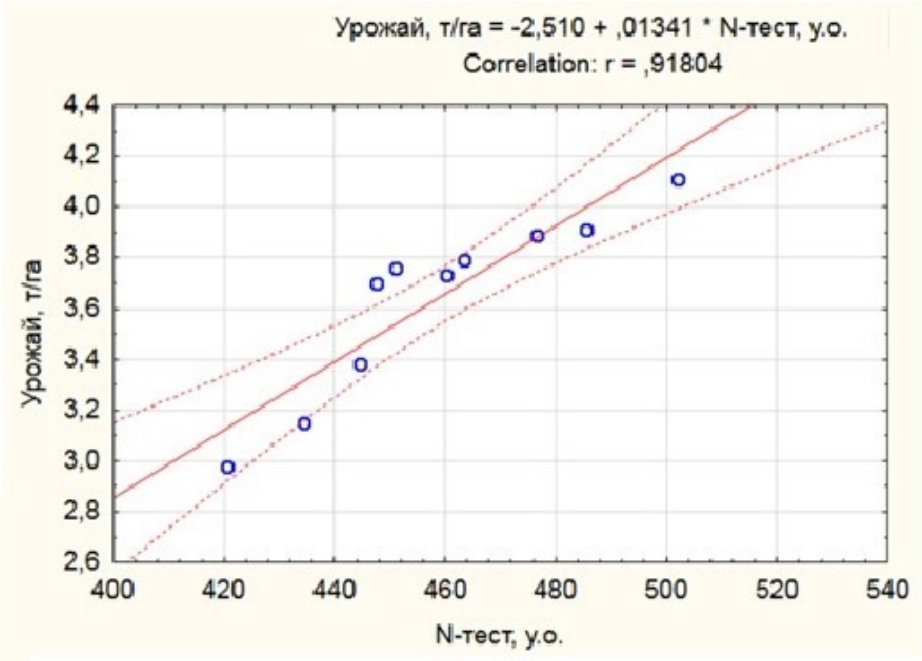


Рис. 4.1. Лінійна кореляція між урожаєм насіння та станом асиміляційного апарату соняшника за показником N-тестера за різних систем удобрення

Натомість значення N-тесту у діапазоні 480–520 у.о. забезпечує врожайність 3,9–4,1 т/га, що відповідає реалізації 85–90 % потенційної продуктивності культури за даних умов вирощування.

Формування площі листкової поверхні соняшнику виявилося одним із найчутливіших показників реакції культури на рівень мінерального живлення та спосіб локалізації стартових добрив. За результатами польових експериментів, В. В. Борисенка, Л. А. Гарбар, Є. О. Домарацького та ін. [31; 62; 64; 98], площа листкової поверхні соняшнику може досягати 35–45 тис. м^2/га, тоді як у варіантах без внесення добрив вона становить 22–28 тис. м^2/га.

Уже на ранніх етапах органогенезу різниця між варіантами була помітною, однак найбільш контрастно вона проявилася у фазі бутонізації, коли рослини переходили до інтенсивного формування генеративних органів і потреба у пластичних речовинах різко зростала. Саме в цей період листковий апарат визначав потенціал фотосинтетичної продуктивності посіву. На контролі

без удобрення площа листкової поверхні залишалася найнижчою впродовж усієї вегетації. У середньому за три роки у фазі ВВСН 16 вона становила лише 5587,3 м^2/га, а в період бутонізації − 14396,7 м^2/га. (табл. 4.10) Такий рівень розвитку асиміляційного апарату вказував на обмежене забезпечення рослин доступними формами елементів живлення, насамперед азотом і фосфором, що стримувало темпи формування листків та їхню функціональну активність.

У фазі фізіологічної стиглості площа листкової поверхні становила 12566,7 м^2/га, що характеризувало швидше старіння листкового апарату за умов недостатнього живлення.

Внесення нітроамофоски ($N_{60}P_{60}K_{60}$) істотно активізувало ріст рослин і формування листкової поверхні. У середньому площа листків у фазі бутонізації досягала 22681,3 м^2/га, що на 57,6 % перевищувало контроль. Навіть базове забезпечення макроелементами помітно посилювало розвиток асиміляційної поверхні та підвищувало здатність посіву до накопичення фотосинтетично активної біомаси.

Порівняння амофосу та мікрогранульованих добрив за близьких норм елементів живлення виявило чітку перевагу останніх. У третьому варіанті з амофосом середня площа листкової поверхні у фазі бутонізації становила 18273,3 м^2/га, тоді як застосування мікрогранульованого добрива (варіант п’ятий) забезпечило 21134,7 м^2/га. Перевага мікрогранульованої форми становила майже 2860 м^2/га і була статистично достовірною, що вказує на вищу ефективність локалізованого стартового живлення у початкові періоди росту. Аналогічна закономірність простежувалася і за підвищених норм. Варіант четвертий формував 19584,0 м^2/га листкової поверхні, тоді як шостий з мікрогранульованими добривами − уже 23337,7 м^2/га. Отже, навіть за дещо нижчого вмісту фосфору мікрогранульоване добриво забезпечувало інтенсивніше наростання листкового апарату, що, пов’язано з кращою локалізацією поживних речовин у зоні проростання насіння та стабільнішим забезпеченням молодих рослин доступним фосфором і подальшим активним розвитком кореневої системи.

Таблиця 4.10 – Динаміка наростання площі листкової поверхні соняшника залежно від удобрення, $м^2$/га

Варіант	Формування листків (ВВСН 16)				Бутонізація (ВВСН 55)				Фізіологічна стиглість (ВВСН 87)			
	2023	2024	2025	середнє	2023	2024	2025	середнє	2023	2024	2025	середнє
1. Без удобрення – контроль	6338	5217	5207	**5587,3**	13010	14304	15876	**14396,7**	11978	12609	13113	**12566,7**
2. $N_{60}P_{60}K_{60}$ – фон (НАФ)	8770	8428	8285	**8494,3**	22595	23129	22320	**22681,3**	21543	21121	21331	**21331,7**
3. $N_{2,2}P_{10,1}$ (АФ)	6723	5759	5988	**6156,7**	16509	18780	19531	**18273,3**	13802	13914	14471	**14062,3**
4. $N_{4,4}P_{20,2}$ (АФ)	7101	5836	6069	**6335,3**	17073	20431	21248	**19584,0**	14106	14849	15443	**14799,3**
5. $N_{2,2}P_{9,4}$ (МГД)	7331	6136	6548	**6671,7**	18573	21976	22855	**21134,7**	15151	15948	16586	**15895,0**
6. $N_{4,4}P_{18,8}$ (МГД)	8398	6292	6677	**7122,3**	19978	24187	25848	**23337,7**	18284	19246	18349	**18626,3**
7. Фон + $N_{2,2}P_{10,1}$ (АФ)	10051	9236	8938	**9408,3**	24338	26772	27843	**26317,7**	21818	22677	22584	**22359,7**
8. Фон + $N_{4,4}P_{20,2}$ (АФ)	11884	9557	9572	**10337,7**	26081	28689	29837	**28202,3**	22198	23367	23969	**23178,0**
9. Фон + $N_{2,2}P_{9,4}$ (МГД)	12301	10657	11050	**11336,0**	29089	31998	33278	**31455,0**	24002	25265	25943	**25070,0**
10. Фон + $N_{4,4}P_{18,8}$ (МГД)	14754	12285	12441	**13160,0**	32094	37450	35615	**35053,0**	25232	26560	27289	**26360,3**
$НІР_{05}$	377,52	338,57	336,61	-	772,08	933,53	943,7	-	735,97	712,62	577,51	-

На фоні $N_{60}P_{60}K_{60}$ перевага мікрогранульованих форм проявилася ще виразніше. У сьомому варіанті середня площа листкової поверхні у фазі бутонізації становила 26317,7 м^2/га, тоді як у дев'ятому − 31455,0 м^2/га. Між восьмим і десятим варіантами різниця була ще суттєвішою: 28202,3 м^2/га проти 35053,0 м^2/га, тобто приріст перевищував 24 %. За таких умов стартове удобрення впливало вже не лише на початковий ріст рослин, а й на загальний характер формування фотосинтетичного апарату впродовж усієї вегетації.

Найвищі показники в усі роки досліджень сформувалися у десятому варіанті з мікргранульованими добривами. У фазі ВВСН 16 площа листкової поверхні досягала 13160,0 м^2/га, що більш ніж удвічі перевищувало контроль. У період бутонізації цей показник зростав до 35053,0 м^2/га, а у фазі фізіологічної стиглості рослини зберігали найбільшу площу асиміляційного апарату − 26360,3 м^2/га. Збереження більшої площі листків у пізні фази розвитку вказувало на довшу функціональну активність асиміляційного апарату та повільніше проходження процесів його відмирання.

Таким чином, вирішальне значення мало не лише збільшення кількості доступних елементів живлення, а й характер їх локалізації у ґрунті. Мікрогранульовані добрива забезпечували інтенсивніше формування листкової поверхні порівняно з амофосом, особливо за поєднання з повним мінеральним удобренням. У результаті рослини формували потужніший фотосинтетичний апарат, здатний довше підтримувати активне накопичення органічної речовини та продуктивне функціонування посіву.

4.2.2. Формування асиміляційного апарату залежно від мікробіологічних препаратів

Ще кілька десятиліть тому вплив ґрунтових мікроорганізмів на формування архітектоніки рослин розглядали переважно як наслідок покращення азотного чи фосфорного живлення. Сьогодні накопичено достатньо доказів того, що бактерії родів *Azospirillum*, *Bacillus*, *Pseudomonas* та

інші компоненти сучасних біопрепаратів здатні діяти значно глибше − як регулятори ростових процесів і фізіологічної активності рослин. Завдяки синтезу фітогормонів, ауксинів, цитокінінів і гібереліноподібних речовин вони впливають на інтенсивність поділу клітин, розвиток кореневої системи та формування асиміляційного апарату. У результаті рослини соняшнику формують більшу надземну масу, потужніший листковий апарат і характеризуються активнішим накопиченням сухої речовини навіть без зміни основного рівня мінерального живлення.

Активність хлорофілу, визначена за допомогою N-тестера, чітко відображала реакцію рослин соняшнику на застосування мікробіологічних препаратів упродовж усієї вегетації. Вже у фазі росту стебла (ВВСН 35) між варіантами сформувалися помітні відмінності, що свідчить про ранній вплив препаратів на інтенсивність азотного обміну та функціонування фотосинтетичного апарату. На контролі середнє значення становило 431,2 ум. од (табл. 4.11). Застосування біопрепаратів підвищувало його до 451,1–479,2 ум. од. Найвищий показник зафіксовано у десятому варіанті − 479,2 ум. од., що на 48,0 одиниць перевищувало контроль. Це свідчить про посилення синтезу хлорофілу та активніше накопичення асиміляційної поверхні вже на ранніх етапах органогенезу.

У фазі бутонізації різниця між варіантами стала ще виразнішою. На неудобреному біопрепаратами фоні показник N-тестера становив у середньому 414,0 ум. од., тоді як за комплексного застосування препаратів він досягав 470,6–492,6 ум. од. Особливо ефективним виявилося поєднання мікоризних або фосфатмобілізувальних препаратів із Блу N. Імовірно, це зумовлено не лише покращенням доступності елементів живлення, а й активізацією ризосферних процесів, завдяки чому рослини довше підтримували високий рівень функціональної активності листків. У фазі цвітіння значення N-тестера дещо стабілізувалися, однак перевага інокульованих варіантів зберігалася.

Таблиця 4.11 – Результати вимірювання активності хлорофілу N-тестером залежно від препаратів, в умовних одиницях

Варіант	Ріст стебла (ВВСН 35)				Бутонізація (ВВСН 55)				Цвітіння (ВВСН 65)			
	2023	2024	2025	середнє	2023	2024	2025	середнє	2023	2024	2025	середнє
1. Фон ($N_{60}P_{60}K_{60}$) – контроль без препарату	396,0	439,3	458,3	**431,2**	401,0	409,0	432,0	**414,0**	406,7	405,7	409,3	**407,2**
2. Фон + Great White Granular One	435,0	449,3	469,0	**451,1**	433,7	440,7	465,3	**446,6**	436,0	431,7	435,7	**434,5**
3. Фон + Біонорма Мікориза	443,3	456,3	476,3	**458,6**	443,3	454,3	480,0	**459,2**	447,7	439,7	443,7	**443,7**
4. Фон + Біофосфорин	447,3	463,0	483,3	**464,5**	450,0	460,3	486,3	**465,5**	452,7	447,3	451,0	**450,3**
5. Фон + Мікофренд	448,7	465,3	485,7	**466,6**	453,3	465,0	490,7	**469,7**	460,7	453,7	458,0	**457,5**
6. Фон + Блу N	451,0	468,0	489,0	**469,3**	456,0	466,0	492,0	**471,3**	462,7	459,0	463,3	**461,7**
7. Фон + Great White Granular One + Блу N	453,7	467,7	488,3	**469,9**	455,3	464,3	492,3	**470,6**	461,3	459,3	463,7	**461,4**
8. Фон + Біонорма Мікориза + Блу N	455,7	469,0	489,3	**471,3**	460,0	470,7	497,3	**476,0**	466,7	464,3	468,7	**466,6**
9. Фон + Біофосфорин + Блу N	464,0	470,7	491,0	**475,2**	468,0	479,3	506,0	**484,4**	472,3	471,0	475,3	**472,9**
10. Фон + Мікофренд + Блу N	470,7	473,3	493,7	**479,2**	479,0	485,7	513,0	**492,6**	488,0	486,0	490,7	**488,2**
$НІР_{05}$	16,27	8,9	8,92	**-**	13,13	12,33	11,81	**-**	5,82	7,81	16,97	**-**

На контролі середній показник становив 407,2 ум. од., у десятому варіанті з комплексом мікроорганізмів та метилобактерії − 488,2 ум. од., тобто майже на 20 % більше. Високі значення індексу хлорофілу в цей період мають особливе фізіологічне значення: саме під час цвітіння й початку наливу насіння формується основний потік асимілятів до кошика. Триваліше збереження активного листкового апарату свідчить про уповільнення сенесценції листків і ефективніше забезпечення рослин азотом.

Загалом найбільший вплив на активність хлорофілу мали комбіновані системи, що поєднували препарати мікоризного або фосфатмобілізувального типу з азотфіксувальною метилобактерією. Такі комбінації забезпечували стабільно високий рівень фотосинтетичної активності рослин упродовж усієї вегетації. Серед окремих препаратів найефективнішими виявилися Мікофренд і Біофосфорин − завдяки здатності одночасно покращувати фосфорне живлення, стимулювати розвиток кореневої системи та активізувати мікробіологічні процеси у ризосфері.

Дані таблиці 4.12 свідчать про чітку залежність інтенсивності формування листкової поверхні соняшнику від застосування мікробіологічних препаратів упродовж усіх основних фаз розвитку рослин − від формування листків (ВВСН 16) до фізіологічної стиглості (ВВСН 87). Незалежно від варіанта досліду максимальні показники асиміляційної поверхні формувалися у фазі бутонізації (ВВСН 55), коли рослини накопичують найбільший фотосинтетичний потенціал перед переходом до активного генеративного розвитку, що відповідає біологічним особливостям формування фотосинтетичного апарату соняшнику та закономірностям онтогенетичної динаміки культури.

У першому варіанті, який використовували як контроль, середня за три роки площа листкової поверхні становила 7365 м^2/га у фазі ВВСН 16, 13808 м^2/га у фазі бутонізації та 11278 м^2/га у фазі фізіологічної стиглості. Саме цей варіант слугував базою для оцінки ефективності інших препаратів.

Таблиця 4.12 – Динаміка наростання площі листкової поверхні соняшника залежно від препарату, $м^2$/га

Варіант	Формування листків (ВВСН 16)				Бутонізація (ВВСН 55)				Фізіологічна стиглість (ВВСН 87)			
	2023	2024	2025	середнє	2023	2024	2025	середнє	2023	2024	2025	середнє
1. Фон ($N_{60}P_{60}K_{60}$) – контроль без препарату	8016	6902	7178	**7365,3**	12826	14019	14580	**13808,3**	9924	11720	12189	**11277,7**
2. Фон + Great White Granular One	8561	8158	8831	**8516,7**	14163	15480	16099	**15247,3**	11004	12997	13517	**12506,0**
3. Фон + Біонорма Мікориза	9593	9831	10571	**9998,3**	16374	17897	18613	**17628,0**	13331	15745	16375	**15150,3**
4. Фон + Біофосфорин	9623	10469	11234	**10442,0**	18247	19943	20741	**19643,7**	14923	17625	18330	**16959,3**
5. Фон + Мікофренд	9660	11631	12376	**11222,3**	19003	20770	21934	**20569,0**	15005	19468	20247	**18240,0**
6. Фон + Блу N	10319	11434	11878	**11210,3**	19846	22290	23135	**21757,0**	16218	20445	21380	**19347,7**
7. Фон + Great White Granular One + Блу N	10707	11347	11428	**11160,7**	20474	22098	22969	**21847,0**	16483	18722	18431	**17878,7**
8. Фон + Біонорма Мікориза + Блу N	11539	12070	12206	**11938,3**	21613	22674	23235	**22507,3**	17984	20821	19920	**19575,0**
9. Фон + Біофосфорин + Блу N	13650	12568	13056	**13091,3**	21970	24344	24971	**23761,7**	18228	21907	22090	**20741,7**
10. Фон + Мікофренд + Блу N	14483	13858	14399	**14246,7**	22991	25462	26134	**24862,3**	18895	22983	22876	**21584,7**
$НІР_{05}$	520,99	513,93	423,2	**-**	872,69	590,26	511,96	**-**	709,7	711,78	597,91	**-**

Застосування мікоризного гриба *Glomus intraradices* (варіант 2) забезпечувало лише помірне зростання показників. У фазі бутонізації площа листкової поверхні збільшувалася на 1439 м^2/га порівняно з контролем, що свідчить про стимулювальний вплив препарату на інтенсивність морфогенетичних процесів, однак його ефективність поступалася іншим мікробіологічним композиціям.

Помітно вищі результати формувалися за використання мікоризних препаратів з мікоризними грибами *Trichoderma viride, Glomus sp., Tuber melanosporum* (варіант 3) та комплексу мікоризних грибів та фосфатмобілізувальних бактерій (варіант 5). Їх дія пов'язана з формуванням розгалуженої мережі грибних гіф, яка розширює ефективну зону поглинання води та елементів живлення кореневою системою. Це створювало передумови для інтенсивнішого формування асиміляційного апарату та підвищення донорно-акцепторних взаємовідносин у рослині. Так, у фазі бутонізації площа листкової поверхні у третьому варіанті становила 17628 м^2/га, що перевищувало контроль на 3820 м^2/га або 27,7 %. Ще вищі показники формувалися у п'ятому варіанті – 20569 м^2/га, що було на 48,9 % більше від контролю. Важливо, що перевага цього варіанта зберігалася і до фізіологічної стиглості, де різниця становила 6962 м^2/га. Отримані результати можуть свідчити про вищу ефективність симбіотичного комплексу препарату Мікофренд та його кращу адаптованість до ґрунтово-екологічних умов дослідної ділянки.

Стабільно високі показники також забезпечував препарат з фосформобілізувальними бактеріями *Bacillus megaterium* штаму *BM 206* (варіант 4). У фазі бутонізації середня площа листкової поверхні досягала 19644 м^2/га, що на 42,3 % перевищувало контрольний варіант. Ймовірно, такий ефект пов'язаний із діяльністю фосфатмобілізувальних бактерій, які переводять важкодоступні сполуки фосфору у доступні для рослин форми. Поліпшення фосфорного живлення у критичний період вегетативного росту сприяло активізації асиміляційних процесів, посиленню фотосинтетичної активності посіву та інтенсивнішому наростанню надземної біомаси.

Найвиразніший ефект спостерігався у комбінованих варіантах 6–10, де мікробіологічні препарати поєднували із азотфіксувальною бактерією-ендофітом *Methylobacterium symbioticum* (препарат Блу N). Уже окреме застосування препарату Блу N (варіант 6) забезпечувало суттєве збільшення площі листкової поверхні − у фазі бутонізації середній показник становив 21757 м^2/га, що на 57,6 % перевищувало контроль. Однак поєднання Блу N з мікоризними та фосфатмобілізувальними препаратами забезпечувало ще вищу ефективність, що свідчить про формування комплементарної дії мікробних консорціумів. Зокрема, у варіанті дев'ятому площа листкової поверхні у фазі бутонізації досягала 23762 м^2/га.

Найвищі показники в усі роки досліджень і на всіх фазах розвитку формувалися у варіанті десятому. У фазі бутонізації середня площа листкової поверхні становила 24862 м^2/га, що перевищувало контроль на 11054 м^2/га, або майже у два рази. Перевага цього варіанта зберігалася і до фізіологічної стиглості – 21585 м^2/га проти 11278 м^2/га у контролі.

Отримана динаміка свідчить, що поєднання комплексного мікориз0-бактеріального препарату, здатного посилювати поглинання води та елементів живлення, із бактеріальним препаратом Блу N, який покращує азотне живлення рослин, створює найбільш сприятливі умови для реалізації продукційного потенціалу агроценозу соняшнику та формування високоефективного асиміляційного апарату. Це відповідає концепції конструювання функціонального мікробіому ризосфери, яка набуває дедалі більшого поширення в сучасній агробіологічній науці. Усі встановлені відмінності між варіантами перевищували значення $НІР_{05}$ у відповідні роки досліджень, що підтверджує статистичну достовірність і репрезентативність отриманих результатів.

4.3. Фотосинтетичний потенціал і чиста продуктивність фотосинтезу

Фотосинтетичний потенціал і чиста продуктивність фотосинтезу є ключовими інтегральними показниками функціонування асиміляційного

апарату рослин. Вони характеризують не лише морфометричні параметри листкової поверхні, а й ефективність її роботи у просторово-часовій організації агроценозу. Фотосинтетичний потенціал відображає сумарну асиміляційну активність посіву, інтегруючи динаміку формування, функціонування та поступового відмирання листкового апарату впродовж вегетації. Чиста продуктивність фотосинтезу, своєю чергою, характеризує баланс між інтенсивністю фотоасиміляції та витратами на дихання − саме тому вона вважається одним із найоб'єктивніших критеріїв фізіологічного стану рослин і ефективності використання фотосинтетично активної радіації. У посівах соняшнику між цими показниками формується складна функціональна залежність, і це важливо враховувати при інтерпретації дослідних даних. Надмірний розвиток листкового апарату далеко не завжди супроводжується пропорційним зростанням продуктивності фотосинтезу − взаємне затінення листків і підвищення питомої частки дихальних витрат можуть нівелювати очікуваний ефект. Натомість оптимально сформований асиміляційний апарат забезпечує найбільш ефективну трансформацію сонячної енергії у суху речовину. Комплексний аналіз обох показників дозволяє оцінити не лише кількісні параметри розвитку агроценозу, а й реальну ефективність реалізації його продукційного потенціалу під впливом мікробіологічних препаратів.

4.3.1. Реалізація продуктивності фотосинтезу залежно від удобрення

Аналіз даних таблиці 4.13 свідчить про суттєву диференціацію фотосинтетичного потенціалу посіву соняшнику залежно від системи удобрення та інтенсивності мінерального живлення рослин. Мінімальне значення цього показника зафіксовано у варіанті без удобрення – 581 тис. $м^2$/га×діб, що обумовлено як найменшою середньою площею листкової поверхні (13,5 тис. $м^2$/га), так і найкоротшою тривалістю міжфазного періоду від бутонізації до фізіологічної стиглості (43 доби). За дефіциту елементів живлення рослини формували морфофізіологічно менш розвинений

асиміляційний апарат, для якого характерними були прискорена сенесценція, нижча інтенсивність накопичення сухої речовини та скорочення періоду активного фотосинтетичного функціонування.

Таблиця 4.13 – Фотосинтетичний потенціал посіву соняшника у міжфазний період від бутонізації до фізіологічної стиглості залежно від удобрення (середнє за 2023-2025 рр.)

Варіант	Середня площа листя, тис.м^2/га	Тривалість періоду, діб	Фотосинтетичний потенціал, тис.м^2/га×діб
1. Без удобрення – контроль	13,5	43	581
2. $N_{60}P_{60}K_{60}$ – фон (НАФ)	22,0	51	1122
3. $N_{2,2}P_{10,1}$ (АФ)	16,2	47	761
4. $N_{4,4}P_{20,2}$ (АФ)	17,2	47	808
5. $N_{2,2}P_{9,4}$ (МГД)	18,5	47	870
6. $N_{4,4}P_{18,8}$ (МГД)	21,0	48	1008
7. Фон + $N_{2,2}P_{10,1}$ (АФ)	24,3	50	1215
8. Фон + $N_{4,4}P_{20,2}$ (АФ)	25,7	52	1336
9. Фон + $N_{2,2}P_{9,4}$ (МГД)	28,3	53	1500
10. Фон + $N_{4,4}P_{18,8}$ (МГД)	30,7	55	1689

Застосування мінерального удобрення у формі нітроамофоски у нормі $N_{60}P_{60}K_{60}$ (варіант 2) забезпечувало різке зростання фотосинтетичного потенціалу до 1122 тис. м^2/га×діб, що майже вдвічі перевищувало контроль. Такий ефект був зумовлений збільшенням середньої площі листків до 22,0 тис. м^2/га та подовженням міжфазного періоду до 51 доби. Отримані результати свідчать про істотну оптимізацію донорно-акцепторної системи рослин та пролонгацію активного функціонування фотосинтетичного апарату під впливом збалансованого мінерального живлення. Варіанти з використанням амофосу та мікрогранульованих добрив (варіанти 3–6) формували проміжні

значення фотосинтетичного потенціалу в межах 761–1008 тис. м^2/га×діб. При цьому чітко простежувалася дозозалежна реакція агроценозу: підвищення норми препаратів супроводжувалося послідовним наростанням площі листкової поверхні та подовженням тривалості її фізіологічно активного функціонування. Це свідчить про посилення асиміляційної здатності посіву та підвищення рівня реалізації фотосинтетично активної радіації.

Найвищі значення фотосинтетичного потенціалу отримано у варіантах поєднання мінерального фону з припосівним внесенням (варіанти 7–10). Максимальний показник зафіксовано у десятому варіанті з мікрогранульованими добривами, де фотосинтетичний потенціал досягав 1689 тис. м^{2}га×діб при середній площі листків 30,7 тис. м^2/га та тривалості міжфазного періоду 55 діб. Це на 50,5 % перевищувало варіант із самим лише мінеральним фоном і майже утричі абсолютний контроль. Важливо, що варіанти з мікрогранульованими добривами систематично переважали відповідні варіанти з амофосом за однакових норм внесення елементів живлення.

Інтерпретація даних таблиці 4.14 виявила принципово важливу особливість функціонування фотосинтетичного апарату соняшнику: зростання фотосинтетичного потенціалу не супроводжувалося пропорційним підвищенням чистої продуктивності фотосинтезу. Це узгоджується з сучасними уявленнями про нелінійний характер донорно-акцепторних взаємовідносин у високопродуктивних агроценозах. Найвище значення чистої продуктивності фотосинтезу зафіксовано у варіанті без удобрення − 2,28 г/м^2 за добу, тоді як у варіанті з максимальним фотосинтетичним потенціалом (варіант 10) цей показник становив 1,89 г/м^2 за добу.

Зниження питомої ефективності фотосинтезу за інтенсивного розвитку листкового апарату пояснюється посиленням внутрішньоценотичного затінення, зменшенням освітленості листків нижніх ярусів та зростанням витрат асимілятів на підтримувальне дихання. У таких умовах частина листкового апарату функціонує менш ефективно, що призводить до зниження

продуктивності одиниці асиміляційної поверхні, незважаючи на загальне збільшення її площі.

Таблиця 4.14 – Чиста продуктивність фотосинтезу посіву соняшника у міжфазний період від бутонізації до фізіологічної стиглості залежно від удобрення (середнє за 2023-2025 рр.)

Варіант	Фотосинтетичний потенціал, тис.м^2/га*діб	Приріст сухої біомаси, кг/га	Чиста продуктивність фотосинтезу, г/м^2 за добу
1. Без удобрення – контроль	581	1327	2,28
2. $N_{60}P_{60}K_{60}$ – фон (НАФ)	1122	2076	1,85
3. $N_{2,2}P_{10,1}$ (АФ)	761	1584	2,08
4. $N_{4,4}P_{20,2}$ (АФ)	808	1642	2,03
5. $N_{2,2}P_{9,4}$ (МГД)	870	1778	2,04
6. $N_{4,4}P_{18,8}$ (МГД)	1008	1935	1,92
7. Фон + $N_{2,2}P_{10,1}$ (АФ)	1215	2187	1,80
8. Фон + $N_{4,4}P_{20,2}$ (АФ)	1336	2518	1,88
9. Фон + $N_{2,2}P_{9,4}$ (МГД)	1500	2837	1,89
10. Фон + $N_{4,4}P_{18,8}$ (МГД)	1689	3194	1,89

Водночас абсолютний приріст сухої біомаси за міжфазний період закономірно зростав разом із фотосинтетичним потенціалом − від 1327 кг/га у контролі до 3194 кг/га у десятому варіанті. Це свідчить про те, що навіть за певного зниження питомої інтенсивності фотосинтезу загальна продукційна потужність агроценозу істотно підвищувалася завдяки збільшенню тривалості активного функціонування листкового апарату та наростанню сумарної асиміляційної поверхні.

Таким чином, між фотосинтетичним потенціалом і чистою продуктивністю фотосинтезу проявляється характерний компенсаторно-регуляторний механізм функціонування агроценозу. Посіви з потужним

асиміляційним апаратом формують вищу загальну біомасу переважно за рахунок екстенсивного компонента фотосинтетичної діяльності − збільшення площі листків і тривалості їх функціонування, тоді як менш розвинені агроценози частково компенсують це вищою питомою інтенсивністю фотоасиміляції. Найбільш збалансоване поєднання цих складових, яке забезпечувало максимальну реалізацію продукційного потенціалу соняшнику, формувалося у варіантах комплексного застосування мінерального фону та припосівного внесення мікрогранульованих добрив.

4.3.2. Реалізація продуктивності фотосинтезу залежно від мікробіологічних препаратів

Аналіз даних табл. 4.15 і 4.16 свідчить про глибоку перебудову фотосинтетичної діяльності посіву соняшнику під впливом мікробіологічних препаратів у міжфазний період від бутонізації до фізіологічної стиглості. Саме в цей час формується основна частина сухої речовини, відбувається інтенсивний транспорт асимілятів до генеративних органів і закладається потенціал майбутньої врожайності. Тому показники фотосинтетичного потенціалу (ФП) та чистої продуктивності фотосинтезу (ЧПФ) у цей період найбільш повно характеризують ефективність функціонування агроценозу.

Як видно з табл. 4.15, у контрольному варіанті з нормою $N_{60}P_{60}K_{60}$ без застосування препаратів фотосинтетичний потенціал становив лише 525 тис. м^2/га×діб, що було найнижчим значенням у досліді. Це пояснюється одночасно найменшою площею листкової поверхні − 12,5 тис. м^2/га та найкоротшою тривалістю активного функціонування листкового апарату − 42 доби. За відсутності біологічного супроводу рослини формували менш розвинену асиміляційну систему, а процеси старіння листків розпочиналися раніше, що скорочувало період ефективного накопичення пластичних речовин. Фактично рослини функціонували в умовах обмеженого фотосинтетичного

ресурсу, коли навіть за достатнього мінерального фону потенціал використання елементів живлення залишався неповністю реалізованим.

Застосування окремих мікробіологічних препаратів (варіанти 2–6) забезпечувало послідовне зростання фотосинтетичного потенціалу, причому приріст відбувався не лише за рахунок збільшення площі листків, а й через подовження тривалості їх фізіологічно активного функціонування. Найменший ефект серед одиночних препаратів забезпечував другий варіант – 653 тис. м^2/га×діб, що на 24,4 % перевищувало контроль.

Таблиця 4.15 – Фотосинтетичний потенціал посіву соняшника у міжфазний період від бутонізації до фізіологічної стиглості залежно від препаратів (середнє за 2023-2025 рр.)

Варіант	Середня площа листя, тис.м^2/га	Тривалість періоду, діб	Фотосинтетичний потенціал, тис.м^2/га×діб
1. Фон ($N_{60}P_{60}K_{60}$) – контроль без препарату	12,5	42	525
2. Фон + Great White Granular One	13,9	47	653
3. Фон + Біонорма Мікориза	16,4	51	836
4. Фон + Біофосфорин	18,3	50	915
5. Фон + Мікофренд	19,4	52	1009
6. Фон + Блу N	20,6	53	1092
7. Фон + Great White Granular One + Блу N	19,9	53	1055
8. Фон + Біонорма Мікориза + Блу N	21,0	53	1113
9. Фон + Біофосфорин + Блу N	22,3	55	1227
10. Фон + Мікофренд + Блу N	23,2	58	1346

Суттєво вищі показники формувалися за використання комплексних препаратів, де фотосинтетичний потенціал зростав відповідно до 836 і

915 тис. м^2/га×діб. У цих варіантах спостерігалося не лише активніше наростання листкової поверхні, але й стабільніше її збереження упродовж генеративного періоду. Імовірно, активізація ризосферної мікрофлори та мобілізація важкодоступних форм фосфору сприяли підтриманню вищої інтенсивності метаболічних процесів, унаслідок чого рослини довше зберігали функціонально активний листковий апарат.

Ще виразніше це проявилося у варіантах п’ятому і шостому. Фотосинтетичний потенціал тут становив відповідно 1009 і 1092 тис. м^2/га×діб, тобто практично вдвічі перевищував контрольний варіант. Особливо показовим є ефект препарату Блу N: за площі листкової поверхні 20,6 тис. м^2/га та тривалості міжфазного періоду 53 доби інтегральний рівень фотосинтетичного потенціалу зростав більш ніж на 560 тис. м^2/га×діб порівняно з контролем. Це свідчить, що бактерії роду *Methylobacterium* не лише покращували азотне живлення рослин, а й підтримували довшу функціональну активність листкового апарату, сповільнюючи процеси його фізіологічного старіння.

Найвищі значення фотосинтетичного потенціалу у досліді формувалися за комбінованого застосування препаратів із Блу N (варіанти 7–10). Так, варіант сьомий забезпечував 1055 тис. м^2/га×діб, восьмий − 1113, а дев’ятий – 1227 тис. м^2/га×діб. Абсолютний максимум отримано у десятому варіанті – 1346 тис. м^2/га×діб при площі листя 23,2 тис. м^2/га та тривалості активного функціонування посіву 58 діб, що у 2,56 раза перевищувало контрольний варіант (табл. 4.15). Такий результат уже не можна пояснити лише сумарною дією окремих препаратів. Порівняння одиночних і комбінованих варіантів свідчить про формування вираженого синергічного ефекту між мікоризоутворювальними, фосфатмобілізувальними та азотфіксувальними мікроорганізмами. Якщо окремо Мікофренд забезпечував фотосинтетичний потенціал на рівні 1009 тис. м^2/га×діб, а Блу N – 1092 тис. м^2/га×діб, то їх поєднання підвищувало показник до 1346 тис. м^2/га×діб. Це свідчить про комплексну оптимізацію живлення рослин і функціонування ризосфери, коли поліпшення забезпечення фосфором, азотом і біологічно активними сполуками

створювало умови для формування потужного та довговічного асиміляційного апарату.

Разом із тим дані табл. 4.16 демонструють іншу важливу закономірність − обернену залежність між величиною фотосинтетичного потенціалу та чистою продуктивністю фотосинтезу. Найвищу чисту продуктивність фотосинтезу − 3,64 г/м^2 за добу − зафіксовано саме у контрольному варіанті з найнижчим фотосинтетичним потенціалом.

Таблиця 4.16 – Чиста продуктивність фотосинтезу посіву соняшника у міжфазний період від бутонізації до фізіологічної стиглості залежно від препаратів (середнє за 2023-2025 рр.)

Варіант	Фотосинтетичний потенціал, тис.м^2/га*діб	Приріст сухої біомаси за період, кг/га	Чиста продуктивність фотосинтезу, г/м^2 за добу
1. Фон ($N_{60}P_{60}K_{60}$) – контроль без препарату	525	1910	3,64
2. Фон + Great White Granular One	653	2240	3,43
3. Фон + Біонорма Мікориза	836	2460	2,94
4. Фон + Біофосфорин	915	2380	2,60
5. Фон + Мікофренд	1009	2570	2,55
6. Фон + Блу N	1092	2650	2,43
7. Фон + Great White Granular One + Блу N	1055	2820	2,67
8. Фон + Біонорма Мікориза + Блу N	1113	2920	2,62
9. Фон + Біофосфорин + Блу N	1227	3040	2,48
10. Фон + Мікофренд + Блу N	1346	3320	2,47

На перший погляд це виглядає суперечливо, однак така закономірність є типовою для агрофітоценозів із обмеженою листковою поверхнею. За меншої

площі листків кожна одиниця асиміляційної поверхні працює інтенсивніше, оскільки листки краще освітлюються і менше затінюють один одного. Тобто посів компенсує дефіцит асиміляційної поверхні підвищенням інтенсивності фотосинтезу на одиницю площі листка. У міру збільшення площі листкового апарату та тривалості його функціонування чиста продуктивність фотосинтезу поступово знижувалася. Так, у варіантах 3–6 вона становила відповідно 2,94; 2,60; 2,55 та 2,43 г/м^2 за добу. Це пов'язано із загущенням асиміляційного апарату, взаємним затіненням листків та зростанням частки асимілятів, які витрачалися на підтримання функціонування більшої вегетативної маси. Проте таке зниження чистої продуктивності фотосинтезу не свідчило про погіршення продукційного процесу. Навпаки, абсолютне накопичення сухої біомаси у цих варіантах було значно вищим, ніж на контролі.

Особливо чітко ця закономірність проявилася у комбінованих варіантах 7–10. Незважаючи на те, що чиста продуктивність фотосинтезу тут коливалася лише в межах 2,47–2,67 г/м^2 за добу, приріст сухої біомаси був максимальним − від 2820 до 3320 кг/га. У десятому варіанті приріст сухої речовини досягав 3320 кг/га, що на 1410 кг/га перевищувало контрольний варіант (табл. 4.16).

Отже, визначальним чинником продуктивності посіву була не стільки інтенсивність фотосинтезу окремого листка, скільки здатність агроценозу формувати потужний, тривало функціонуючий листковий апарат із високим інтегральним фотосинтетичним потенціалом. Результати досліджень переконливо свідчать, що застосування мікробіологічних препаратів, особливо їх комбінування з Блу N, суттєво оптимізувало фотосинтетичну діяльність соняшнику. Основний ефект проявлявся через збільшення площі асиміляційної поверхні, подовження тривалості її активного функціонування та формування більшої кількості сухої речовини. Саме ці процеси створювали фізіологічну основу для подальшого підвищення врожайності та ефективнішої реалізації потенціалу культури в умовах Західного Лісостепу України.

Висновки до розділу 4

1. За 2023–2025 рр. найвищу ефективність у формуванні ростових процесів соняшнику забезпечили варіанти з оптимізованим мінеральним удобренням (дослід 1) та комплексними біологічними препаратами (дослід 2). У досліді 1 найкращі результати отримано у варіанті 10 з мікрогранульованими добривами: польова схожість − 91,1 % (+1,2 в. п. до контролю), тривалість вегетаційного періоду − 130 діб, висота рослин − 190,6 см, діаметр стебла − 40,3 мм (+24,1 см і +13,2 мм до контролю). У досліді 2 варіант 10 (Мікофренд + Блу N) забезпечив схожість 89,2 %, тривалість вегетаційного періоду 131 добу, висоту рослин 189,4 см і діаметр стебла 40,1 мм, що відповідно перевищувало контроль на 9,4 в. п., 20 діб, 26,7 см та 10,8 мм. Отримані результати свідчать про виражену синергічну дію локального мікрогранульованого удобрення та мікоризо-бактеріального консорціуму, що посилювали початкові ростові процеси, пролонгували функціонування асиміляційного апарату та забезпечували формування потужнішої опорно-провідної системи рослин.

2. У досліді 1 вирішальне значення мала не лише кількість елементів живлення, а й точність їх локалізації відносно насіння. Варіант 10 забезпечив площу листкової поверхні у фазі бутонізації 35053,0 м^2/га (у 2,4 раза вище контролю), індекс хлорофілу у фазі цвітіння − 502,2 ум. од., площу асиміляційної поверхні у фізіологічній стиглості − 26360,3 м^2/га, що свідчить про уповільнення процесів акропетальної сенесценції листкового апарату. Перевага мікрогранульованих добрив над амофосом пояснюється кращою локалізацією гранул у зоні проростання та стабільнішим забезпеченням рослин фосфором на ранніх етапах органогенезу. У досліді 2 варіант 10 (Мікофренд + Блу N) формував площу листкової поверхні у фазі бутонізації 24862,3 м^2/га (+80,1 % до контролю), а індекс хлорофілу у фазі цвітіння становив 488,2 ум. од. (+20,0 %). Синергетичний ефект мікоризо-бактеріального консорціуму реалізовувався через розширення зони поглинання елементів живлення та активізацію ризосферних процесів.

3. Продуктивність фотосинтетичного апарату соняшнику визначалася комплексною взаємодією системи удобрення та мікробіологічного супроводу. У досліді 1 фотосинтетичний потенціал зростав від 581 до 1689 тис. м^2/га×діб (у 2,9 раза) − від неудобреного контролю до варіанта $N_{60}P_{60}K_{60}$ із мікрогранульованими добривами; мікрогранульовані форми стабільно переважали амофос за однакових норм живлення. У досліді 2 фотосинтетичний потенціал зростав від 525 до 1346 тис. м^2/га×діб, а максимальне значення зафіксовано у варіанті 10 (Мікофренд + Блу N). В обох дослідах виявлено закономірну обернену залежність між фотосинтетичним потенціалом посіву та чистою продуктивністю фотосинтезу: у досліді 1 вона знижувалась від 2,28 до 1,89 г/м^2·добу, у досліді 2 − від 3,64 до 2,47 г/м^2·добу внаслідок взаємного затінення листків і зростання дихальних витрат. Водночас накопичення сухої біомаси зростало пропорційно фотосинтетичному потенціалу: від 1327 до 3194 кг/га у досліді 1 та від 1910 до 3320 кг/га у досліді 2. Визначальним чинником формування високопродуктивного агроценозу була не інтенсивність фотосинтезу окремого листка, а здатність посіву формувати потужний і тривало функціонуючий асиміляційний апарат із високим інтегральним рівнем фотосинтетичної діяльності. Саме оптимізація цих процесів забезпечувала найефективнішу реалізацію продукційного потенціалу соняшнику в умовах Західного Лісостепу України.

Результати досліджень за розділом 4 викладено у публікаціях [8; 9].

Розділ 5. ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЮ ТА ЯКОСТІ ЗЕРНА СОНЯШНИКА ЗАЛЕЖНО ВІД ВПЛИВУ УДОБРЕННЯ ТА МІКРОБІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ

Формування врожаю соняшнику (*Helianthus annuus* L.) є детермінованим багатофакторним процесом, що реалізується через послідовні етапи органогенезу в тісній залежності від рівня мінерального живлення та біотичного середовища ризосфери. Урожай соняшнику формується як результат складної взаємодії генетичного потенціалу гібриду, ґрунтово-кліматичних умов та ефективності технологічних заходів упродовж усього періоду вегетації. Її рівень визначається не лише забезпеченістю рослин елементами живлення й вологою, а й здатністю посіву формувати потужний фотосинтетичний апарат, підтримувати активний обмін речовин і ефективно реалізовувати асиміляційний потенціал у процесі наливу насіння. Саме тому врожайність є найбільш об’єктивним показником реакції соняшнику на умови вирощування та рівень оптимізації агротехнології.

5.1. Урожай та його структурні елементи

Рівень урожайності соняшнику формується внаслідок складної взаємодії фізіолого-біохімічних процесів, інтенсивність яких визначається збалансованістю мінерального живлення та ефективністю функціонування асиміляційного апарату рослин. Азот визначає інтенсивність синтетичної активності листкового апарату і донорно-акцепторні відносини між вегетативними та генеративними органами, регулюючи фотосинтетичний потенціал посіву та накопичення сухої речовини в репродуктивних органах. Проте його надлишок у фазі бутонізації порушує співвідношення C:N у рослині, що спричиняє пригнічення ліпогенезу, знижує біосинтез жирних кислот і, як наслідок, олійність насіння, одночасно посилюючи накопичення запасних білків. Фосфор забезпечує енергетичний метаболізм клітини через

участь у синтезі макроергічних сполук та активацію ферментів вуглеводного обміну. Це визначає інтенсивність ремобілізації асимілятів із вегетативних органів до насіння у критичний період його наливу та сприяє кращому формуванню генеративних структур. Калій, виступаючи регулятором осмотичного потенціалу клітин і тургору продихів, стабілізує водний режим рослин в умовах транспіраційного стресу та підтримує безперервний флоемний транспорт асимілятів до кошика. Дослідження В. В. Борисенка, В. В. Кириченка, М. С. Скидана, М. І. Федорчука та ін. [36; 112; 134; 261; 304] показують, що застосування збалансованих систем удобрення сприяє збільшенню маси 1000 насінин на 5–10 % і покращує структуру врожаю.

5.1.1. Формування елементів продуктивності соняшника залежно від удобрення

Аналіз даних таблиці 5.1 свідчить про достовірний вплив системи удобрення на діаметр кошика соняшнику − важливий морфологічний показник, тісно пов’язаний з озерненістю, масою насіння та кінцевою продуктивністю культури. На контрольному варіанті без удобрення середній діаметр кошика за три роки досліджень становив 20,39 см, що відображає обмежену реалізацію продукційного потенціалу культури за природного рівня родючості ґрунту без додаткового живлення.

Застосування мінерального норми $N_{60}P_{60}K_{60}$ забезпечило приріст діаметра кошика на 3,14 см або 13,3 % відносно контролю, що пояснюється посиленням донорно-акцепторних відносин між листковим апаратом і генеративними органами внаслідок оптимізації живлення у критичні фази органогенезу. Внесення при сівбі добрив у формі амофосу та мікрогранульованих добрив без основного удобрення забезпечило менш виражений ефект − приріст становив 0,75–2,46 см залежно від форми та дози препарату. При цьому мікрогранульовані добрива у подвійній дозі (варіант 6) перевищували аналогічну дозу амофосу (варіант 4) на 0,75 см, що вказує на вищу агрономічну

ефективність мікрогранульованих добрив як джерела локалізованих високодоступних форм фосфору й азоту в зоні початкового розвитку кореневої системи.

Таблиця 5.1 – Діаметр кошика соняшнику залежно від удобрення, см

Варіант	Рік			Середнє за роки	Різниця до контролю	
	2023	2024	2025		см	%
1. Без удобрення – контроль	20,41	20,04	20,71	20,39	-	-
2. $N_{60}P_{60}K_{60}$ – фон (НАФ)	23,77	23,13	23,68	23,53	3,14	13,3
3. $N_{2,2}P_{10,1}$ (АФ)	22,11	20,39	20,93	21,14	0,75	3,5
4. $N_{4,4}P_{20,2}$ (АФ)	22,73	21,43	22,14	22,10	1,71	7,7
5. $N_{2,2}P_{9,4}$ (МГД)	22,87	21,63	22,68	22,39	2,00	8,9
6. $N_{4,4}P_{18,8}$ (МГД)	23,03	22,46	23,06	22,85	2,46	10,7
7. Фон + $N_{2,2}P_{10,1}$ (АФ)	23,38	23,37	24,14	23,63	3,24	13,7
8. Фон + $N_{4,4}P_{20,2}$ (АФ)	23,57	23,59	24,37	23,84	3,45	14,4
9. Фон + $N_{2,2}P_{9,4}$ (МГД)	24,03	23,63	24,37	24,01	3,62	15,0
10. Фон + $N_{4,4}P_{18,8}$ (МГД)	24,75	23,74	25,09	24,53	4,14	16,8
$НІР_{05}$	0,31	0,44	0,71	–		

Найбільш виражений ефект зафіксовано за поєднання мінерального фону з припосівними добривами. Варіанти 7–10 стабільно перевищували як контроль, так і варіант із чистим мінеральним фоном, демонструючи чітку дозозалежну відповідь. Максимальний діаметр кошика − 24,53 см отримано у десятому варіанті, що перевищувало контроль на 4,14 см (16,8 %), а варіант із чистим фоном − на 1,00 см. Отримані різниці були статистично достовірними при $НІР_{05}$ 0,31–0,71 см у всі роки досліджень.

Моделювання множинної регресії низки аналітичних і біометричних показників, врожайності та якості насіння дозволило впевнитися у дієвості та агрономічній ефективності досліджуваних систем удобрення.

Аналіз теоретичної поверхні регресії (рис. 5.1) показує, що зі збільшенням вмісту легкогідролізного азоту в ґрунті діаметр кошика загалом зростає. Найвищі значення показника (понад 25–30 см) спостерігаємо за підвищеного забезпечення ґрунту азотом і середнього або достатнього вмісту рухомого фосфору. Це свідчить про позитивний вплив азотного живлення на формування генеративних органів рослин.

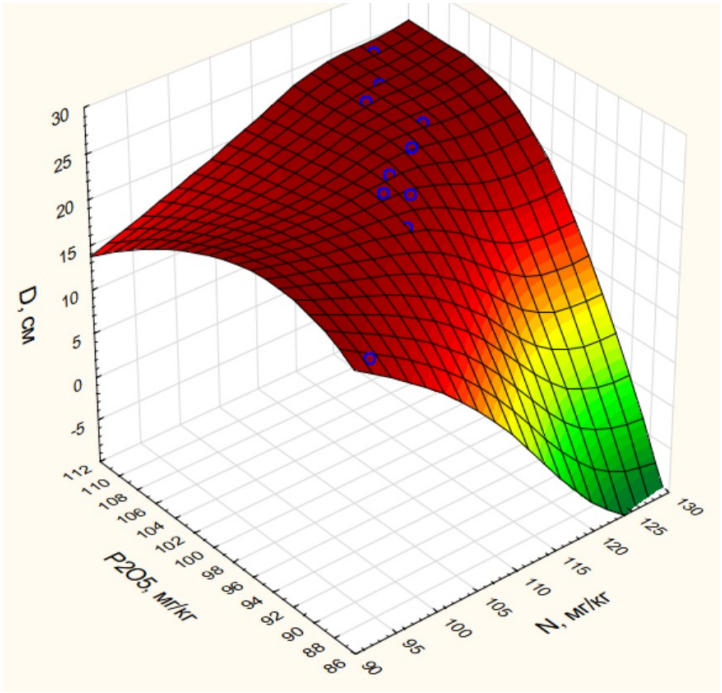


Рис. 5.1. 3В-модель регресії діаметра кошика соняшника (см) залежно від ресурсів легкогідролізного азоту (N, мг/кг) та рухомого фосфору (P_2O_5, мг/кг) за різних норм удобрення

Вплив вмісту рухомого фосфору також є істотним, проте менш вираженим порівняно з азотом. За низького вмісту фосфору та високих концентрацій азоту на поверхні графічної моделі спостерігаємо спад значень діаметра кошика. Це свідчить про розбалансування оптимального співвідношення елементів живлення для формування великого кошика. Таким

чином, максимальний ефект досягається не лише за високих концентрацій кожного елемента живлення, а й за їх збалансованого поєднання.

Колірна шкала поверхні додатково характеризує рівень значень функції відгуку: зелені відтінки відповідають мінімальним значенням діаметра кошика, жовті − середнім, а червоні − максимальним. Відображені на рисунку реальні експериментальні точки служать основою побудови адекватної регресійної площинної 3В-моделі з достатньою точністю апроксимації даних.

Отже, побудована 3В-модель демонструє, що діаметр кошика істотно залежить від рівня азотного та фосфорного ресурсу ґрунту, а оптимальні показники формуються за умов комплексного та збалансованого забезпечення рослин поживними елементами.

Аналіз даних таблиці 5.2 свідчить, що система удобрення суттєво впливала на формування маси 1000 насінин соняшнику − одного з ключових показників виповненості та якості врожаю. Найнижче значення зафіксовано на контролі без удобрення − 53,81 г, що відображає обмежене забезпечення рослин елементами живлення у критичний період наливу насіння та вказує на недостатню акцепторну активність генеративних органів за природного рівня родючості ґрунту.

Застосування мінерального фону $N_{60}P_{60}K_{60}$ забезпечило приріст маси 1000 насінин до 57,23 г (+3,42 г або 6,4 % відносно контролю), що пояснюється покращенням живлення у фази бутонізації і наливу насіння. Самостійне внесення амофосу та мікрогранульованих добрив без фону забезпечувало менш виражений ефект − приріст становив 1,19–3,28 г залежно від форми і дози препарату. При цьому мікрогранульовані добрива у подвійній дозі перевищували аналогічну дозу амофосу на 0,61 г, що підтверджує вищу агрономічну ефективність мікрогранульованої форми добрив завдяки локальному розміщенню поживних речовин у зоні активного росту кореневої системи.

Найвищу масу 1000 насінин сформовано у десятому варіанті − 59,62 г, що достовірно перевищує контроль на 5,81 г (9,7 %) та варіант із чистим

мінеральним фоном на 2,39 г при $НІР_{05}$ 0,38–0,56 г, що підтверджує статистичну значущість отриманих різниць. Встановлена закономірність свідчить про синергетичну дію основного мінерального удобрення та локального припосівного внесення мікрогранульованих добрив.

Таблиця 5.2 – Маса 1000 насінин залежно від удобрення, г

Варіант	Рік			Середнє за роки	Різниця до контролю	
	2023	2024	2025		г	%
1. Без удобрення – контроль	54,02	52,94	54,48	53,81	-	-
2. $N_{60}P_{60}K_{60}$ – фон (НАФ)	56,64	55,51	56,79	56,31	2,50	4,4
3. $N_{2,2}P_{10,1}$ (АФ)	55,21	54,11	55,68	55,00	1,19	2,2
4. $N_{4,4}P_{20,2}$ (АФ)	55,47	54,28	55,85	55,20	1,39	2,5
5. $N_{2,2}P_{9,4}$ (МГД)	55,73	54,53	56,11	55,46	1,65	3,0
6. $N_{4,4}P_{18,8}$ (МГД)	55,82	54,93	56,51	55,75	1,94	3,5
7. Фон + $N_{2,2}P_{10,1}$ (АФ)	57,41	55,29	56,89	56,53	2,72	4,8
8. Фон + $N_{4,4}P_{20,2}$ (АФ)	57,43	56,86	58,50	57,60	3,79	6,6
9. Фон + $N_{2,2}P_{9,4}$ (МГД)	57,68	57,03	58,69	57,80	3,99	6,9
10. Фон + $N_{4,4}P_{18,8}$ (МГД)	59,85	58,65	60,35	59,62	5,81	9,7
$НІР_{05}$	0,81	1,08	1,81	–		

Тривимірна регресійна поверхня відображає залежність маси 1000 насінин від вмісту в ґрунті легкогідролізного азоту (N, мг/кг) та рухомого фосфору (P_2O_5, мг/кг) (рис. 5.2). Поверхня регресії має виражений криволінійний характер, що вказує на нелінійну залежність досліджуваного показника від факторів живлення. Із підвищенням вмісту легкогідролізного азоту від 90 до приблизно 115–120 мг/кг спостерігаємо істотне збільшення маси 1000 насінин. Аналогічно, підвищення забезпеченості ґрунту рухомим фосфором до 100–106 мг/кг також супроводжується зростанням цього показника. Максимальні значення маси 1000 насінин (понад 60 г) формуються в

зоні оптимального поєднання підвищеного вмісту азоту та фосфору, що підтверджує синергічний вплив елементів мінерального живлення на процес наливу та формування насіння.

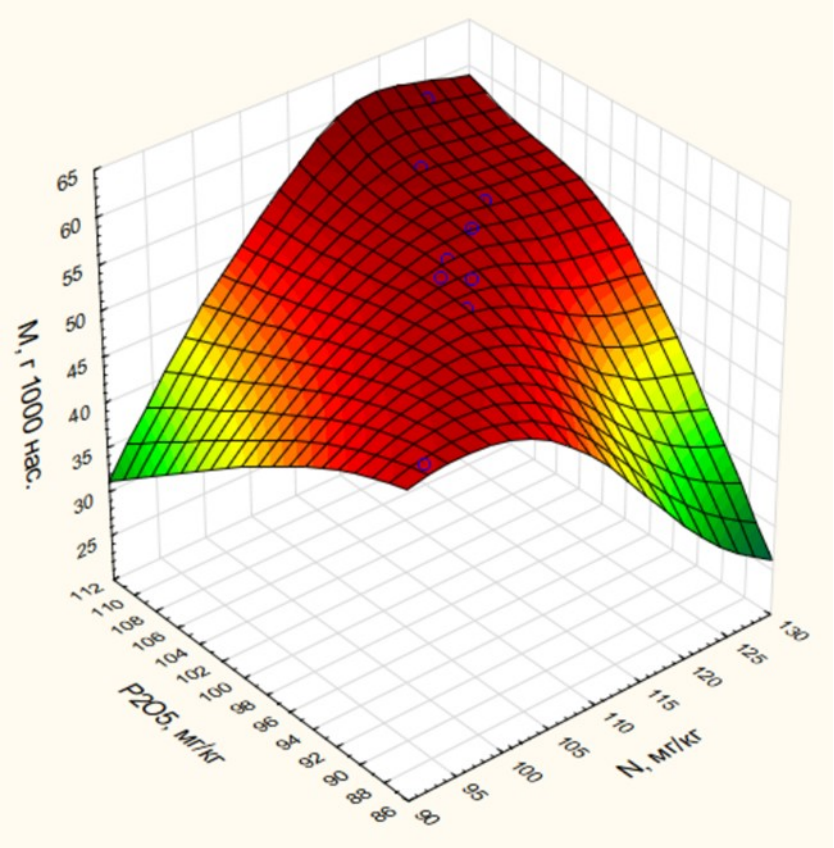


Рис. 5.2. Регресійна 3В-модель залежності маси 1000 насінин (г) від вмісту в ґрунті легкогідролізного азоту (N, мг/кг) та рухомого фосфору (P_2O_5, мг/кг) за різних норм удобрення

У центральній частині поверхні спостерігаємо плато високих значень, яке характеризує найбільш сприятливі умови живлення рослин.

Натура насіння є важливим показником його якості, оскільки характеризує ступінь виповненості зернівок, їх щільність та опосередковано відображає інтенсивність накопичення органічних речовин у період наливу насіння. Результати досліджень упродовж 2023–2025 років засвідчили стале підвищення цього показника зі зростанням інтенсивності та ефективності удобрення (табл. 5.3). Найнижчу натуру насіння отримано у контрольному варіанті без удобрення − 393,98 г/л, що свідчить про недостатнє забезпечення рослин елементами живлення у критичні фази формування врожайності.

Таблиця 5.3 – Натура насіння залежно від удобрення, г/л

Варіант	Рік			Середнє за роки	Різниця до контролю	
	2023	2024	2025		г/л	%
1. Без удобрення – контроль	398,67	384,67	398,59	393,98	-	-
2. $N_{60}P_{60}K_{60}$ – фон (НАФ)	418,33	414,86	429,94	421,04	27,06	6,4
3. $N_{2,2}P_{10,1}$ (АФ)	407,67	398,42	412,88	406,32	12,34	3,0
4. $N_{4,4}P_{20,2}$ (АФ)	409,00	405,22	419,97	411,40	17,42	4,2
5. $N_{2,2}P_{9,4}$ (МГД)	414,00	408,27	423,38	415,22	21,24	5,1
6. $N_{4,4}P_{18,8}$ (МГД)	415,67	412,19	426,84	418,23	24,25	5,8
7. Фон + $N_{2,2}P_{10,1}$ (АФ)	419,00	416,25	431,68	422,31	28,33	6,7
8. Фон + $N_{4,4}P_{20,2}$ (АФ)	420,33	418,28	433,52	424,04	30,06	7,1
9. Фон + $N_{2,2}P_{9,4}$ (МГД)	422,33	421,40	436,79	426,84	32,86	7,7
10. Фон + $N_{4,4}P_{18,8}$ (МГД)	428,33	422,74	438,14	429,74	35,76	8,3
$НІР_{05}$	7,15	17,13	18,6	–		

Внесення добрив супроводжувалося приростом показника на 12–36 г/л, або 3,0–8,3 % відносно контролю. Найменший ефект відзначено за локального внесення амофосу в нормі $N_{2,2}P_{10,1}$, тоді як застосування мікрогранульованих добрив у подвійній дозі $N_{4,4}P_{18,8}$ забезпечувало істотніше підвищення натури насіння і за ефективністю наближалося до дії мінерального фону $N_{60}P_{60}K_{60}$.

Максимальні значення показника сформувалися за поєднання основного мінерального удобрення з локальним припосівним внесенням мікрогранульованих добрив. Зокрема, у десятому варіанті натура насіння досягала 429,74 г/л, що перевищувало контроль на 35,76 г/л, або 8,3 %. Це свідчить про покращення умов наливу та формування більш виповненого насіння завдяки оптимізації мінерального живлення впродовж вегетації. Загалом мікрогранульовані добрива забезпечували дещо вищі показники натури порівняно з амофосом за близьких норм елементів живлення, що може бути

пов’язано з більш рівномірним забезпеченням проростків доступними формами фосфору на початкових етапах органогенезу.

На представленому тривимірному графіку (рис. 5.3) показано регресійну залежність урожаю насіння соняшника від діаметра кошика (D, см) та маси 1000 насінин (г). Поверхня регресії має чітко виражений висхідний характер, що свідчить про позитивний вплив обох факторів на формування врожайності.

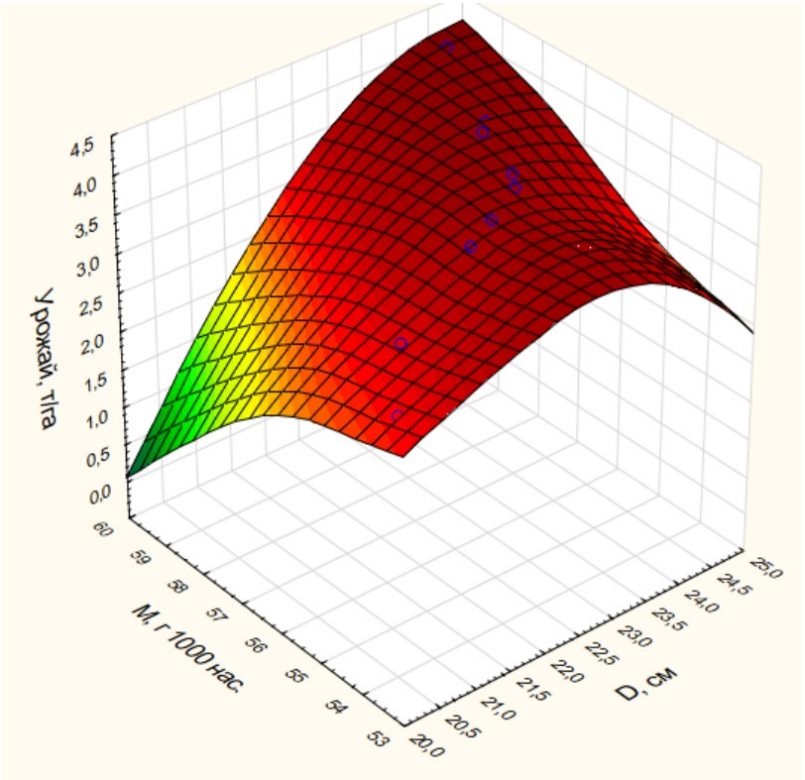


Рис. 5.3. Регресійна 3В-модель зв’язку урожаю (т/га) соняшника від маси 1000 насінин (г) та діаметра кошика (см) за різних систем удобрення

Аналіз поверхні регресії показує, що найбільші рівні врожайності (4,0–4,5 т/га) формуються за поєднання максимального діаметра кошика (24–25 см) та високої маси 1000 насінин (58–60 г). Це свідчить про оптимальний розвиток генеративних органів рослин та інтенсивне накопичення пластичних речовин у насінні. Отримані результати свідчать, що підвищення врожайності соняшника досягається завдяки одночасному покращенню морфометричних показників кошика та підвищенню виповненості насіння.

У даних таблиці 5.4 бачимо помітне поступове зниження врожайності соняшнику від 2023 до 2025 року. На контролі без удобрення середня врожайність становила 2,98 т/га. Внесення нітроамофоски у нормі $N_{60}P_{60}K_{60}$ дало урожай 3,73 т/га, або на 0,75 т/га (25,1 %) більше порівняно з контролем. Це свідчить про важливу роль збалансованого мінерального живлення у формуванні продуктивності соняшнику, оскільки достатнє забезпечення азотом, фосфором і калієм сприяло активнішому розвитку листкового апарату, кореневої системи та кращому наливу насіння.

Таблиця 5.4 – Урожай насіння соняшнику залежно від удобрення, т/га

Варіант	Рік			Середнє за роки	Різниця до контролю	
	2023	2024	2025		т/га	%
1. Без удобрення – контроль	3,11	2,94	2,90	2,98	-	-
2. $N_{60}P_{60}K_{60}$ – фон (НАФ)	3,87	3,69	3,64	3,73	0,75	25,1
3. $N_{2,2}P_{10,1}$ (АФ)	3,41	3,05	3,01	3,15	0,17	5,7
4. $N_{4,4}P_{20,2}$ (АФ)	3,73	3,23	3,19	3,38	0,40	13,4
5. $N_{2,2}P_{9,4}$ (МГД)	3,75	3,70	3,65	3,70	0,72	24,1
6. $N_{4,4}P_{18,8}$ (МГД)	3,79	3,77	3,72	3,76	0,78	26,1
7. Фон + $N_{2,2}P_{10,1}$ (АФ)	3,77	3,85	3,77	3,79	0,81	27,1
8. Фон + $N_{4,4}P_{20,2}$ (АФ)	3,97	3,88	3,83	3,89	0,91	30,5
9. Фон + $N_{2,2}P_{9,4}$ (МГД)	3,99	3,89	3,87	3,91	0,93	31,2
10. Фон + $N_{4,4}P_{18,8}$ (МГД)	4,15	4,14	4,05	4,11	1,13	37,9
$НІР_{05}$	0,14	0,14	0,17	–		

Локальне внесення амофосу виявилося менш ефективним: приріст урожайності залежно від дози становив 0,17–0,40 т/га. Водночас мікрогранульовані добрива забезпечували значно кращий результат навіть за близьких норм елементів живлення. Це пов’язано з кращою доступністю

фосфору для молодих рослин у початкові етапи росту, коли формується коренева система і закладається майбутня продуктивність культури.

Найвищий врожай отримано у десятому варіанті − 4,11 т/га, що на 1,13 т/га, або 37,9 %, перевищувало контроль і на 0,38 т/га варіант із фоновим удобренням. Перевага цього варіанта достовірно підтверджувалася відносно $НІР_{05}$. Отримані результати свідчать, що поєднання основного мінерального удобрення з локальним внесенням мікрогранульованих добрив дозволяє повніше реалізувати продуктивний потенціал соняшнику та підвищити стабільність урожаю в умовах нестійкого зволоження.

Тривимірний графік регресії (рис. 5.4) відображає залежність урожайності соняшника від двох факторів: вмісту легкогідролізного азоту в ґрунті (N, мг/кг) та стану асиміляційного апарата рослин, оціненого за показником N-тестера.

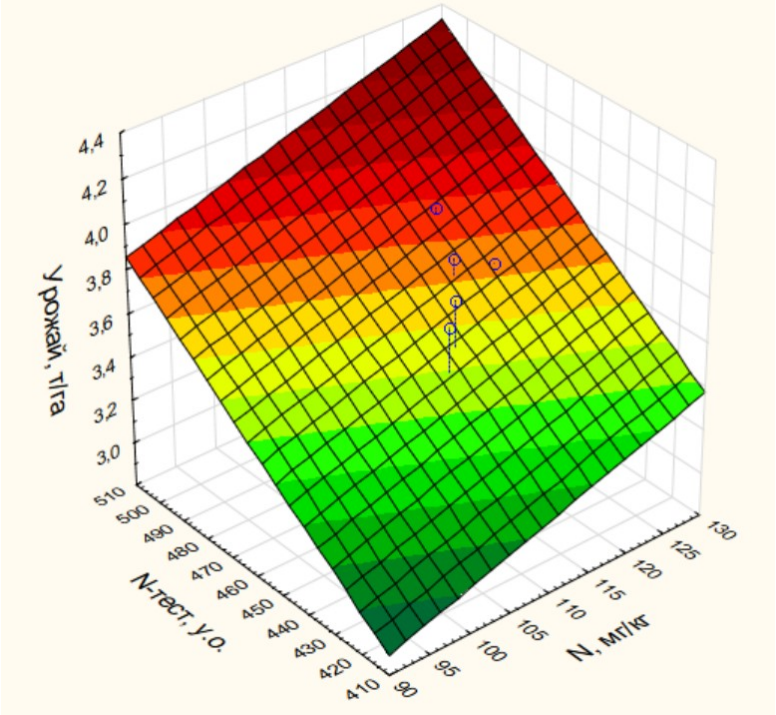


Рис. 5.4. Регресійна 3В-модель залежності урожаю (т/га) соняшника від вмісту легкогідролізного азоту в ґрунті (N, мг/кг) та стану асиміляційного апарата рослин за показником N-тестера за різних норм удобрення

Регресійна модель описується рівнянням:

$$y = -2{,}1129 + 0{,}0119x + 0{,}0096z, \qquad (5.1)$$

де: y – урожай соняшника, т/га;

x – вміст легкогідролізного азоту в ґрунті, мг/кг;

z – показник N-тестера, ум. од.

Поверхня регресії має висхідний характер, що свідчить про позитивний вплив обох досліджуваних факторів на формування врожайності соняшника. Зі збільшенням вмісту легкогідролізного азоту в ґрунті від 90 до 130 мг/кг урожай поступово зростає. Це обумовлено покращенням азотного живлення рослин, активізацією синтезу хлорофілу.

Аналогічну тенденцію спостерігається і щодо показників N-тестера. Підвищення значень N-тестера від 410 до 510 ум. од. супроводжується збільшенням урожайності, що характеризує покращення функціонального стану асиміляційного апарата рослин та зростання інтенсивності фотосинтезу. Високі значення N-тестера свідчать про достатній рівень забезпечення листкового апарата азотом і ефективніше накопичення органічної речовини.

Коефіцієнти регресії показують, що збільшення вмісту легкогідролізного азоту на 1 мг/кг забезпечує приріст урожаю на 0,0119 т/га (11,9 кг/га), тоді як підвищення показника N-тестера на 1 умовну одиницю супроводжується приростом урожайності на 0,0096 т/га (9,6 кг/га). Дещо більший коефіцієнт при показнику легкогідролізного азоту свідчить про його вирішальний вплив на формування врожайності, а стан асиміляційного апарата є вторинним.

5.1.2. Формування елементів продуктивності соняшника залежно від застосування мікробіологічних препаратів

Застосування мікробіологічних препаратів на основі мікоризоутворювальних консорцій та фосфатмобілізувальних бактерій принципово розширює концепцію живлення рослин до біоценотичної парадигми, оскільки активізація ризосферних процесів сприяє підвищенню доступності елементів живлення, інтенсифікації фізіолого-біохімічних процесів і більш повній реалізації продукційного потенціалу культури.

Аналіз даних таблиці 5.5 переконливо свідчить про позитивний вплив мікробіологічних препаратів на формування діаметра кошика. На контрольному варіанті, де застосовували лише мінеральний фон $N_{60}P_{60}K_{60}$ без біологічного супроводу, середній діаметр кошика становив 21,65 см. Це наочно показує, що навіть за достатнього мінерального живлення рослини не повністю реалізовували свій потенціал без активізації ризосферних процесів.

У другому варіанті бачимо помірний результат − діаметр кошика збільшився до 22,34 см, тобто на 0,69 см або 3,1 % порівняно з контролем. Ефект зумовлений насамперед покращенням розвитку кореневої системи через мікоризний симбіоз. Відчутно кращі результати показали варіанти 3 і 4 − приріст становив відповідно 1,48 та 1,47 см, або 6,4 %. Це підтверджує, що активізація фосфатмобілізувальних процесів у ризосфері суттєво впливає на формування генеративних органів соняшнику.

Таблиця 5.5 – Діаметр кошика соняшнику залежно від препаратів, см

Варіант	Рік			Середнє за роки	Різниця до контролю	
	2023	2024	2025		см	%
1. Фон ($N_{60}P_{60}K_{60}$) – контроль без препарату	20,40	22,38	22,17	21,65	-	-
2. Фон + Great White Granular One	21,69	22,60	22,73	22,34	0,69	3,1
3. Фон + Біонорма Мікориза	22,60	22,95	23,85	23,13	1,48	6,4
4. Фон + Біофосфорин	23,27	22,99	23,11	23,12	1,47	6,4
5. Фон + Мікофренд	23,82	23,36	24,16	23,78	2,13	9,0
6. Фон + Блу N	23,93	23,04	23,50	23,49	1,84	7,8
7. Фон + Great White Granular One + Блу N	24,30	22,84	22,96	23,37	1,72	7,4
8. Фон + Біонорма Мікориза + Блу N	24,09	23,31	24,11	23,84	2,19	9,2
9. Фон + Біофосфорин + Блу N	24,41	23,60	24,20	24,07	2,42	10,1
10. Фон + Мікофренд + Блу N	25,72	24,59	25,08	25,13	3,48	13,8
$НІР_{05}$	0,31	0,41	1,12	–		

Найбільш вираженою серед окремих препаратів виявилась дія п’ятого варіанту − діаметр кошика сягав 23,78 см, що на 2,13 см або 9,0 % більше за контроль. Пояснення цьому цілком логічне: препарат містить одночасно мікоризні гриби та асоціативні бактерії ризосфери, що забезпечує не лише покращення живлення, а й стимуляцію синтезу фізіологічно активних речовин, які прискорюють ростові процеси та сприяють формуванню кошика.

Препарат з метилобактерією (варіант 6) також дав помітний ефект − діаметр кошика збільшився до 23,49 см, або на 7,8 %. Можна припустити, що додаткове біологічне забезпечення азотом у критичні періоди підтримувало активність фотосинтетичного апарату і кращий відтік асимілятів до генеративних органів.

Комбіноване застосування біопрепаратів із Блу N закономірно давало вищі результати, ніж окремі препарати. Найефективнішим виявився десятий варіант з діаметром кошика 25,13 см − перевищення контролю склало 3,48 см або 13,8 %. Очевидно, саме поєднання мікоризоутворювальних грибів, фосфатмобілізувальних бактерій та азотфіксувальної дії створювало найбільш сприятливі умови для живлення рослин упродовж усього органогенезу.

Цікаво, що у 2024 році, сприятливішому за зволоженням, різниця між варіантами була менш виразною, тоді як у посушливіші 2023 і 2025 роки ефективність біопрепаратів проявлялась значно сильніше. Це красномовно свідчить про здатність біологічних препаратів пом'якшувати стресові умови вирощування через покращення водного та мінерального забезпечення рослин.

Дані таблиці 5.6 переконливо свідчать, що застосування мікробіологічних препаратів істотно впливало на формування маси 1000 насінин соняшнику. На контрольному варіанті середня маса 1000 насінин становила 52,81 г, що відображає базовий рівень реалізації продуктивного потенціалу культури за традиційної системи живлення.

Найменший приріст цього показника забезпечив другий варіант − 54,31 г, або на 1,50 г (2,8 %) більше порівняно з контролем. Такий ефект був відносно

помірним і лише незначно перевищував $НІР_{05}$, що свідчить про обмежений вплив препарату саме на процеси наливання насіння.

Таблиця 5.6 – Маса 1000 насінин залежно від препаратів, г

Варіант	Рік			Середнє за роки	Різниця до контролю	
	2023	2024	2025		г	%
1. Фон ($N_{60}P_{60}K_{60}$) – контроль без препарату	53,23	52,17	53,02	52,81	-	-
2. Фон + Great White Granular One	54,56	53,74	54,64	54,31	1,50	2,8
3. Фон + Біонорма Мікориза	54,45	55,75	57,02	55,74	2,93	5,3
4. Фон + Біофосфорин	54,84	56,03	56,99	55,95	3,14	5,6
5. Фон + Мікофренд	57,48	56,03	57,33	56,95	4,14	7,3
6. Фон + Блу N	57,68	56,20	57,16	57,01	4,20	7,4
7. Фон + Great White Granular One + Блу N	59,27	56,46	57,77	57,83	5,02	8,7
8. Фон + Біонорма Мікориза + Блу N	59,83	58,63	59,68	59,38	6,57	11,1
9. Фон + Біофосфорин + Блу N	62,20	60,63	62,06	61,63	8,82	14,3
10. Фон + Мікофренд + Блу N	63,69	62,42	63,58	63,23	10,42	16,5
$НІР_{05}$	1,19	1,26	1,8	–		

Варіанти 3 та 4 забезпечили суттєво вищі результати − 55,74 та 55,95 г відповідно, що перевищувало контроль на 2,93–3,14 г або 5,3–5,6 %. Близькі значення цих препаратів свідчать про подібну спрямованість їх дії, насамперед через активізацію фосфатмобілізувальних процесів у ризосфері. Покращення фосфорного живлення у період наливання насіння має особливе значення для синтезу та транспорту енергетичних сполук, що безпосередньо впливає на накопичення сухої речовини в насінні.

Помітно вищий ефект спостерігався у варіантах 5 та 6, де маса 1000 насінин становила відповідно 56,95 та 57,01 г. Приріст відносно контролю досягав 4,14–4,20 г або 7,3–7,4 %. Цікавим є те, що два препарати з різним механізмом дії забезпечили практично однаковий результат. Отримані результати свідчать, що процес наливання насіння соняшнику значною мірою

залежить як від азотного, так і від фосфорного живлення у критичний репродуктивний період.

Найвищі показники формувалися за комбінованого застосування препаратів із Блу N, що вказує на виражений синергетичний ефект поєднання різних груп мікроорганізмів. Сьомий варіант забезпечив масу 1000 насінин на рівні 57,83 г, що на 5,02 г (8,7 %) перевищувало контроль. У восьмому варіанті цей показник зріс до 59,38 г (+6,57 г або 11,1 %), а дев'ятому до 61,63 г (+8,82 г або 14,3 %). Абсолютно найвищу ефективність забезпечив десятий варіант, де середня маса 1000 насінин становила 63,23 г, що перевищувало контроль на 10,42 г або 16,5 %. Отриманий приріст у кілька разів перевищував значення $НІР_{05}$, що підтверджує високу статистичну достовірність результату. Очевидно, комплексне поєднання мікоризних грибів, ризосферно-активних бактерій і азотфіксувальних мікроорганізмів забезпечувало стабільніше надходження елементів живлення до рослин і довше підтримувало активну роботу листкового апарату впродовж періоду наливання насіння. У результаті рослини формували більш виповнене насіння з вищою масою 1000 насінин.

Наведена регресійна 3В-модель характеризує залежність діаметра кошика соняшника (D, см) від умісту в ґрунті рухомих фосфатів (P_2O_5) та обмінного калію (K_2O) за використання мікробіологічних препаратів (рис. 5.5).

Поверхня регресії має складний криволінійний характер, що свідчить про нелінійну взаємодію досліджуваних факторів. На графіку простежуємо чітку тенденцію до збільшення діаметра кошика зі зростанням умісту рухомих фосфатів у ґрунті. У разі низького забезпечення фосфором (72–76 мг/кг) формуються найменші значення показника − близько 15–20 см. Із підвищенням концентрації P_2O_5 до 82–86 мг/кг діаметр кошика зростає до 27− 30 см. Це свідчить про важливу роль фосфору у процесах формування генеративних органів та накопичення пластичних речовин.

Вплив обмінного калію також є вагомим, однак не однозначним. За низького вмісту K_2O спостерігається пригнічення ростових процесів і формування менших кошиків.

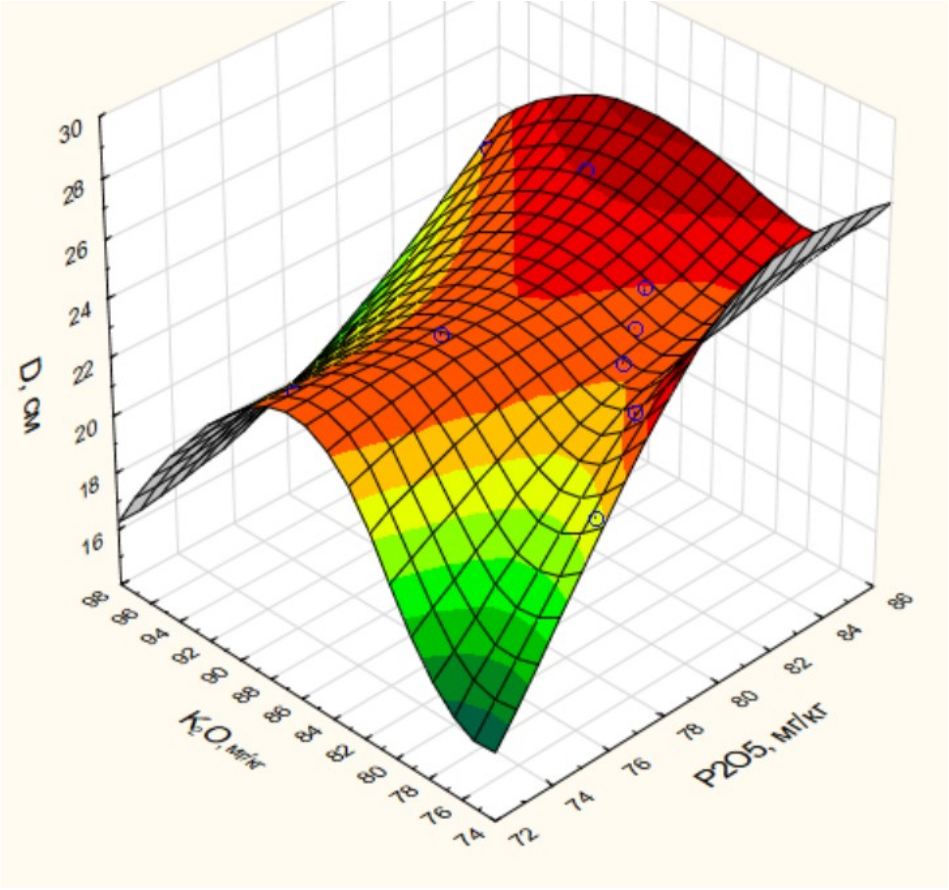


Рис. 5.5. Регресійна 3В-модель зв’язку діаметра кошика соняшника (см) з умістом в ґрунті рухомого фосфору (P_2O_5, мг/кг)та обмінного калію (K_2O, мг/кг) за використання мікробіологічних препаратів

Підвищення калійного забезпечення до оптимального рівня сприяє збільшенню діаметра кошика, що пояснюється покращенням водного режиму рослин, інтенсивністю фотосинтезу та транспортом асимілянтів. Максимальні значення діаметра кошика формуються у зоні одночасно високого вмісту рухомих фосфатів і середнього–підвищеного забезпечення калієм. У цій частині поверхні регресії спостерігаємо платоподібну ділянку з показниками приблизно 28–30 см, що свідчить про досягнення оптимальних умов мінерального живлення.

Дані таблиці 5.7 свідчать про суттєвий вплив мікробіологічних препаратів на натуру насіння соняшнику, яка характеризує ступінь виповненості та щільності насіння. На контрольному варіанті середнє значення натури становило 377,75 г/л. Застосування окремих препаратів забезпечувало

підвищення показника на 2,5–7,4 %, причому найвищу ефективність серед монопрепаратів продемонстрував п’ятий варіант − 408,08 г/л, що на 30,33 г/л перевищувало контроль.

Таблиця 5.7 – Натура насіння залежно від препаратів, г/л

Варіант	Рік			Середнє за роки	Різниця до контролю	
	2023	2024	2025		г/л	%
1. Фон ($N_{60}P_{60}K_{60}$) – контроль без препарату	386,67	366,67	379,91	377,75	-	-
2. Фон + Great White Granular One	393,33	377,67	391,24	387,41	9,66	2,5
3. Фон + Біонорма Мікориза	395,00	381,00	394,98	390,33	12,58	3,2
4. Фон + Біофосфорин	399,33	387,33	401,24	395,97	18,22	4,6
5. Фон + Мікофренд	401,67	390,67	404,71	399,02	21,27	5,3
6. Фон + Блу N	416,00	397,00	411,25	408,08	30,33	7,4
7. Фон + Great White Granular One + Блу N	425,33	408,00	422,70	418,68	40,93	9,8
8. Фон + Біонорма Мікориза + Блу N	426,33	415,67	430,65	424,22	46,47	11,0
9. Фон + Біофосфорин + Блу N	441,00	420,00	435,19	432,06	54,31	12,6
10. Фон + Мікофренд + Блу N	449,00	423,00	438,19	436,73	58,98	13,5
$НІР_{05}$	12,03	13,69	16,75	–		

Комбіноване застосування біопрепаратів із Блу N забезпечувало ще вищі результати, що свідчить про синергетичний ефект їх взаємодії. Найвищу натуру насіння отримано у десятому варіанті − 436,73 г/л, або на 58,98 г/л (13,5 %) більше порівняно з контролем. Отримані результати вказують, що комплексна активізація азотного та фосфорного живлення сприяла кращому наливанню насіння і формуванню більш щільного та виповненого зерна.

Дані таблиці 5.8 наочно демонструють, як мікроорганізми перетворюють стандартний мінеральний фон на високопродуктивну систему живлення

соняшнику. Контрольний варіант без препаратів забезпечив врожайність 3,11 т/га − цілком типовий виробничий показник, однак далеко не межа потенціалу культури.

Таблиця 5.8 – Урожай насіння соняшнику залежно від препаратів, т/га

Варіант	Рік			Середнє за роки	Різниця до контролю	
	2023	2024	2025		т/га	%
1. Фон ($N_{60}P_{60}K_{60}$) – контроль без препарату	3,14	3,06	3,12	3,11	-	-
2. Фон + Great White Granular One	3,30	3,18	3,25	3,24	0,13	4,2
3. Фон + Біонорма Мікориза	3,44	3,28	3,35	3,35	0,24	7,7
4. Фон + Біофосфорин	3,59	3,58	3,66	3,61	0,5	16,0
5. Фон + Мікофренд	3,63	3,64	3,73	3,66	0,55	17,6
6. Фон + Блу N	3,70	3,65	3,74	3,69	0,58	18,6
7. Фон + Great White Granular One + Блу N	3,75	3,77	3,85	3,79	0,68	21,8
8. Фон + Біонорма Мікориза + Блу N	3,84	3,79	3,88	3,83	0,72	23,1
9. Фон + Біофосфорин + Блу N	3,95	3,83	3,92	3,90	0,79	25,4
10. Фон + Мікофренд + Блу N	4,21	3,95	4,04	4,06	0,95	30,5
$НІР_{05}$	0,15	0,15	0,17	–		

Окремі препарати формували чітку ієрархію ефективності. Найскромніший результат показав другий варіант − приріст лише 0,13 т/га або 4,2 %, і вказує на обмежений вплив препарату на продуктивність за умов достатнього мінерального фону. Третій варіант забезпечив приріст 0,24 т/га (7,7 %), тоді як 4, 5 і 6 вийшли на принципово інший рівень − 0,50–0,58 т/га або 16,0–18,6 %. Особливо показово, що Блу N з його азотфіксувальним механізмом дії дав найвищий приріст серед одиночних препаратів, підкреслюючи значення додаткового біологічного азоту в репродуктивний період.

Комбіновані варіанти розкрили синергетичний потенціал біопрепаратів повною мірою. Кожне поєднання з метилобактерією давало відчутно більший

ефект, ніж складова частина окремо. Абсолютний лідер – десятий варіант із середньою врожайністю 4,06 т/га і приростом 0,95 т/га або 30,5 % до контролю. Різниця кратно перевищує $НІР_{05}$ в усі роки, що робить результат статистично беззаперечним. Примітно, що саме цей варіант зберігав найвищу стабільність між роками, тоді як у контролі міжрічна варіабельність була відчутнішою − ще одне свідчення того, що комплексне біологічне живлення пом'якшує вплив погодних стресів на формування врожайності.

Наведена 3В-регресійна модель демонструє залежність урожайності насіння соняшника від умісту в ґрунті рухомих фосфатів (P_2O_5) та обмінного калію (K_2O) за використання мікробіологічних препаратів (рис. 5.6).

Поверхня регресії має переважно лінійний характер із чітко вираженим позитивним нахилом у напрямку збільшення концентрації калію та менш вираженим – фосфатів. Найвищі показники врожаю формуються за підвищеного вмісту обмінного калію (близько 94–98 мг/кг) та достатнього забезпечення ґрунту рухомими фосфатами (82–88 мг/кг). У цій зоні поверхня набуває червоно-оранжевого забарвлення, що відповідає максимальним значенням продуктивності. Отримані результати свідчать, що застосування мікробіологічних препаратів сприяє ефективнішому використанню рослинами фосфору і калію ґрунту, а оптимізація фосфорно-калійного режиму є важливою умовою підвищення продуктивності соняшника.

5.2. Показники якості насіння соняшника

Олійність і вміст протеїну в насінні соняшнику є одними з основних біохімічних показників якості врожаю, оскільки саме вони визначають його технологічну та кормову цінність. Їх формування залежить від інтенсивності фотосинтезу, забезпеченості рослин елементами живлення та умов, у яких проходить наливання насіння. Відомо, що азотне живлення більшою мірою стимулює синтез білкових сполук, тоді як фосфор і калій активізують процеси енергетичного обміну, транспорту асимілятів і накопичення олії.

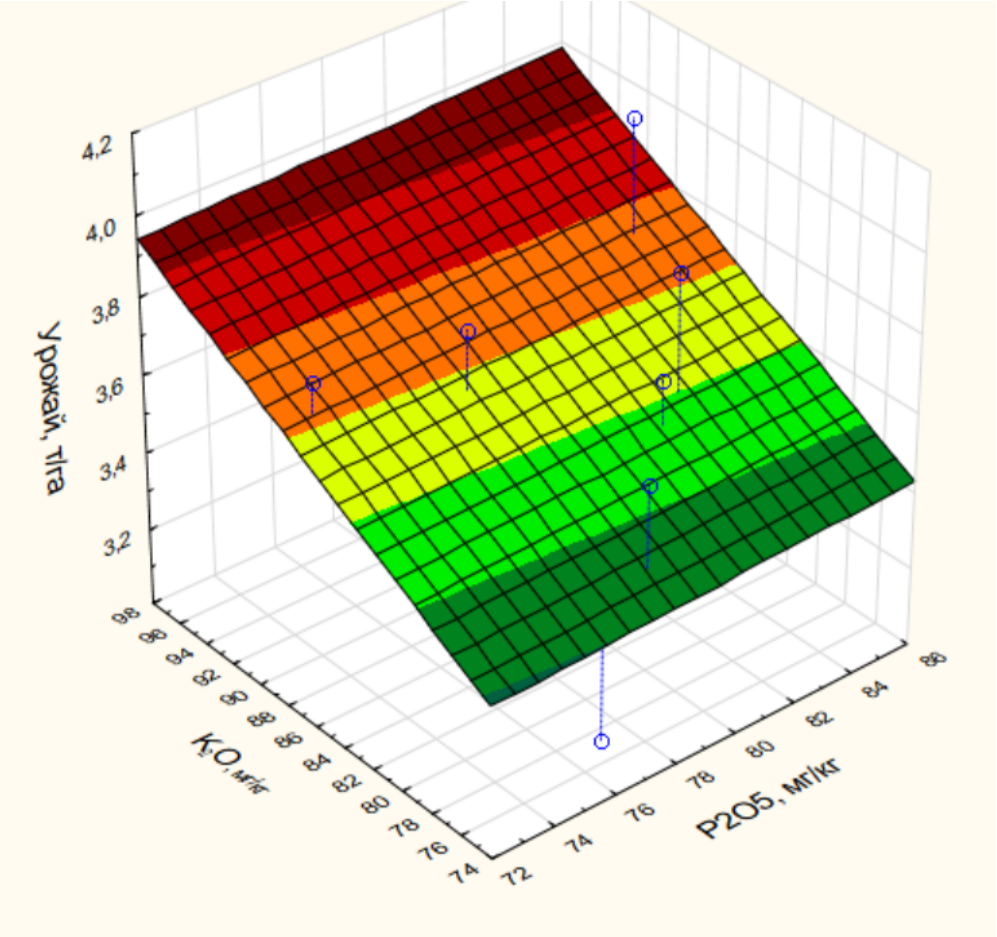


Рис. 5.6. 3В-модель регресії урожайності насіння соняшника від умісту в ґрунті рухомого фосфору (P_2O_5, мг/кг) та обмінного калію (K_2O, мг/кг) за використання мікробіологічних препаратів

Саме тому система удобрення є важливим чинником регулювання біохімічного складу насіння [156; 381]. Додаткову роль у цих процесах можуть відігравати мікробіологічні препарати, які покращують доступність елементів живлення, активізують обмінні процеси в рослині та здатні впливати на співвідношення між олією і протеїном у насінні соняшнику.

5.2.1. Показники якості насіння соняшника залежно від удобрення

Аналіз даних трирічних досліджень, свідчить про виражений позитивний вплив мінерального удобрення як на якісні показники насіння соняшнику, так і на продуктивність культури в цілому.

За результатами досліджень (табл. 5.9), олійність насіння у варіантах із застосуванням добрив стабільно перевищувала контрольний показник. Середнє значення олійності в контрольному варіанті (без удобрення) за 2023–2025 рр. становило 44,69 % відносні, тоді як у варіантах із внесенням добрив цей показник коливався від 46,23 до 46,69 % відносні. Найвищу олійність зафіксовано у дев'ятому варіанті − 46,69 % відносні, що перевищує контроль на 2,00 % відносні (або на 4,3 %).

Таблиця 5.9 – Олійність насіння соняшнику залежно від удобрення, %

Варіант	Рік			Середнє за роки	Різниця до контролю	
	2023	2024	2025		% відн.	+- %
1. Без удобрення – контроль	46,23	44,60	43,24	44,69	-	-
2. $N_{60}P_{60}K_{60}$ – фон (НАФ)	47,23	45,40	46,29	46,31	1,62	3,5
3. $N_{2,2}P_{10,1}$ (АФ)	46,77	45,80	46,66	46,41	1,72	3,7
4. $N_{4,4}P_{20,2}$ (АФ)	47,17	45,73	46,72	46,54	1,85	4,0
5. $N_{2,2}P_{9,4}$ (МГД)	46,80	45,90	46,76	46,49	1,80	3,9
6. $N_{4,4}P_{18,8}$ (МГД)	47,13	45,67	47,09	46,63	1,94	4,2
7. Фон + $N_{2,2}P_{10,1}$ (АФ)	47,23	46,00	45,80	46,34	1,65	3,6
8. Фон + $N_{4,4}P_{20,2}$ (АФ)	47,23	45,53	45,92	46,23	1,54	3,3
9. Фон + $N_{2,2}P_{9,4}$ (МГД)	47,47	46,33	46,27	46,69	2,00	4,3
10. Фон + $N_{4,4}P_{18,8}$ (МГД)	47,33	46,10	46,43	46,62	1,93	4,1
$НІР_{05}$	0,81	0,86	0,48	–		

Слід зазначити, що застосування мікрогранульованих добрив у підвищених дозах (варіанти 6 і 10) забезпечувало дещо вищу олійність порівняно з аналогічними дозами амофосу.

Кореляційний аналіз (рис. 5.7) засвідчив наявність тісного прямого зв'язку між вмістом рухомих фосфатів у ґрунті та олійністю насіння соняшнику (r = 0,723), що вказує на суттєву роль фосфорного живлення у формуванні якісних показників урожаю. Із підвищенням концентрації P_2O_5 у ґрунті від 86 − 87 до 108–111 мг/кг олійність насіння зростала з 44,7 до 46,6–46,7 %.

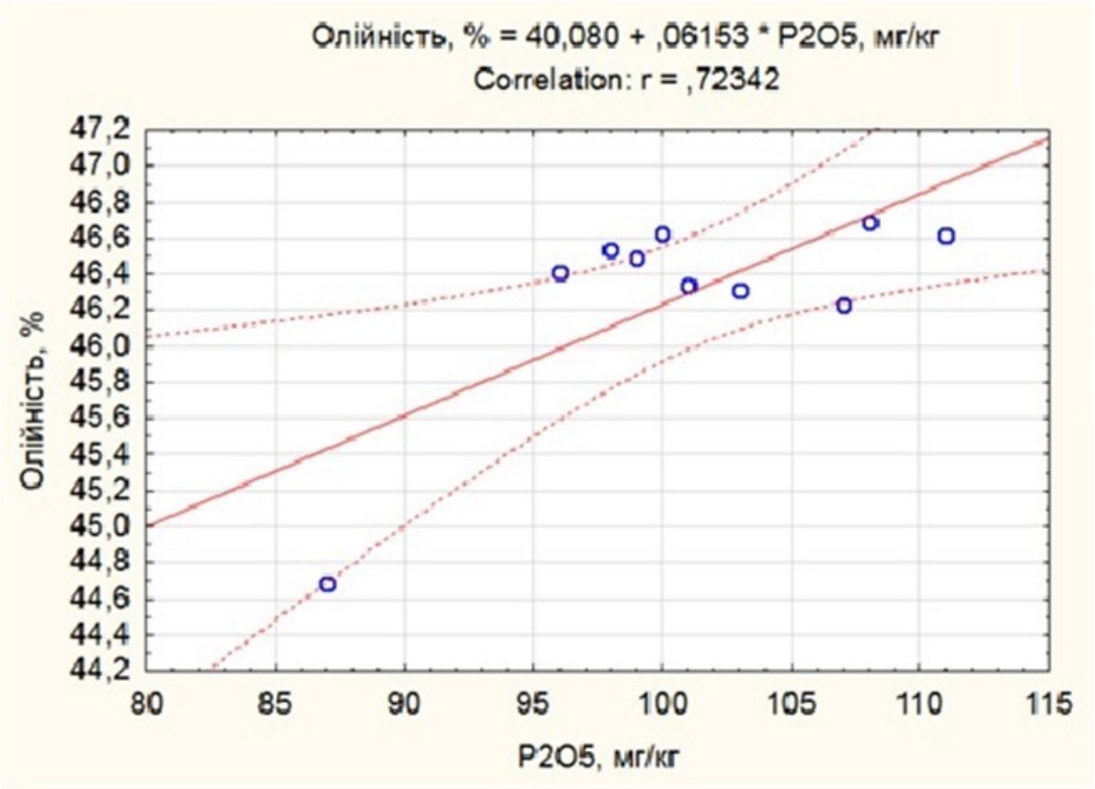


Рис. 5.7. Лінійна кореляція між олійністю насіння соняшника та рухомими формами фосфору в ґрунті за різних систем удобрення

Отримане рівняння регресії показує, що згідно коефіцієнта регресії рухомого фосфору на 1 мг/кг супроводжувалося підвищенням олійності в середньому на 0,0615 %. Таку закономірність пояснюємо тим, що фосфор активізує енергетичний обмін, синтез АТФ та транспорт асимілятів до генеративних органів, що сприяє інтенсивнішому накопиченню олії в насінні. Крім того, оптимізація фосфорного режиму ґрунту забезпечує триваліше функціонування асиміляційного апарату та ефективніше використання продуктів фотосинтезу у процесах ліпідогенезу.

Водночас формування врожайності та олійності насіння сукупно визначають господарську цінність посіву, яку кількісно відображає розрахунковий збір олії (табл. 5.10). У контрольному варіанті цей показник становив лише 1,33 т/га. Найбільший збір олії − 1,92 т/га забезпечив десятий варіант, що на 0,59 т/га, або на 30,6 % більше за контроль. Загалом, поєднання мінерального фону ($N_{60}P_{60}K_{60}$) із внесенням добрив при сівбі у підвищених

дозах (варіанти 8 та 10) зумовлювало найвищий розрахунковий збір олії у межах 1,80–1,92 т/га, що визначається синергетичним ефектом між покращеним азотно-фосфорним живленням і підвищеною олійністю насіння.

Таблиця 5.10 – Розрахунковий збір олії з насіння соняшнику залежно від удобрення, т/га (середнє за 2023-2025 роки)

Варіант	Урожай, т/га	Олійність насіння, %	Умовний збір олії, т/га	Різниця до контролю	
				т/га	%
1. Без удобрення – контроль	2,98	44,69	1,33	-	-
2. $N_{60}P_{60}K_{60}$ – фон (НАФ)	3,73	46,31	1,73	0,40	23,0
3. $N_{2,2}P_{10,1}$ (АФ)	3,15	46,41	1,46	0,13	9,0
4. $N_{4,4}P_{20,2}$ (АФ)	3,38	46,54	1,57	0,24	15,5
5. $N_{2,2}P_{9,4}$ (МГД)	3,70	46,49	1,72	0,39	22,7
6. $N_{4,4}P_{18,8}$ (МГД)	3,76	46,63	1,75	0,42	24,1
7. Фон + $N_{2,2}P_{10,1}$ (АФ)	3,79	46,34	1,76	0,43	24,3
8. Фон + $N_{4,4}P_{20,2}$ (АФ)	3,89	46,23	1,80	0,47	26,0
9. Фон + $N_{2,2}P_{9,4}$ (МГД)	3,91	46,69	1,83	0,50	27,1
10. Фон + $N_{4,4}P_{18,8}$ (МГД)	4,11	46,62	1,92	0,59	30,6

Таким чином, ефективність удобрення соняшнику визначається не лише ростом урожайності, а й поліпшенням якості насіння. Зростання олійності на 1,5–2,0 а відсоткові пункти на фоні збільшення врожайності на 0,17–1,13 т/га зумовлює кратне зростання виходу олії, що є ключовим агрономічним та економічним критерієм оцінки систем удобрення соняшнику в умовах Західного Лісостепу України.

Тривимірна регресійна поверхня демонструє залежність концентрації олії в насінні соняшника від вмісту у ґрунті рухомого фосфору (P_2O_5) та обмінного калію (K_2O) (рис. 5.8).

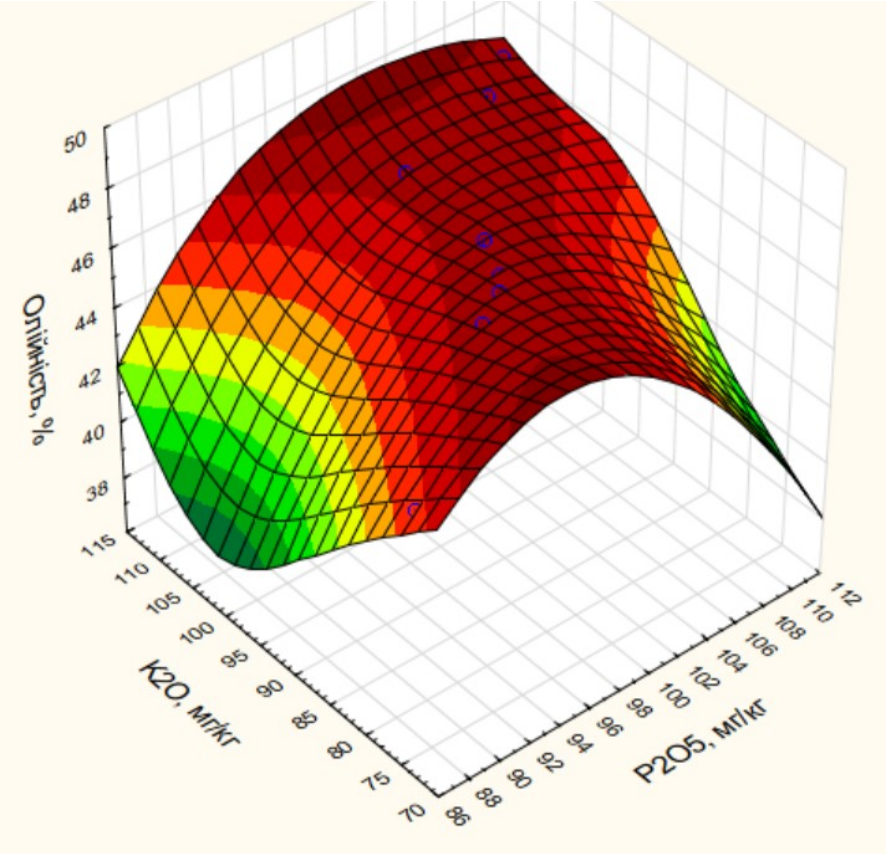


Рис. 5.8. Регресійна 3В-модель зв'язку вмісту олії (%) в насінні соняшника з умістом в ґрунті рухомого фосфору (P_2O_5, мг/кг)та обмінного калію (K_2O, мг/кг)за різних норм удобрення

Аналіз графіка свідчить про складний криволінійний характер взаємодії досліджуваних факторів, що вказує на неоднакову ефективність фосфорного та калійного живлення в різних діапазонах їх запасів. Найнижчі значення олійності насіння (близько 37–40 %) спостерігаємо за низького вмісту рухомих фосфатів і недостатнього забезпечення ґрунту обмінним калієм. У таких умовах обмежуються енергетичні процеси, транспорт асимілянтів і синтез жирних кислот, що негативно впливає на накопичення олії в насінні.

Зі збільшенням концентрації рухомих фосфатів у ґрунті відбувається вагоме підвищення олійності. Фосфор активізує енергетичний обмін, фотосинтез та синтетичні процеси в рослині, завдяки чому посилюється формування запасних речовин, зокрема ліпідів. Найбільш інтенсивне зростання олійності спостерігається в середньому діапазоні забезпеченості фосфором,

після чого поверхня регресії поступово вирівнюється, що може свідчити про досягнення оптимального рівня фосфорного живлення.

Вплив обмінного калію також є вираженим. Калій покращує водний режим рослин, активізує ферментативну діяльність і транспорт продуктів фотосинтезу до насіння. З підвищенням вмісту K_2O у ґрунті концентрація олії зростає, особливо за достатнього забезпечення рослин фосфором. Це свідчить про синергетичний ефект взаємодії фосфору та калію у формуванні олійності соняшника. Після досягнення оптимальних рівнів забезпечення елементами живлення подальше підвищення їх концентрації не забезпечує пропорційного приросту олійності, що вказує на ефект насичення. Отримані результати підтверджують важливу роль збалансованого фосфорно-калійного живлення у формуванні якості насіння соняшника та дають можливість використовувати регресійну модель для прогнозування олійності й оптимізації системи удобрення культури.

Аналіз даних таблиць 5.11–5.12 свідчить про чітку залежність вмісту сирого протеїну та його умовного збору від рівня мінерального живлення і форми добрив для припосівного внесення. На контролі без удобрення вміст сирого протеїну в насінні становив у середньому 10,41 % відносні, тоді як застосування мінерального фону $N_{60}P_{60}K_{60}$ підвищувало цей показник до 12,69 % відносні, тобто на 18,0 % порівняно з контролем (табл. 5.11). Це пояснюється тим, що азот є основним структурним компонентом амінокислот і білків, а достатнє забезпечення рослин азотним живленням активізує синтез протеїнових сполук у критичний період наливання насіння.

Локальне внесення стартових добрив також позитивно впливало на білковість насіння. Ефективність мікрогранульованих форм виявилася вищою порівняно з амофосом. Зокрема, варіант п’ятий забезпечив 12,78 % відносних сирого протеїну проти 11,70 % відносних за внесення амофосу у відповідній нормі (варіант 3) . Така перевага зумовлена більш рівномірним розподілом мікрогранул у зоні проростання насіння та вищою доступністю фосфору для молодих рослин на ранніх етапах органогенезу.

Таблиця 5.11 – Вміст сирого протеїну в насінні соняшнику залежно від удобрення, %

Варіант	Рік			Середнє за роки	Різниця до контролю	
	2023	2024	2025		% відн.	+- %
1. Без удобрення – контроль	10,27	10,40	10,55	10,41	-	-
2. $N_{60}P_{60}K_{60}$ – фон (НАФ)	12,10	12,37	13,60	12,69	2,28	18,0
3. $N_{2,2}P_{10,1}$ (АФ)	11,37	11,77	11,97	11,70	1,29	11,1
4. $N_{4,4}P_{20,2}$ (АФ)	11,87	12,63	12,81	12,44	2,03	16,3
5. $N_{2,2}P_{9,4}$ (МГД)	11,67	13,47	13,19	12,78	2,37	18,5
6. $N_{4,4}P_{18,8}$ (МГД)	11,87	12,93	12,98	12,59	2,18	17,3
7. Фон + $N_{2,2}P_{10,1}$ (АФ)	12,30	13,87	14,16	13,44	3,03	22,6
8. Фон + $N_{4,4}P_{20,2}$ (АФ)	12,37	13,23	13,82	13,14	2,73	20,8
9. Фон + $N_{2,2}P_{9,4}$ (МГД)	12,87	14,33	14,63	13,94	3,53	25,3
10. Фон + $N_{4,4}P_{18,8}$ (МГД)	13,03	14,17	14,53	13,91	3,50	25,2
$НІР_{05}$	0,45	0,6	0,48	–		

Найвищі показники вмісту сирого протеїну формувалися за поєднання мінерального фону із локальним стартовим живленням. У варіантах 9 і 10 вміст сирого протеїну досягав відповідно 13,94 і 13,91 % відносних, що на 25,3–25,2 % перевищувало контроль (табл. 5.11). Подібний ефект є виявом синергії основного та стартового удобрення: фонове внесення формує загальний пул доступних елементів живлення впродовж вегетації, тоді як стартова доза забезпечує інтенсивний розвиток на початкових фаза розвитку рослин, коли закладається потенціал білкової продуктивності.

Представлені дані (рис. 5.9) наочно демонструють пряму і дуже тісну залежність між рівнем азотного живлення рослин та вмістом сирого протеїну у продукції. Коефіцієнт кореляції r = 0,928 свідчить про те, що азот є визначальним чинником білковості зерна – коефіцієнт детермінації вмісту сирого протеїну R^2=0,86.

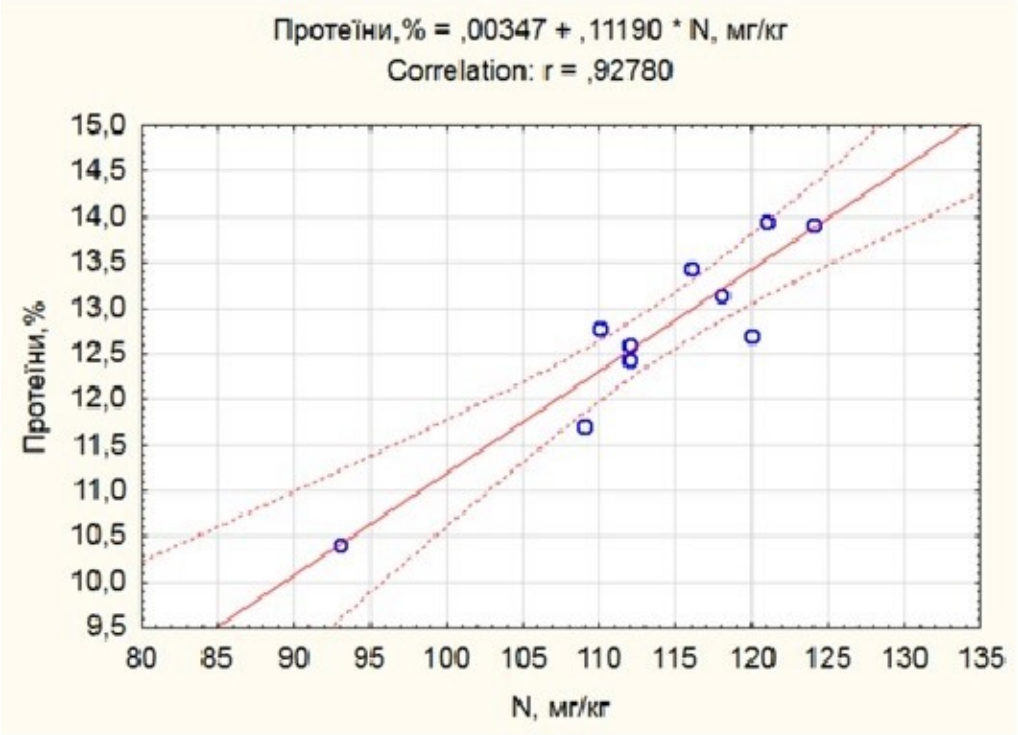


Рис. 5.9. Лінійна кореляція між вмістом сирого протеїну (%) в насінні соняшника та запасами легкогідролізного азоту в ґрунті (N, мг/кг) за різних систем удобрення

З агрофізіологічного погляду це закономірно, адже азот є незамінним структурним елементом білків. Цю залежність відображає рівняння регресії: кожен додатковий міліграм легкогідролізного в ґрунті конвертується у стабільне збільшення протеїну на 0,112% згідно коефіцієнта регресії. Модель допомагає прогнозувати білковість насіння за довго до збирання врожаю. Пороте розсів точок на графіку нагадує наявність стресових випадків через погодні умови, нерівномірність вологозабезпечення або примхи сорту, які можуть порушувати очікуваний результат.

Аналогічна закономірність простежувалась і щодо умовного збору сирого протеїну з одиниці площі (табл. 5.12). На контролі цей показник становив лише 0,31 т/га, застосування мінерального фону (варіант 2) підвищувало його до 0,47 т/га. Максимальний розрахунковий збір сирого протеїну 0,57 т/га –

забезпечив десятий варіант, що на 0,26 т/га, або на 45,8 %, перевищувало контроль.

Таблиця 5.12 – Розрахунковий збір сирого протеїну з насіння соняшнику залежно від удобрення, т/га (середнє за 2023-2025 роки)

Варіант	Урожай, т/га	Вміст сирого протеїну, %	Умовний збір сирого протеїну, т/га	Різниця до контролю	
				т/га	%
1. Без удобрення – контроль	2,98	10,41	0,31	-	-
2. $N_{60}P_{60}K_{60}$ – фон (НАФ)	3,73	12,69	0,47	0,16	34,5
3. $N_{2,2}P_{10,1}$ (АФ)	3,15	11,70	0,37	0,06	15,9
4. $N_{4,4}P_{20,2}$ (АФ)	3,38	12,44	0,42	0,11	26,3
5. $N_{2,2}P_{9,4}$ (МГД)	3,70	12,78	0,47	0,16	34,4
6. $N_{4,4}P_{18,8}$ (МГД)	3,76	12,59	0,47	0,16	34,5
7. Фон + $N_{2,2}P_{10,1}$ (АФ)	3,79	13,44	0,51	0,20	39,1
8. Фон + $N_{4,4}P_{20,2}$ (АФ)	3,89	13,14	0,51	0,20	39,4
9. Фон + $N_{2,2}P_{9,4}$ (МГД)	3,91	13,94	0,55	0,24	43,1
10. Фон + $N_{4,4}P_{18,8}$ (МГД)	4,11	13,91	0,57	0,26	45,8

Високі значення цього показника були зумовлені не лише підвищенням білковості насіння, а й формуванням вищої врожайності, що свідчить про комплексне покращення продукційного процесу соняшнику за умов оптимізованої системи живлення.

Тривимірна регресійна модель концентрації сирого протеїну в насінні соняшника демонструє чіткий позитивний вплив як вмісту легкогідролізного азоту в ґрунті, так і показника N-тестування асиміляційного апарату на формування білковості насіння (рис. 5.10).

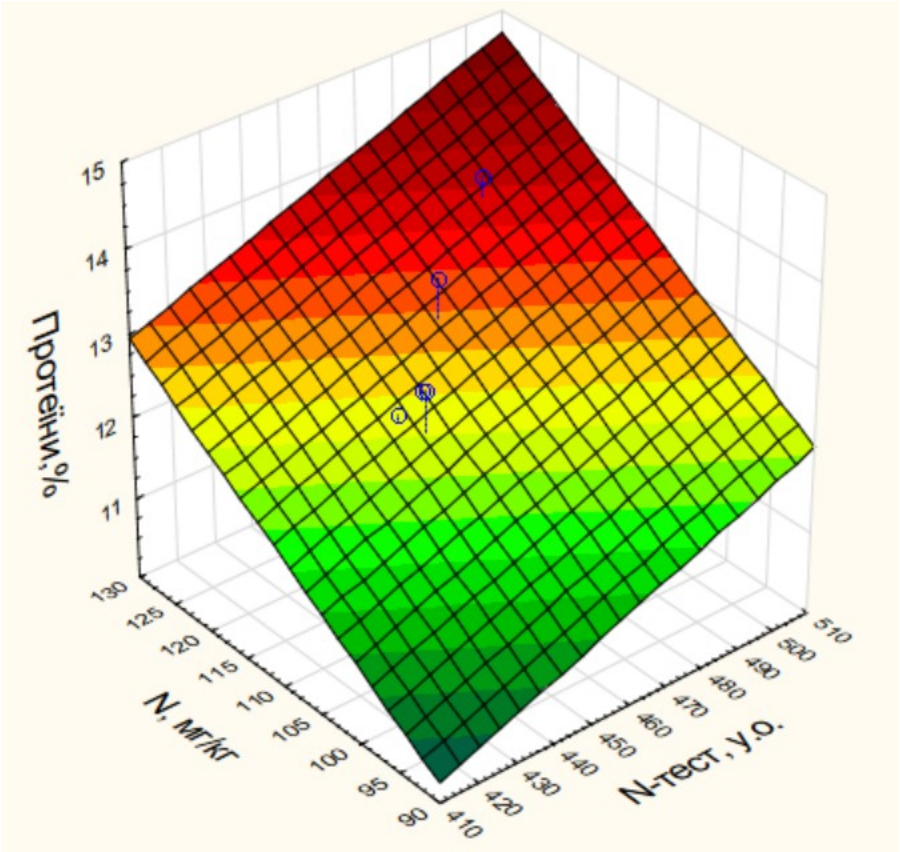


Рис. 5.10. Регресійна 3В-модель зв’язку вмісту сирого протеїну (%) в насінні соняшника з умістом в ґрунті легкогідролізного азоту (N, мг/кг) та оцінкою асиміляційного апарата за показником N-тестера за різних норм удобрення

Рівняння регресії має вигляд:

$$y = -3{,}1701 + 0{,}018x + 0{,}0672z, \qquad (5.2)$$

де: y – вміст протеїну, %;

x – показник N-тестера;

z – вміст легкогідролізного азоту в ґрунті, мг/кг.

Аналіз коефіцієнтів регресії свідчить, що обидва фактори позитивно впливають на накопичення сирого протеїну. Зі збільшенням показника N-тестера на одну умовну одиницю концентрація протеїну підвищується в середньому на 0,018 %, тоді як підвищення вмісту легкогідролізного азоту на 1 мг/кг забезпечує приріст протеїну приблизно на 0,067 %. Це свідчить про первинність впливу забезпеченості ґрунту доступним азотом порівняно з фізіологічним станом листкового апарату.

Поверхня регресії має висхідний характер: у напрямку збільшення обох факторів спостерігається поступове підвищення концентрації протеїну від близько 10,5–11,0 % до 14,5–15,0 %. Найвищі показники сирого протеїну досягаються при поєднанні високого вмісту легкогідролізного азоту в ґрунті (120–130 мг/кг) та високих значень N-тестера (490–510 у.о.). Це свідчить про оптимальний рівень азотного живлення рослин і високу інтенсивність асиміляційних процесів, що забезпечує активне накопичення білків у насінні.

5.2.2. Показники якості насіння соняшнику залежно від мікробіологічних препаратів

Аналіз показників олійності насіння та умовного збору олії свідчить, що застосування мікробіологічних препаратів на фоні мінерального удобрення $N_{60}P_{60}K_{60}$ істотно впливало як на інтенсивність накопичення ліпідів у насінні, так і на кінцевий вихід олії з одиниці площі (табл. 5.13, 5.14). Встановлено, що біологізація системи живлення сприяла не лише покращенню мінерального забезпечення рослин, а й активізації фізіолого-біохімічних процесів, пов'язаних із фотосинтетичною діяльністю, транспортом асимілятів та синтезом жирних кислот у період наливання насіння.

У контрольному варіанті без застосування препаратів олійність насіння становила в середньому 44,81 % відносні, а розрахунковий збір олії − 1,39 т/га, що було найнижчим показником у досліді (табл. 5.13, 5.14). Це свідчить, що навіть за достатнього мінерального фону реалізація потенціалу культури залишалася обмеженою без додаткової стимуляції ризосферних процесів і біологічної активності ґрунту.

Використання окремих мікробіологічних препаратів забезпечило стабільне підвищення олійності насіння на 1,52–2,13 відсоткових пункти порівняно з контролем. Найвищий показник серед моноваріантів сформував третій − 46,94 % відносні, що на 2,13 відсоткових пункти, або на 4,8 % перевищувало контроль.

Таблиця 5.13 – Олійність насіння соняшнику залежно від препаратів, %

Варіант	Рік			Середнє за роки	Різниця до контролю	
	2023	2024	2025		% відн.	+- %
1. Фон ($N_{60}P_{60}K_{60}$) – контроль без препарату	46,60	44,60	43,24	44,81	-	-
2. Фон + Great White Granular One	47,30	45,40	46,29	46,33	1,52	3,3
3. Фон + Біонорма Мікориза	48,37	45,80	46,66	46,94	2,13	4,5
4. Фон + Біофосфорин	48,00	45,73	46,72	46,82	2,01	4,3
5. Фон + Мікофренд	47,63	45,90	46,76	46,76	1,95	4,2
6. Фон + Блу N	47,30	45,67	47,09	46,69	1,88	4,0
7. Фон + Great White Granular One + Блу N	47,57	46,00	45,80	46,46	1,65	3,5
8. Фон + Біонорма Мікориза + Блу N	47,20	45,53	45,92	46,22	1,41	3,0
9. Фон + Біофосфорин + Блу N	48,43	46,33	46,27	47,01	2,20	4,7
10. Фон + Мікофренд + Блу N	47,13	46,10	46,43	46,55	1,74	3,7
$НІР_{05}$	0,9	0,86	0,48	–		

Близькі результати отримано також 4 та 5 варіантах − відповідно 46,82 і 46,76 % відносні. Це пояснюється покращенням фосфорного живлення та активізацією мікробіологічних процесів у ризосфері, оскільки достатнє забезпечення рослин фосфором є одним із ключових чинників синтезу й накопичення олії.

Застосування препарату Блу N (варіант 5) також позитивно вплинуло на якісні показники насіння: олійність зросла до 46,69 % відносні, або на 1,88 відсоткових пункти порівняно з контролем. Це зумовлено покращенням азотного живлення рослин упродовж вегетації завдяки асоціативній азотфіксації *Methylobacterium symbioticum*.

Найвиразніше дія Блу N проявилася у комбінованих варіантах, де поєднувалися азотфіксувальні, фосформобілізувальні та мікоризні мікроорганізми. Таке поєднання створювало сприятливіші умови для

стабільного функціонування фотосинтетичного апарату та ефективнішого використання асимілятів у період формування насіння.

Таблиця 5.14 – Розрахунковий збір олії з насіння соняшнику залежно від препаратів, т/га (середнє за 2023-2025 роки)

Варіант	Урожай, т/га	Олійність насіння, %	Розрахунковий збір олії, т/га	Різниця до контролю	
				т/га	%
1. Фон ($N_{60}P_{60}K_{60}$) – контроль без препарату	3,11	44,81	1,39	-	-
2. Фон + Great White Granular One	3,24	46,33	1,50	0,11	7,9
3. Фон + Біонорма Мікориза	3,35	46,94	1,57	0,18	12,9
4. Фон + Біофосфорин	3,61	46,82	1,69	0,30	21,5
5. Фон + Мікофренд	3,66	46,76	1,71	0,32	23,0
6. Фон + Блу N	3,69	46,69	1,72	0,33	23,7
7. Фон + Great White Granular One + Блу N	3,79	46,46	1,76	0,37	26,6
8. Фон + Біонорма Мікориза + Блу N	3,83	46,22	1,77	0,38	27,3
9. Фон + Біофосфорин + Блу N	3,90	47,01	1,83	0,44	31,6
10. Фон + Мікофренд + Блу N	4,06	46,55	1,89	0,50	35,9

Найвищу олійність у досліді зафіксовано у дев’ятому варіанті − 47,01 % відносні, що перевищувало контроль на 2,20 відсоткових пункти, або 4,9 % відносно контролю (табл. 5.13). Проте максимальний розрахунковий збір олії отримано у десятому варіанті − 1,89 т/га, що на 0,50 т/га, або на 36,0 % більше порівняно з контролем (табл. 5.14). Це свідчить, що кінцевий вихід олії визначався не лише концентрацією ліпідів у насінні, а й рівнем урожайності. Саме поєднання високої продуктивності посіву з достатньо високою олійністю забезпечило найкращий результат за збором олії з гектара.

Загалом простежується закономірність: комбіноване застосування мікробіологічних препаратів із Блу N було ефективнішим порівняно з

використанням окремих препаратів. У цих варіантах розрахунковий збір олії становив 1,76–1,89 т/га, тоді як за використання моноваріантів − 1,50–1,72 т/га. Отримані результати вказують на синергічний характер дії мікроорганізмів, оскільки одночасне мікробіологічне покращення живлення створювало оптимальні умови для формування високої продуктивності посіву й інтенсивного накопичення олії в насінні соняшнику.

Аналіз даних таблиці 5.15 свідчить, що застосування мікробіологічних препаратів на фоні повного мінерального удобрення $N_{60}P_{60}K_{60}$ сприяло підвищенню вмісту сирого протеїну в насінні соняшнику.

Таблиця 5.15 – Вміст сирого протеїну в насінні соняшнику залежно від препаратів, %

Варіант	Рік			Середнє за роки	Різниця до контролю	
	2023	2024	2025		% відн.	+- %
1. Фон ($N_{60}P_{60}K_{60}$) – контроль без препарату	11,17	12,50	12,55	12,07	-	-
2. Фон + Great White Granular One	12,10	14,47	13,99	13,52	1,45	10,7
3. Фон + Біонорма Мікориза	11,53	13,93	13,52	12,99	0,92	7,1
4. Фон + Біофосфорин	11,77	13,47	13,78	13,01	0,94	7,2
5. Фон + Мікофренд	11,73	12,70	13,13	12,52	0,45	3,6
6. Фон + Блу N	12,13	13,93	14,26	13,44	1,37	10,2
7. Фон + Great White Granular One + Блу N	11,70	13,00	13,31	12,67	0,60	4,7
8. Фон + Біонорма Мікориза + Блу N	11,57	13,07	13,49	12,71	0,64	5,0
9. Фон + Біофосфорин + Блу N	12,10	13,97	13,00	13,02	0,95	7,3
10. Фон + Мікофренд + Блу N	12,47	14,10	14,26	13,61	1,54	11,3
$НІР_{05}$	0,58	0,64	0,61	–		

У контрольному варіанті без застосування препаратів середній вміст сирого протеїну становив 12,07 % відносні. Використання біопрепаратів

забезпечувало приріст цього показника на 0,45–1,54 відсоткових пункти, або на 3,6–11,3 % до контролю. Найвищий вміст сирого протеїну отримано у десятому варіанті − 13,61 %, що на 1,54 відсоткових пункти перевищувало контроль. Близькі результати забезпечили варіанти другий (13,52 % відносні) та шостий (13,44 % відносні). Водночас застосування окремих препаратів характеризувалося дещо нижчим, але стабільним підвищенням показника до 12,99–13,02 % відносних.

Отримані результати свідчать, що мікробіологічні препарати активізували процеси азотного живлення рослин, покращували засвоєння елементів живлення та сприяли інтенсивнішому синтезу білкових сполук у насінні. Особливо ефективними виявилися комбіновані варіанти із застосуванням Блу N, що, імовірно, пов’язано з додатковою біологічною фіксацією азоту та стимуляцією фізіолого-біохімічних процесів у рослинах. Водночас між роками досліджень спостерігалася певна мінливість показників, зумовлена впливом погодних умов, однак загальна тенденція до зростання вмісту протеїну під дією препаратів зберігалася в усі роки.

Аналіз даних таблиці 5.16 свідчить, що розрахунковий збір сирого протеїну залежав від комплексного поєднання врожайності насіння та концентрації протеїну в ньому. У контрольному варіанті цей показник становив 0,38 т/га. Застосування мікробіологічних препаратів забезпечувало його зростання до 0,44–0,55 т/га, або на 12,7–31,2 % відносно контролю.

Найвищий розрахунковий збір сирого протеїну сформувався у десятому варіанті − 0,55 т/га, що на 0,17 т/га перевищило показник контролю. Високою ефективністю також характеризувалися варіанти четвертий та шостий, де розрахунковий збір сирого протеїну становив відповідно 0,51 та 0,50 т/га.

Слід відзначити, що навіть за близьких показників вмісту протеїну різниця в урожайності істотно впливала на кінцевий збір сирого протеїну з одиниці площі. Саме тому варіанти, які поєднували високу продуктивність із підвищеним вмістом протеїну, забезпечували найкращі результати.

Таблиця 5.16 – Розрахунковий збір сирого протеїну з насіння соняшнику залежно від препаратів, т/га (середнє за 2023-2025 роки)

Варіант	Урожай, т/га	Вміст сирого протеїну, %	Розрахунковий збір сирого протеїну, т/га	Різниця до контролю	
				т/га	%
1. Фон ($N_{60}P_{60}K_{60}$) – контроль без препарату	3,11	12,07	0,38	-	-
2. Фон + Great White Granular One	3,24	13,52	0,44	0,06	13,3
3. Фон + Біонорма Мікориза	3,35	12,99	0,44	0,06	12,7
4. Фон + Біофосфорин	3,61	13,01	0,47	0,09	19,1
5. Фон + Мікофренд	3,66	12,52	0,46	0,08	17,1
6. Фон + Блу N	3,69	13,44	0,50	0,12	23,4
7. Фон + Great White Granular One + Блу N	3,79	12,67	0,48	0,10	20,9
8. Фон + Біонорма Мікориза + Блу N	3,83	12,71	0,49	0,11	21,9
9. Фон + Біофосфорин + Блу N	3,90	13,02	0,51	0,13	25,2
10. Фон + Мікофренд + Блу N	4,06	13,61	0,55	0,17	31,2

Висновки до розділу 5

1. Проведені дослідження підтвердили визначальну роль оптимізації мінерального та біологічного живлення у формуванні продуктивності соняшнику. Встановлено, що поєднання фонового удобрення $N_{60}P_{60}K_{60}$ з припосівним внесенням мікрогранульованих добрив (10 варіант) забезпечило найвищі показники елементів структури врожаю: діаметр кошика − 24,53 см, масу 1000 насінин − 59,62 г, натуру насіння − 429,74 г/л та врожай − 4,11 т/га, що перевищувало контроль відповідно на 16,8; 9,7; 8,3 та 37,9 %. Мікрогранульовані форми добрив стабільно переважали амофос за близьких норм елементів живлення, що свідчить про їх вищу агрономічну ефективність завдяки локалізованому розміщенню доступних форм фосфору й азоту у зоні початкового росту кореневої системи. Застосування мікробіологічних

препаратів на фоні $N_{60}P_{60}K_{60}$ додатково активізувало формування продукційного процесу соняшнику. Найвищі показники серед біологічних систем живлення отримано за сумісного застосування Мікофренду та Блу N (10 варіант): діаметр кошика становив 25,13 см, маса 1000 насінин − 63,23 г, натура насіння − 436,73 г/л, а врожай − 4,06 т/га, що перевищувало контроль відповідно на 13,8; 16,5; 13,5 та 30,5 %. Поєднання мікоризоутворювальних, фосфатмобілізувальних та азотфіксувальних мікроорганізмів забезпечувало синергетичне покращення мінерального й водного живлення рослин, сприяло стабілізації продукційних процесів та підвищувало адаптивність соняшнику до умов нестійкого зволоження.

2. Встановлено, що оптимізація системи живлення соняшнику істотно впливала на формування біохімічних показників якості насіння та вихід основної продукції з одиниці площі. Найвищу олійність насіння серед варіантів удобрення забезпечив дев'ятий варіант − 46,69 % відносних, тоді як максимальний розрахунковий збір олії − 1,92 т/га отримано на десятому варіанті, що на 30,6 % перевищувало контроль. У цьому ж варіанті сформувалися високі показники вмісту сирого протеїну (13,91 % відносних) та його умовного збору (0,57 т/га), що свідчить про комплексне покращення продукційного процесу культури. Мікробіологічні препарати на фоні $N_{60}P_{60}K_{60}$ додатково посилювали накопичення олії та білкових сполук у насінні. Найвищу олійність (47,01 %) забезпечило поєднання Біофосфорину з Блу N (варіант 9), тоді як максимальний розрахунковий збір олії (1,89 т/га), вміст сирого протеїну (13,61 %) та його розрахунковий збір (0,55 т/га) отримано за сумісного застосування Мікофренду та Блу N (варіант 10). Отримані результати свідчать, що інтеграція локального стартового удобрення з біологізацією системи живлення забезпечує не лише підвищення врожайності, а й суттєве покращення якості насіння соняшнику в умовах Західного Лісостепу України.

Результати досліджень за розділом 5 викладено у публікаціях [12; 14; 16; 19; 363].

Розділ 6. ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ТА БІОЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ СОНЯШНИКА

Комплексна оцінка економічної та біоенергетичної ефективності агротехнічних заходів є необхідною умовою всебічного аналізу ефективності сучасних технологій вирощування соняшнику. Економічний аналіз дозволяє встановити рівень виробничих витрат, собівартість продукції, величину умовно чистого доходу та рентабельність застосування окремих досліджуваних елементів технології. Біоенергетична оцінка базується на визначенні співвідношення між кількістю енергії, акумульованої у врожаї, та сукупними антропогенними витратами на його отримання. Такий підхід є особливо актуальним в умовах зростання вартості енергетичних ресурсів і засобів виробництва, оскільки дає змогу об’єктивно обґрунтувати доцільність застосування добрив і мікробіологічних препаратів у технології вирощування культури.

6.1. Аналіз економічної ефективності досліджуваних факторів

У сучасному аграрному виробництві економічна ефективність технології визначається не лише рівнем урожайності, а й здатністю забезпечувати стабільний фінансовий результат в умовах зростання виробничих витрат і кліматичної нестабільності. Пріоритетом для агровиробника стає не максимізація затрат, а досягнення оптимального співвідношення між вкладеними ресурсами та вартістю отриманої продукції. В умовах воєнного часу, стрімкого подорожчання пального, мінеральних добрив і засобів захисту рослин, а також обмеженої доступності кредитних ресурсів питання раціонального використання кожної вкладеної гривні набуває особливої актуальності. Економічна оцінка дозволяє визначити, наскільки ефективно витрати на добрива та мікробіологічні препарати трансформуються у приріст урожайності й формування прибутку. У дослідженнях Ю. В. Мащенка,

О. І. Полякова та ін. [189; 224; 230] встановлено, що використання оптимальних доз мінеральних добрив може забезпечувати підвищення рентабельності виробництва соняшнику на 20–35 % залежно від ґрунтово-кліматичних умов і рівня врожайності культури. За умов нестабільного ринку збуту, логістичних труднощів і високої вартості енергоносіїв навіть незначне зниження собівартості продукції або підвищення окупності витрат може суттєво впливати на конкурентоспроможність і фінансову стійкість господарства. Саме тому об’єктивна економічна оцінка агротехнологічних заходів є важливою складовою наукового обґрунтування сучасних технологій вирощування соняшнику в умовах України.

6.1.1. Аналіз економічної ефективності застосування добрив

Аналіз економічної ефективності різних систем удобрення соняшнику свідчить про суттєвий вплив як мінеральних добрив, так і локального застосування мікрогранульованих форм на формування врожайності, чистого прибутку та рівня рентабельності виробництва.

Найнижчі економічні показники за врожайністю були отримані у контрольному варіанті без удобрення, де урожай становила 2,98 т/га (дод. Г, табл. Г.1). Водночас через відсутність додаткових витрат цей варіант характеризувався відносно високим рівнем рентабельності − 365,9 %. Проте абсолютні показники валової продукції та чистого прибутку були нижчими порівняно з удобреними варіантами і становили відповідно 80460 та 63190 грн/га. Це свідчить про те, що високий відсоток рентабельності у контролі пояснюється насамперед низьким рівнем виробничих затрат, а не високою продуктивністю культури.

Внесення добрив у нормі $N_{60}P_{60}K_{60}$ забезпечило істотне підвищення врожайності до 3,73 т/га, або на 0,75 т/га більше порівняно з контролем. Вартість валової продукції при цьому зросла до 100710 грн/га, а чистий прибуток до 69565 грн/га. Однак значне збільшення витрат на добрива та їх

внесення (13875 грн/га) (рис. 6.1) зумовило зниження рівня рентабельності до 223,4 %. Це вказує на те, що застосування високих норм традиційних мінеральних добрив хоча й забезпечує суттєвий приріст урожайності, проте супроводжується значним зростанням собівартості продукції.

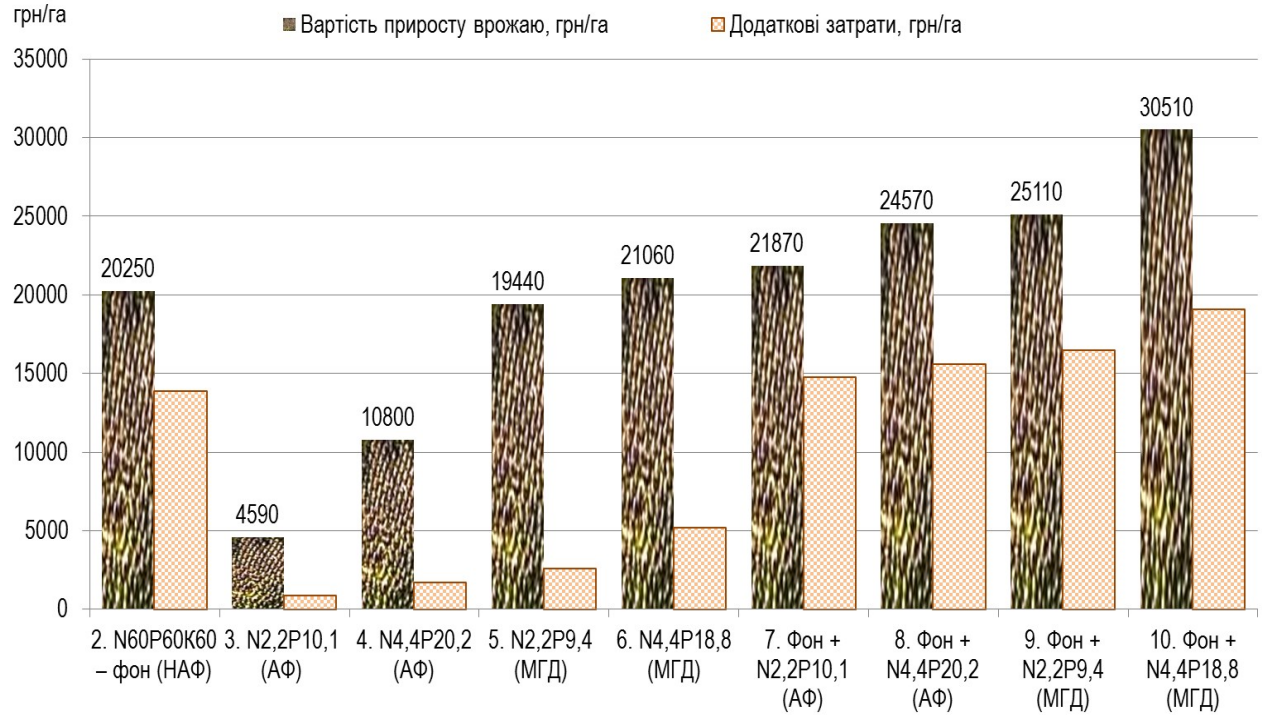


Рис. 6.1. Співвідношення вартості приросту врожаю та додаткових витрат за різних систем удобрення соняшника

Серед варіантів із локальним припосівним внесенням амофосу найкращі показники були отримані за норми $N_{4,4}P_{20,2}$, де урожай становила 3,38 т/га, а приріст врожайності − 0,40 т/га. Проте особливо високими показниками рентабельності характеризувалися саме ці варіанти − 369,2–380,7 %, що пояснюється незначними додатковими затратами на внесення добрив (рис. 6.1).

Окупність 1 грн. витрат на добрива і їх внесення у цих варіантах була найвищою серед удобрених систем і становила 42,19–78,13 грн., що свідчить про надзвичайно високу економічну ефективність стартового локального удобрення невеликими нормами.

Найбільш продуктивними виявилися варіанти із застосуванням мікрогранульованих добрив. За внесення $N_{4,4}P_{18,8}$ урожай соняшнику зріс до 3,76 т/га, а приріст становив 0,78 т/га. Особливо важливо, що навіть без фонового удобрення мікрогранульовані добрива забезпечували врожайність, близьку до варіанта з повним мінеральним фоном $N_{60}P_{60}K_{60}$. Це свідчить про високу ефективність локального стартового живлення та кращу доступність елементів живлення для рослин у початкові фази росту.

Максимальні показники врожайності були отримані у варіанті поєднання норми нітроамофоски $N_{60}P_{60}K_{60}$ із мікрогранульованим добривом $N_{4,4}P_{18,8}$, де урожай досягав 4,11 т/га, що на 1,13 т/га перевищувало контроль. У цьому варіанті також було сформовано найбільшу вартість валової продукції – 110970 грн/га та найвищий чистий прибуток – 74625 грн/га (рис. 6.2). Проте одночасно спостерігалося найбільше зростання виробничих витрат до 36345 грн/га, що зумовило зниження рівня рентабельності до 205,3 % (рис. 6.2) та окупності витрат до 3,91 грн.

Отримані результати свідчать про те, що інтенсивні системи удобрення забезпечують максимальну реалізацію продуктивного потенціалу соняшнику, однак економічна ефективність таких технологій значною мірою залежить від співвідношення між вартістю приросту урожаю та рівнем додаткових затрат (рис. 6.1).

За показниками окупності витрат і рентабельності найбільш економічно доцільним виявилося локальне припосівне внесення стартових добрив у помірних нормах, тоді як максимальний чистий прибуток і врожайність забезпечувало поєднання повного мінерального фону з мікрогранульованими добривами. Це підтверджує доцільність оптимізації систем удобрення шляхом поєднання високої продуктивності з раціональним використанням ресурсів в умовах Західного Лісостепу України.

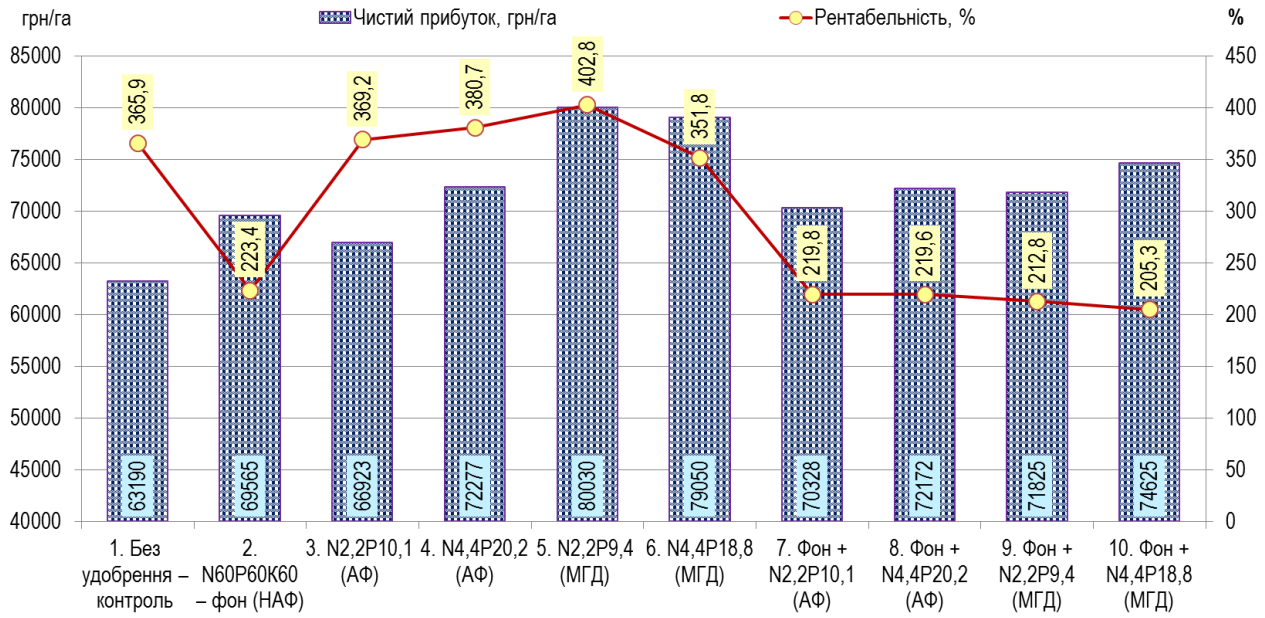


Рис. 6.2. Чистий прибуток (грн/га) та рентабельність (%) різних систем удобрення у технології соняшника

6.1.2. Аналіз економічної ефективності застосування мікробіологічних препаратів

Економічна оцінка застосування мікробіологічних препаратів у посівах соняшнику на фоні мінерального живлення $N_{60}P_{60}K_{60}$ свідчить про високу ефективність біологізації системи удобрення. Використання біопрепаратів забезпечувало підвищення врожайності, збільшення вартості валової продукції та чистого прибутку порівняно з контролем без препаратів.

Фоновий варіант без застосування мікробіологічних препаратів забезпечив урожай 3,11 т/га, чистий прибуток 52970 грн/га та рівень рентабельності 170,9 % (дод. Г, табл. Г.2). Найвищий врожай серед досліджуваних варіантів сформовано за сумісного застосування Мікофренду та Блу N − 4,06 т/га, що на 0,95 т/га перевищувало контроль. У цьому варіанті також отримано найбільшу вартість приросту врожайності – 25650 грн/га (рис. 6.3), невеликі додаткові затрати та максимальний чистий прибуток – 73707 грн/га. Це свідчить про високу ефективність комплексного впливу

препаратів на процеси живлення рослин і реалізацію продуктивного потенціалу соняшнику.

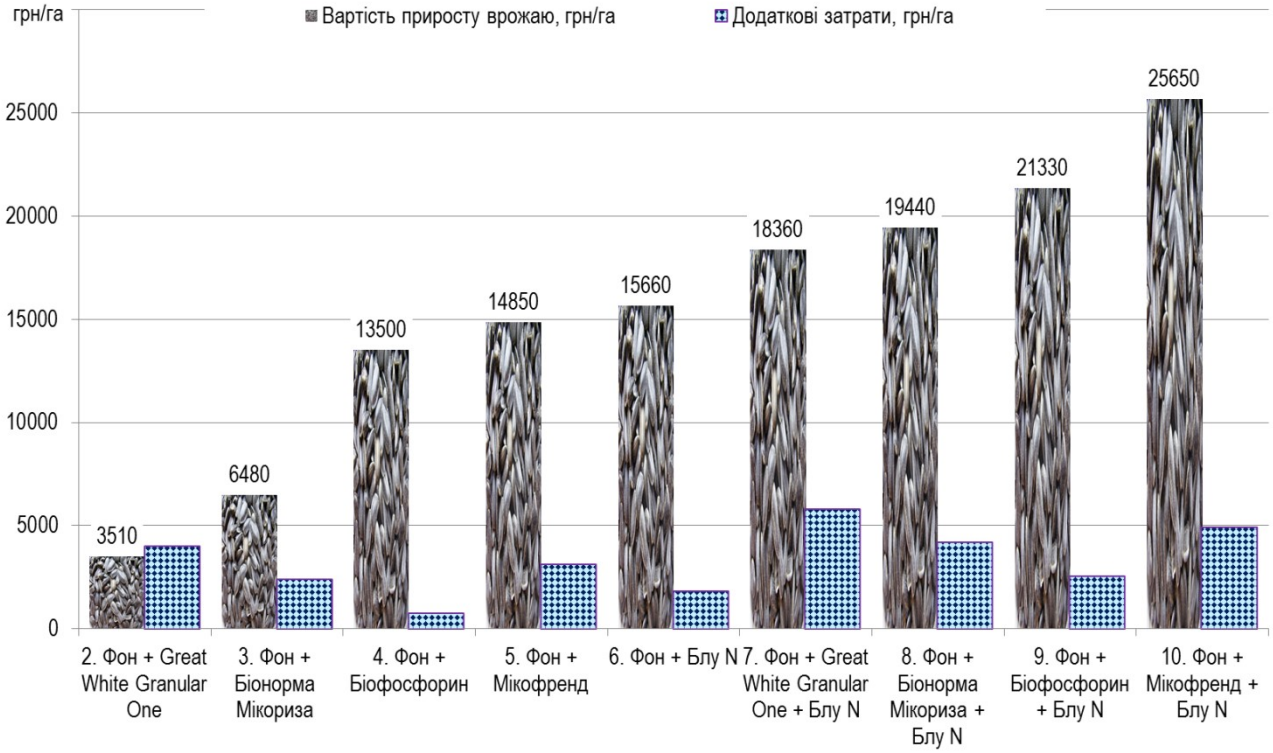


Рис. 6.3. Співвідношення вартості приросту врожаю та додаткових витрат за використання різних мікробіологічних препаратів у технології соняшника

Водночас найбільш економічно вигідним виявилося застосування Біофосфорину. За приросту врожайності 0,50 т/га рівень рентабельності зріс до 207,2 % (рис. 6.4), а окупність 1 грн затрат на препарат і його внесення становила 90,72 грн − найвищий показник серед досліджуваних препаратів. Висока економічна ефективність цього варіанту пояснюється незначними додатковими затратами у поєднанні зі суттєвим приростом урожайності.

Високою економічною ефективністю характеризувався також варіант із застосуванням препарату Блу N, де урожай зріс до 3,69 т/га, чистий прибуток − до 66837 грн/га, а рівень рентабельності становив 203,8 % (рис. 6.4).

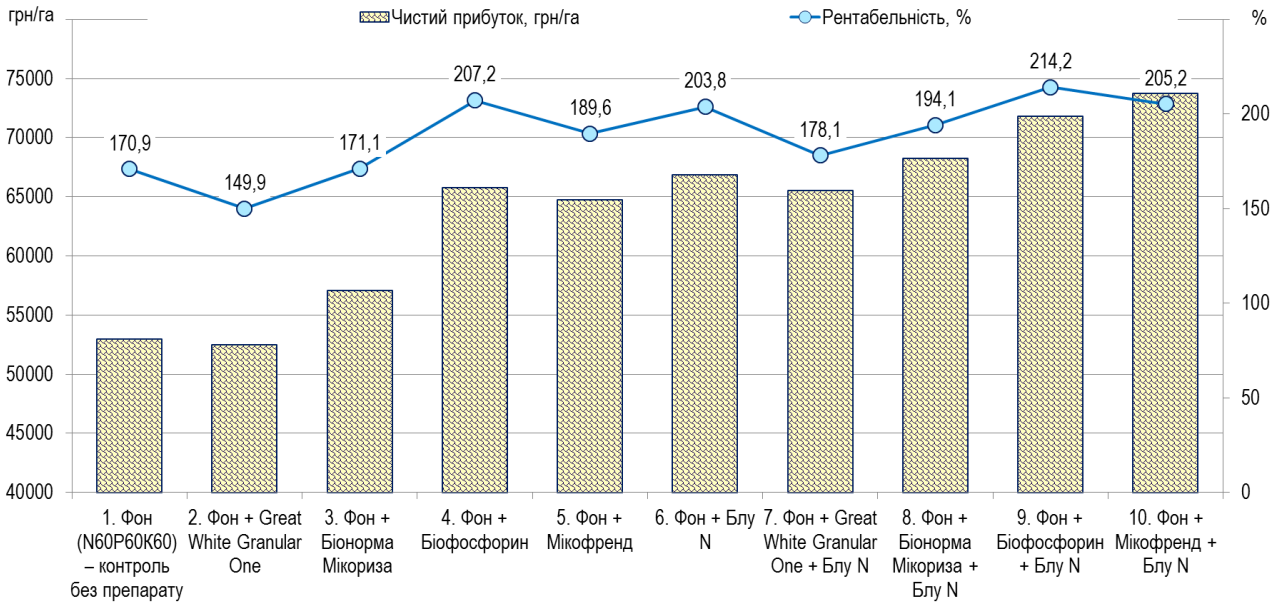


Рис. 6.4. Чистий прибуток (грн/га) та рентабельність (%) використання різних систем мікробіологічних препаратів у технології соняшника

Комбіноване застосування мікробіологічних препаратів із Блу N загалом сприяло подальшому підвищенню продуктивності соняшнику, що свідчить про формування синергічного ефекту між препаратами різного функціонального спрямування.

Отримані результати підтверджують економічну доцільність інтеграції мікробіологічних препаратів у систему живлення соняшнику та засвідчують їхню здатність підвищувати ефективність технології вирощування культури в умовах Західного Лісостепу України.

6.2. Біоенергоефективність досліджуваних факторів

Поряд з економічною оцінкою значну увагу науковців привертає біоенергетична ефективність технологій вирощування сільськогосподарських культур та окремих агротехнічних заходів. Виявлення енергоощадних технологій ґрунтується на співвідношенні кількості енергії, акумульованої рослинами у врожаї, та сукупних витрат антропогенної енергії на його отримання. Така оцінка є універсальною, оскільки дозволяє порівняти

енергоємність будь-якого агрозаходу чи технології за різних умов і кількісно охарактеризувати їхню біоенергетичну ефективність. Стосовно добрив і мікробіологічних препаратів біоенергетичний підхід є особливо інформативним, адже дає змогу врахувати не лише пряму енергетичну вартість виробництва і транспортування цих засобів, а й опосередкований енергетичний внесок мікробіологічних процесів у формування врожаю. Найбільший енергетичний ефект спостерігається за використання комплексних систем удобрення у поєднанні з високопродуктивними гібридами [135; 136; 224; 230].

Біоенергетичні показники є стійкішими й реалістичнішими порівняно з економічними, що особливо важливо в умовах вільного ціноутворення, інфляції та нестабільності валютного курсу. Зрозуміло, що система біоенергетичних показників не може повністю замінити економічні розрахунки, однак у поєднанні з ними вона формує об'єктивну і всебічну основу для оцінки досліджуваних факторів − зокрема ефективності застосування мінеральних добрив і мікробіологічних препаратів у технології вирощування соняшнику.

6.2.1. Енергоефективність застосування добрив

Біоенергетична оцінка показала, що різні системи удобрення соняшнику суттєво відрізнялися за ефективністю трансформації антропогенної енергії у врожай. При цьому між рівнем урожайності та коефіцієнтом енергетичної ефективності не спостерігалося прямої залежності, оскільки зростання продуктивності часто супроводжувалося різким збільшенням енерговитрат на добрива. Контрольний варіант без удобрення характеризувався найнижчими енергетичними витратами – 15850 МДж/га, що забезпечило коефіцієнт енергетичної ефективності 3,31 (табл. 6.1). Однак низький рівень енергії врожаю – 52520 МДж/га свідчив про обмежену продуктивність агрофітоценозу за дефіциту елементів живлення.

Внесення повного мінерального фону $N_{60}P_{60}K_{60}$ підвищувало урожай до 3,39 т/га та збільшувало енергію врожаю до 65698 МДж/га. Проте значна частка

енергії витрачалася саме на виробництво і внесення добрив, унаслідок чого коефіцієнт енергетичної ефективності знижувався до 2,57. Це свідчить про високу енергоємність традиційної системи удобрення.

Таблиця 6.1 – Енергетична ефективність застосування добрив (середнє за 2023-2025 роки)

Варіант досліду	Урожай абсолютно сухого насіння, т/га	Енергоємність 1 кг соняшнику, МДж	Енергетичні витрати на 1 га посіву, ГДж		Енергоємність урожаю, ГДж	Коефіцієнт енергетичної ефективності, Кее
			всього	в т.ч. на добрива		
1. Без удобрення – контроль	2,71	19,38	15850	-	52520	3,31
2. $N_{60}P_{60}K_{60}$ – фон (НАФ)	3,39	19,38	25530	9680	65698	2,57
3. $N_{2,2}P_{10,1}$ (АФ)	2,87	19,38	16540	690	55621	3,36
4. $N_{4,4}P_{20,2}$ (АФ)	3,08	19,38	17230	1380	59690	3,46
5. $N_{2,2}P_{9,4}$ (МГД)	3,37	19,38	16499	649	65311	3,96
6. $N_{4,4}P_{18,8}$ (МГД)	3,42	19,38	17148	1298	66280	3,87
7. Фон + $N_{2,2}P_{10,1}$ (АФ)	3,45	19,38	26220	10370	66861	2,55
8. Фон + $N_{4,4}P_{20,2}$ (АФ)	3,54	19,38	26910	11060	68605	2,55
9. Фон + $N_{2,2}P_{9,4}$ (МГД)	3,56	19,38	26179	10329	68993	2,64
10. Фон + $N_{4,4}P_{18,8}$ (МГД)	3,74	19,38	26828	10978	72481	2,70

Найбільш збалансованими за співвідношенням витраченої та акумульованої енергії виявилися варіанти з локальним внесенням мікрогранульованих добрив. Зокрема, застосування $N_{2,2}P_{9,4}$ забезпечило коефіцієнт енергетичної ефективності 3,96 − найвищий у досліді. За урожайності 3,37 т/га цей варіант практично не поступався фоновому удобренню $N_{60}P_{60}K_{60}$, однак потребував значно менших енергетичних затрат. Очевидно, локальне розміщення мікрогранул у зоні проростання насіння

сприяло більш ефективному використанню елементів живлення у початкові фази розвитку рослин.

Подібна тенденція спостерігалася і у варіанті $N_{4,4}P_{18,8}$ з мікрогранульованим добривами, де коефіцієнт енергетичної ефективності становив 3,87. Водночас поєднання повного мінерального фону у нормі $N_{60}P_{60}K_{60}$ з мікрогранульованими добривами забезпечувало максимальне накопичення енергії у врожаї − до 72481 МДж/га, однак через значне зростання антропогенних енерговитрат коефіцієнт енергетичної ефективності залишався порівняно низьким − 2,70.

Отже, локальне стартове удобрення мікрогранульованими добривами забезпечувало найбільш раціональне використання енергії в агрофітоценозі соняшнику, тоді як інтенсивні системи удобрення сприяли максимальному формуванню врожаю, але вимагали суттєво більших енергетичних затрат.

6.2.2. Енергоефективність застосування мікробіологічних препаратів

Біоенергетична ефективність технології вирощування соняшнику суттєво залежала від характеру взаємодії мінерального живлення з мікробіологічними препаратами. За однакового фонового удобрення $N_{60}P_{60}K_{60}$ застосування біопрепаратів сприяло помітному підвищенню енергії врожаю без істотного зростання антропогенних енергетичних затрат.

Контрольний варіант без препаратів характеризувався найнижчими показниками енергії врожаю – 54845 МДж/га та коефіцієнта енергетичної ефективності − 2,15 (табл. 6.2). Це свідчить про те, що за традиційної системи живлення частина потенціалу агрофітоценозу залишалася нереалізованою через обмежену інтенсивність біологічних процесів у ризосфері.

При застосуванні окремих мікробіологічних препаратів відбувалась зміна характеру енергетичного балансу посіву. Так, Біофосфорин підвищував коефіцієнт енергетичної ефективності до 2,48, а Мікофренд і Блу N до 2,51–2,52. При цьому приріст енергії врожаю був значно більшим, ніж додаткові

енерговитрати на внесення препаратів. Очевидно, активізація мікробіологічних процесів у ґрунті покращувала доступність елементів живлення та посилювала інтенсивність фотосинтетичної діяльності рослин.

Таблиця 6.2 – Енергетична ефективність застосування препаратів (середнє за 2023-2025 роки)

Варіант досліду	Урожай абсолютно сухого насіння, т/га	Енергоємність 1 кг соняшнику, МДж	Енергетичні витрати на 1 га посіву, ГДж		Енергоємність урожаю, ГДж	Коефіцієнт енергетичної ефективності, Кее
			всього	в т.ч. на препарати		
1. Фон ($N_{60}P_{60}K_{60}$) – контроль без препарату	2,83	19,38	25530	-	54845	2,15
2. Фон + Great White Granular One	2,95	19,38	25680	150	57171	2,23
3. Фон + Біонорма Мікориза	3,05	19,38	25650	120	59109	2,30
4. Фон + Біофосфорин	3,29	19,38	25680	150	63760	2,48
5. Фон + Мікофренд	3,33	19,38	25680	150	64535	2,51
6. Фон + Блу N	3,36	19,38	25875	345	65117	2,52
7. Фон + Great White Granular One + Блу N	3,45	19,38	26025	495	66861	2,57
8. Фон + Біонорма Мікориза + Блу N	3,49	19,38	25995	465	67636	2,60
9. Фон + Біофосфорин + Блу N	3,55	19,38	26025	495	68799	2,64
10. Фон + Мікофренд + Блу N	3,7	19,38	26025	495	71706	2,76

Найцікавіша тенденція проявилася у варіантах комбінованого застосування препаратів. Поєднання мікоризних або фосфатмобілізувальних препаратів із Блу N забезпечувало стабільне зростання коефіцієнта енергетичної ефективності до 2,57–2,64. Це вказує на формування синергічного

ефекту, за якого різні групи мікроорганізмів одночасно покращували азотне, фосфорне живлення та вологозабезпечення рослин.

Максимальну енергоємність врожаю – 71706 МДж/га сформовано у варіанті де поєднали препарати Мікофренд та Блу N. Тут коефіцієнт енергетичної ефективності досягав 2,76 − найвищого значення у нашому дослідженні. Важливо, що додаткові енерговитрати на препарати становили лише 495 МДж/га, тобто приріст акумульованої у врожаї енергії значно перевищував витрати на застосування біопрепаратів. Це свідчить про високу здатність комплексних мікробіологічних систем підвищувати ефективність трансформації антропогенної енергії у біологічну продукцію соняшника.

Висновки до розділу 6

1. Аналіз економічних показників засвідчив, що підвищення інтенсивності удобрення соняшника супроводжувалося зростанням урожайності та вартості валової продукції, однак не в усіх випадках забезпечувало пропорційне підвищення рентабельності виробництва. Найвищу окупність витрат на добрива отримано за локального припосівного внесення мікрогранульованих добрив (варіант 5) − 30,78 грн/грн при рентабельності 402,8 % і чистому прибутку 80030 грн/га. Водночас максимальний рівень продуктивності та один із найвищих показників прибутку серед інтенсивних систем удобрення забезпечило поєднання фонового удобрення $N_{60}P_{60}K_{60}$ з мікрогранулами (варіант 10), де чистий прибуток становив 74625 грн/га, проте рентабельність знизилася до 205,3 %, що свідчить про зростання вартості технології. Серед мікробіологічних препаратів найбільш економічно ефективним виявився четвертий варіант з окупністю 90,72 грн/грн, рентабельністю 207,2 % та чистим прибутком 65745 грн/га, тоді як максимальний чистий прибуток – 73707 грн/га забезпечив десятий варіант.

2. Біоенергетична оцінка технологій вирощування соняшнику показала, що рівень антропогенних енерговитрат та їх структура суттєво впливають на

коефіцієнт енергетичної ефективності агротехнології. Найвище значення цього показника − 3,96 отримано за локального внесення мікрогранульованих добрив (варіант 5), і перевищувало показник традиційного фонового удобрення $N_{60}P_{60}K_{60}$ (2,57) на 54,5 %. Застосування мікробіологічних препаратів забезпечувало зростання енергії врожаю за мінімального додаткового енергетичного навантаження до 495 МДж/га. Найвищі показники енергоємності врожаю (71706 МДж/га) та коефіцієнта енергетичної ефективності (2,76) отримано у десятому варіанті, що свідчить про комплексну активізацію азотфіксувальних, фосфатмобілізувальних і мікоризних процесів у ризосфері.

Результати досліджень за розділом 6 викладено у публікаціях [431; 433]

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі наведено теоретичне узагальнення та нове науково-практичне розв’язання актуального завдання підвищення продуктивності соняшника шляхом удосконалення системи мінерального живлення та застосування мікробіологічних препаратів в умовах Західного Лісостепу України на темно-сірому опідзоленому легкосуглинковому ґрунті. За результатами трирічних польових досліджень (2023–2025 рр.) встановлено закономірності формування поживного режиму ґрунту, ростових процесів, фотосинтетичної діяльності, урожайності, якості насіння, економічної та енергетичної ефективності технології вирощування соняшника.

1. Аналіз вітчизняних і зарубіжних літературних джерел показав, що соняшник належить до найбільш екологічно пластичних польових культур і характеризується високою адаптивною здатністю до різних ґрунтово-кліматичних умов. Встановлено, що реалізація генетичного потенціалу сучасних гібридів значною мірою визначається рівнем забезпечення елементами живлення, водним режимом ґрунту та особливостями перебігу погодних умов у критичні фази органогенезу. В умовах сучасних кліматичних змін особливого значення набувають адаптивні технології вирощування, що поєднують збалансоване мінеральне живлення, локалізоване внесення добрив та використання біологічних препаратів.

2. Дослідження виконано в умовах Західного Лісостепу України на темно-сірому опідзоленому легкосуглинковому ґрунті, який характеризувався вмістом гумусу 2,32 %, легкогідролізного азоту 111–115 мг/кг, рухомого фосфору 90–101 мг/кг, обмінного калію 100–108 мг/кг ґрунту та слабокислою реакцією ґрунтового розчину. Метеорологічні умови років досліджень відзначалися достатнім теплозабезпеченням, але суттєвою нерівномірністю атмосферного зволоження, що дозволило об'єктивно оцінити ефективність досліджуваних елементів технології в умовах сучасної кліматичної мінливості. Об'єктом дослідження був середньоранній гібрид соняшника Х4219 селекції Nuseed, який

характеризувався високою адаптивністю та стабільною продуктивністю в умовах регіону.

3. Встановлено, що найсприятливіший поживний режим темно-сірого опідзоленого ґрунту формувався за поєднання фонового удобрення $N_{60}P_{60}K_{60}$ із локальним припосівним внесенням мікрогранульованих добрив. У варіанті $N_{60}P_{60}K_{60}$ + $N_{4,4}P_{18,8}$ (МГД) у фазі формування листків (ВВСН 16) вміст доступного азоту, фосфору і калію досягав відповідно 136, 123 і 117 мг/кг ґрунту, що на 18–24 % перевищувало контроль. Навіть у фазі фізіологічної стиглості концентрація цих елементів залишалася найвищою серед усіх варіантів і становила 117, 95 та 105 мг/кг ґрунту відповідно. Отримані результати свідчать про високу агрохімічну ефективність локального розміщення мікрогранульованих добрив у зоні проростання насіння.

4. Доведено, що застосування мікробіологічних препаратів сприяло стабілізації поживного режиму ґрунту та підвищенню доступності макроелементів упродовж вегетації соняшника. Серед монопрепаратів найвищу ефективність забезпечив Біофосфорин, за використання якого у фазі ВВСН 16 вміст азоту, фосфору і калію становив відповідно 116, 88 і 105 мг/кг ґрунту, а між фазами формування листків і цвітіння зниження їх вмісту не перевищувало 4,3–5,2 %. Максимальний ефект серед комбінованих систем живлення забезпечило поєднання Мікофренду та Блу N, за якого у фазі фізіологічної стиглості вміст доступних форм азоту, фосфору і калію досягав відповідно 106, 80 і 84 мг/кг ґрунту. Це підтверджує синергетичний вплив мікоризних, фосфатмобілізувальних та азотфіксувальних мікроорганізмів на функціонування ризосфери.

5. Найвищі показники росту і розвитку рослин соняшника забезпечували інтегровані системи мінерального та біологічного живлення. У досліді з мінеральними добривами варіант $N_{60}P_{60}K_{60}$ + $N_{4,4}P_{18,8}$ (МГД) забезпечив польову схожість 91,1 %, висоту рослин 190,6 см та діаметр стебла 40,3 мм, що перевищувало контроль відповідно на 13,1 в. п., 24,1 см і 13,2 мм. У досліді з мікробіологічними препаратами найкращі результати отримано за сумісного

застосування Мікофренду та Блу N, де польова схожість становила 89,2 %, висота рослин − 189,4 см, а діаметр стебла − 40,1 мм, що перевищувало контроль відповідно на 9,4 в. п., 26,7 см та 10,8 мм. Встановлено, що інтегровані системи живлення забезпечували пролонгацію ростових процесів та формування потужнішої опорно-провідної системи рослин.

6. Визначено, що локальне внесення мікрогранульованих добрив і використання мікробіологічних препаратів істотно підвищували функціональну активність асиміляційного апарату соняшника. Найбільшу площу листкової поверхні у фазі бутонізації сформував варіант $N_{60}P_{60}K_{60}$ + $N_{4,4}P_{18,8}$ (МГД) – 35053 м^2/га, що у 2,4 раза перевищувало контроль, а індекс хлорофілу у фазі цвітіння досягав 502,2 ум. од. У досліді з біопрепаратами максимальна площа листків становила 24862 м^2/га, а індекс хлорофілу − 488,2 ум. од. за сумісного застосування Мікофренду та Блу N. Встановлено, що використання досліджуваних препаратів уповільнювало процеси акропетальної сенесценції листкового апарату та сприяло тривалішому функціонуванню фотосинтетично активної поверхні.

7. Продуктивність фотосинтетичного апарату визначалася насамперед здатністю агроценозу формувати значну площу листкової поверхні та підтримувати її активність упродовж тривалого часу. У досліді з удобренням фотосинтетичний потенціал зростав від 581 до 1689 тис. м^2/га×діб, а в досліді з мікробіологічними препаратами − від 525 до 1346 тис. м^2/га×діб. Водночас накопичення сухої речовини збільшувалося відповідно від 1327 до 3194 кг/га та від 1910 до 3320 кг/га. Встановлено закономірне зниження чистої продуктивності фотосинтезу зі збільшенням площі листкового апарату, однак саме інтегральні показники фотосинтетичної діяльності визначали рівень кінцевої продуктивності культури.

8. Найвищий врожай насіння соняшника у досліді з мінеральними добривами забезпечило поєднання фонового удобрення $N_{60}P_{60}K_{60}$ із локальним внесенням мікрогранульованих добрив $N_{4,4}P_{18,8}$. За цих умов діаметр кошика становив 24,53 см, маса 1000 насінин − 59,62 г, натура насіння − 429,74 г/л, а

врожай − 4,11 т/га, що перевищувало контроль відповідно на 16,8; 9,7; 8,3 та 37,9 %. Мікрогранульовані добрива стабільно переважали амофос за близьких норм поживних елементів, що свідчить про їх вищу агрономічну ефективність.

9. Серед мікробіологічних препаратів найвищу продуктивність забезпечило поєднання Мікофренду та Блу N. За цього варіанта діаметр кошика становив 25,13 см, маса 1000 насінин − 63,23 г, натура насіння − 436,73 г/л, а врожай − 4,06 т/га, що перевищувало контроль відповідно на 13,8; 16,5; 13,5 та 30,5 %. Отримані результати підтверджують високу ефективність сумісного застосування мікоризоутворювальних, фосфатмобілізувальних та азотфіксувальних мікроорганізмів у системі живлення соняшника.

10. Встановлено, що оптимізація системи живлення суттєво покращувала біохімічні показники якості насіння. У досліді з мінеральними добривами найвищу олійність забезпечив дев'ятий варіант − 46,69 %, тоді як максимальний розрахунковий збір олії (1,92 т/га), вміст сирого протеїну (13,91 %) та його розрахунковий збір (0,57 т/га) отримано за поєднання фонового удобрення $N_{60}P_{60}K_{60}$ із локальним внесенням мікрогранульованих добрив. У досліді з біопрепаратами найвищу олійність забезпечив варіант Біофосфорин + Блу N − 47,01 %, а максимальний розрахунковий збір олії (1,89 т/га), вміст сирого протеїну (13,61 %) та його розрахунковий збір (0,55 т/га) − за сумісного застосування Мікофренду та Блу N. Це свідчить про комплексне покращення технологічної якості насіння та підвищення ефективності використання елементів живлення.

11. Економічна оцінка засвідчила високу господарську доцільність локального припосівного внесення мікрогранульованих добрив. Найвищу окупність витрат отримано у варіанті з локальним внесенням мікрогранул − 30,78 грн/1грн за рентабельності 402,8 % та чистого прибутку 80030 грн/га. Серед інтенсивних систем удобрення максимальний врожай і один із найвищих показників прибутку забезпечив варіант $N_{60}P_{60}K_{60}$ + $N_{4,4}P_{18,8}$ (МГД), де чистий прибуток становив 74625 грн/га. У досліді з біопрепаратами найвищу рентабельність (207,2 %), окупність витрат (90,72 грн/1грн) та чистий прибуток

65745 грн/га забезпечив варіант із Біофосфорином, тоді як максимальний чистий прибуток – 73707 грн/га − отримано за сумісного застосування Мікофренду та Блу N.

12. Біоенергетична оцінка показала, що найбільш енергоефективною технологією було локальне внесення мікрогранульованих добрив, де коефіцієнт енергетичної ефективності досягав 3,96 і перевищував показник традиційного фонового удобрення $N_{60}P_{60}K_{60}$ на 54,5 %. Застосування мікробіологічних препаратів забезпечувало додаткове зростання енергії врожаю за мінімальних додаткових енерговитрат: найвищі показники енергії врожаю (71706 МДж/га) та коефіцієнта енергетичної ефективності (2,76) отримано за сумісного застосування Мікофренду та Блу N. Це підтверджує доцільність інтеграції біологічних препаратів у сучасні системи живлення соняшника як важливого елемента ресурсозберігаючих технологій.

13. Проведені дослідження підтверджують, що в умовах Західного Лісостепу України на темно-сірому опідзоленому легкосуглинковому ґрунті найповніша реалізація продукційного потенціалу соняшника, покращення якості насіння та досягнення високої економічної й енергетичної ефективності виробництва забезпечуються поєднанням фонового удобрення $N_{60}P_{60}K_{60}$ із локальним припосівним внесенням мікрогранульованих добрив $N_{4,4}P_{18,8}$, а в системі біологічного живлення − сумісним застосуванням препаратів Мікофренд і Блу N.

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

З метою отримання максимальної та стабільної врожайності соняшника в умовах Західного Лісостепу України рекомендуємо застосовувати інтегровану систему мінерального живлення, що поєднує фонове внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ під передпосівну культивацію ґрунту з локальним внесенням мікрогранульованих добрив $N_{4,4}P_{18,8}$ при сівбі. Така система удобрення забезпечує отримання врожай насіння 4,11 т/га, олійність 46,69 %, розрахунковий збір олії 1,92 т/га та чистий прибуток 74,6 тис. грн/га.

Як елемент біологізації системи живлення соняшника рекомендуємо сумісне застосування мікробіологічних препаратів Мікофренд і Блу N, що забезпечило врожай 4,06 т/га, розрахунковий збір олії 1,89 т/га, вміст сирого протеїну 13,61 %, чистий прибуток 73,7 тис. грн/га та коефіцієнт енергетичної ефективності 2,76 за мінімального додаткового енергетичного навантаження.

За припосівного внесення добрив перевагу слід надавати мікрогранульованим формам порівняно з традиційним амофосом, оскільки їх локалізоване розміщення у зоні проростання насіння підвищувало доступність азоту, фосфору і калію у фазі ВВСН 16 на 18–24 %, активізувало початковий ріст рослин і формування асиміляційного апарату та забезпечувало вищу агрономічну й енергетичну ефективність технології.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Андрієнко А. Л., Семеняка І. М., Андрієнко О. О., Васильковська К. В. Вплив попередників та способів основного обробітку ґрунту на забур'яненість та продуктивність посівів соняшнику в Степу України. Зернові культури. 2024. Том 8. № 1. С. 172–179. https://doi.org/10.31867/2523–4544/0326
2. Бабич В. О., Боровська І. Ю., Шарипіна Я. Ю., Парій Я. Ф., Симоненко Ю. В. Адаптивність гібридів F1 соняшника, створених за комплексною системою добору ліній з господарсько–цінними ознаками, у різних агрокліматичних зонах. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2021. 17(4). P. 290–304. https://doi.org/10.21498/2518–1017.17.4.2021.249004
3. Багай Т., Лихочвор В. Урожайність соняшнику (*HELIANTHUS ANNUUS*) залежно від гібриду в Західному Лісостепу України. *Вісник Львівського національного аграрного університету: Агрономія*. 2022. № 26. С. 67–71. DOI: https://doi.org/10.31734/agronomy2022.26.067
4. Баган А. В., Кодесніков А. С., Черевко В. В., Продуктивність гібридів соняшнику української селекції. *Актуальні напрямки та проблеми у технологіях вирощування продукції рослинництва*: матеріали XI наук.–практ. інт.–конф. (м. Полтава, 25 лист. 2021 р.). Полтава, 2021. С. 99–102. URL: https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/node/1239/2511.pdf
5. Базалій В. В., Добровольський А. В. Нові можливості підвищення ефективності виробництва продукції соняшника. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2015. № 93. С. 3–6. URL: http://www.tnv–agro.ksauniv.ks.ua/issue–93–2015
6. Базалій В. В., Федорчук М. І., Домарацький О. О., Алмашова В. С., Онищенко С. О. Продуктивність гібридів соняшника на півдні України за умов збалансованого природокористування в 2012–2014 роках. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2015. № 91. С. 7–11. URL: http://www.tnv–agro.ksauniv.ks.ua/issue–91–2015

7. Баранський Д. В. Агрокліматичні зміни як чинник диверсифікації культур заходу України. *Теорія і практика розвитку агропромислового комплексу та сільських територій*: матеріали XXVI Міжнародного науково–практичного форуму, 08–10 жовтня 2025 р. [Електронний ресурс]. Львів: ЛНУВМБ ім.С.Ґжицького, 2025. С. 84–85. URL: https://surl.li/rokjfp

8. Баранський Д. В. Вирощування соняшнику за коливання клімату та вологозабезпеченості в умовах Лісостепу Західного. *Вісник Львівського національного університету природокористування. Серія Агрономія*. 2024. № 28. С. 57–66. https://doi.org/10.31734/agronomy2024.28.057

9. Баранський Д. В. Вплив мікробіологічних препаратів на формування архітоніки соняшнику. *«Інноваційні аспекти збереження і підвищення родючості ґрунтів у воєнний та повоєнний періоди»*: матеріали міжнародної науково–практичної конференції, присвяченої 60–річчю тривалого стаціонарного досліду Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН (с. Оброшине, 18 вересня 2025 р.). Оброшине–Львів. 2025. С. 12–14. URL: https://surl.lu/zjluok

10. Баранський Д. В. Здоров’я ґрунту за вирощування соняшнику: український досвід біологізації агроекосистеми. *Ґрунти, сталий розвиток та українське ґрунтознавство*: матеріали Міжнародної наукової конференції, присвяченої 120–річчю від дня народження Григорія Андрущенка. 24–26 квітня 2023. Львів–Дубляни: ЛНУП. С. 58–62. URL: https://surli.cc/fsejop

11. Баранський Д. В. Проблема оптимальної системи удобрення соняшнику у зв’язку з розширенням посівних площ у Західному Лісостепу в умовах кліматичних змін. *«Актуальні проблеми агропромислового виробництва України: продовольча безпека в умовах воєнного часу і повоєнної відбудови країни»*: матеріали XI Всеукраїнської науково–практичної конференції молодих вчених (с. Оброшине, 10 листоп. 2022 р.). Львів–Оброшине. 2022. С 3–5. URL: https://surl.lu/xeznbu

12. Баранський Д. В. Удосконалення системи удобрення соняшнику в умовах Пасмового Побужжя. *Збірник наукових праць Уманського національного*

університету садівництва. 2024. Вип. 105. Ч. 1 : Сільськогосподарські та технічні науки. С. 58–72. http://dx.doi.org/10.32782/2415–8240–2024–105–1–58–72

13. Баранський Д. В. Як керована синергія ризосферних мікроорганізмів може покращити ефективність сучасного землеробства (повернення до природи). *Вісник Львівського національного університету природокористування. Серія Агрономія*. 2023. № 27. С. 157–162. https://doi.org/10.31734/agronomy2023.27.157

14. Баранський Д. В., Бабій В. Т. Порівняльна оцінка ефективності мікрогранульованих і традиційних форм добрив при вирощуванні соняшнику. *Наукові засади підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва*: матеріали IX Міжнар. наук.–практ. конф., 28 листопада 2025 р. [Електронний ресурс]. Держ. біотехнологічний ун–т. Електрон. дані. Харків, 2025. С. 44–46. URL: https://surl.li/pfjfdo

15. Баранський Д. В., Глеваський В. І., Ілюк Н. А. Інноваційні методи підвищення стійкості агроекосистем до посухи. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки.* Херсонський державний аграрно–економічний університет. Одеса: Видавничий дім «Гельветика», 2024. Вип. 139. Ч. 1. С. 27–36. https://doi.org/10.32782/2226–0099.2024.139.1.4

16. Баранський Д. В., Гнатів П. С., Іванюк В. Я., Гаськевич О. В. Вплив удобрення соняшника на динаміку елементів живлення у ґрунті та рослинах в умовах Західного Лісостепу. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво.* 2025. Вип. 77 (2). С. 15–30. https://doi.org/10.32636/01308521.2025–(77)–2–2

17. Баранський Д. В., Клипак М. П., Ботош Д. М. Ґрунтовий мікробіом – важливий фактор продуктивності соняшника в умовах змін клімату. *«Ґрунти в умовах викликів: деградація, відновлення та інновації для сталого майбутнього»*: матеріали міжнародної науково–практичної конференції, присвячено Всесвітньому дню ґрунтів (WSD). ДУ «Інститут охорони

ґрунтів України» (27 листопада 2025 року). Київ. 2025. С. 134–136. URL: https://media.iogu.gov.ua/literatura/soil/21_tezy.pdf

18. Баранський Д. В., Паробецький Т. І., Дуда Н. Ю. Ґрунтова мікробіота та її вплив на вирощування соняшнику. *Мікробіологія в сучасному сільськогосподарському виробництві*: матеріали XVII наукової конференції молодих учених (м. Чернігів, 25 жовтня 2024 р.). Національна академія аграрних наук України. Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва. Чернігів :видавець Брагинець О. В. 2024. С. 15–16. URL: https://surl.li/fkspnb

19. Баранський Д. В., Шаранюк М. Т., Рудий Р. В. Вплив ґрунтової мікробіоти на натуру зерна соняшнику. *Роль мікробіології в аграрному виробництві*: матеріали Спільної Всеукраїнської науково–практичної онлайн–конференції молодих учених (м. Чернігів і м. Київ, 23 жовтня 2025 р.) / Національна академія аграрних наук України, Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва; Національна академія наук України, Інститут мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного. Чернігів : видавець Агеєв В. О., 2025. С. 37–39. URL: https://salo.li/6a3C8E9

20. Баранський Д. Новітній крок в агрономії – мікробні консорціуми, як ключ до ефективного рільництва. *Сучасні технології вирощування екологічно безпечної плодоовочевої продукції, присвяченої 90–річчю від дня народження видатної селекціонерки часнику Лідії Ліщак*: матеріали II Міжнародної науково–практичної конференції:. 28–29 березня 2024. Львів: ЛНУП. С. 117–121. URL: https://surl.li/jmqrkc

21. Баранський Д. Симбіотичні зв’язки – майбутнє агровиробництва. *Теорія і практика розвитку агропромислового комплексу та сільських територій*: матеріали XXIV Міжнародного науково – практичного форуму, 4–6 жовтня 2023 р. Львів: ЛНУП, 2023. С. 198–201. URL: https://surl.lu/jnebtp

22. Барат Ю. М., Козелько М. О. Продуктивність гібридів соняшнику. *Актуальні напрямки та проблеми у технологіях вирощування продукції рослинництва*: матеріали XI наук.–практ. інт.–конф. (м. Полтава, 25 лист.

2021 р.). Полтава, 2021. С. 9–11. URL: https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/node/1239/2511.pdf

23. Бердін С. І, Оничко Т. І., Бутенко Є. Ю. Формування врожайності гібридів соняшнику різних груп стиглості в умовах Північно–Східного Лісостепу України. *Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Зрошуване землеробство».* 2024. Вип. 82. С. 5–10. https://doi.org/10.32848/0135–2369.2024.82.1

24. Бігун В. С. Вплив кліматичних змін на сільське господарство: адаптаційні стратегії для підвищення стійкості врожаїв. *Сільське господарство та лісівництво*. 2024. № 35. С. 179–188. DOI: 10.37128/2707–5826–2024–4–15

25. Борисенко В. В. Вплив густоти посіву та ширини міжрядь на водоспоживання різностиглих гібридів соняшника. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2020. № 111. С. 22–28. DOI https://doi.org/10.32851/2226–0099.2020.111.3

26. Борисенко В. В. Вплив елементів технології вирощування на продуктивність різностиглих гібридів соняшника. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2022. № 123. С. 15–21. DOI https://doi.org/10.32851/2226–0099.2022.123.3

27. Борисенко В. В. Вплив основного обробітку ґрунту на продуктивність соняшнику в умовах правобережного Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2024. № 136 (1). С. 48–52. DOI https://doi.org/10.32782/2226–0099.2024.136.1.7

28. Борисенко В. В. Вплив різних способів основного обробітку ґрунту на водний режим соняшнику в умовах Правобережного Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2024. № 139 (1). С. 37–41. DOI https://doi.org/10.32782/2226–0099.2024.139.1.5

29. Борисенко В. В. Вплив умов вирощування на формування листкової поверхні і фотосинтетичний потенціал посіву гібридів соняшника. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2021. № 117. С. 16–21. DOI https://doi.org/10.32851/2226–0099.2021.117.3

30. Борисенко В. В. Інноваційні аспекти вирощування різностиглих гібридів соняшника в умовах Правобережного Лісостепу України. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2015. № 5. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2015_5_22

31. Борисенко В. В. Листкова поверхня та фотосинтетичний потенціал посіву соняшнику залежновід умов вирощування. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва.* 2013. Вип. 83 Ч. 1. С. 79–84. URL: https://surl.li/lqfetk

32. Борисенко В. В. Олійність та якість гібридів соняшника залежно від елементів технології вирощування. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2023. № 130. С. 17–22. DOI https://doi.org/10.32851/2226–0099.2023.130.3

33. Борисенко В. В. Формування продуктивності соняшника залежно від ширини міжрядь в умовах правобережного Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2023. № 129. С. 20–26. DOI https://doi.org/10.32851/2226–0099.2023.129.3

34. Борисенко В. В., Карнаух О. Б., Накльока Ю. І., Новак А. В., Усик С. В., Коваль Г. В. Вплив висоти рослин і діаметру кошиків на продуктивність соняшника залежно від густоти посіву та ширини міжрядь. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2020. № 113. С. 28–34. DOI https://doi.org/10.32851/2226–0099.2020.113.4

35. Борисенко В. В., Новак А. В., Калієвський М. В. Вплив густоти посіву та ширини міжрядь на урожайність різностиглих гібридів соняшника. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2018. № 103. С. 3–9. URL: http://www.tnv–agro.ksauniv.ks.ua/issue–103–2018

36. Борисенко В. В., Чаплоуцький А. М., Сорока Л. В. Вплив густоти посіву та ширини міжрядь на олійність різностиглих гібридів соняшника. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2019. № 106. С. 3–9. URL: http://www.tnv–agro.ksauniv.ks.ua/issue–106–2019

37. Буряк Ю. І., Огурцов Ю. Є., Чернобаб О. В., Клименко І. І. Посівні якості насіння соняшнику залежно від впливу регуляторів росту рослин та протруйників. *Селекція і насінництво*. 2014. № 105. С. 173–177. DOI: https://doi.org/10.30835/2413–7510.2014.42072

38. Бушанський В. І., Антонець. О. А. Урожайність насіння соняшнику залежно від строків сівби. *Інноваційні аспекти технологій вирощування, зберігання і переробки продукції рослинництва* : зб. тез III наук.–практ. інтернет–конф., 21–22 квіт. 2015р. Полтава, 2015. С. 29–34. URL: https://surl.li/stdxpl

39. Ведмедева К. В., Бусаров П. Ю. Характеристика насіння соняшнику за результатами вивчення фенотипу і сили руйнування лушпиння. *Науково–технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2024. № 36. С. 16–27. DOI: 10.36710/IOC–2024–36–02

40. Ведмедєва К. В., Махова Т. В., Павленко О. О., Алієв Е. Б. Вплив умов вирощування на деякі характеристики фенотипу насіння та кошику у соняшнику. *Науково–технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2024. № 37. С. 32–42. DOI: 10.36710/IOC–2024–37–04

41. Вінічук М. Мікоризація соняшнику арбускулярним мікоризним грибом *FUNNELIFORMIS MOSSEAE* та її вплив на перехід радіоцезію із ґрунту в рослину. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2016. Випуск 72. С. 110–119. URL: https://surli.cc/ykvjwx

42. Власюк О. С., Квасніцька Л. С., Войтова Г. П. Ефективність біопрепаратів проти хвороб соняшника у Правобережному Лісостепу. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2023. 37. С. 81–88. https://doi.org/10.35868/1997–3004.37.81–88

43. Вожегова Р. А., Коковіхін С. В., Нестерчук В. В. Динаміка показників продукційного процесу рослин соняшнику залежно від гібридного складу, густоти стояння рослин та мікродобрив. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2017. № 98. С. 35–41. URL: http://www.tnv–agro.ksauniv.ks.ua/archives/98_2017/8.pdf

44.Войтовик М. В. Забур'яненість агроценозів соняшнику в короткоротаційних сівозмінах. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2023. Вип. 74 (1). С. 8–21. URL: https://phzt–journal.isgkr.com.ua/74–1/1.pdf

45.Войтовик М. В., Цюк О. А. Кореляційні зв'язки урожайності соняшнику з показниками родючості чорнозему типового за різних систем удобрення. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2023. 19 (4). URL: https://doi.org/10.31548/dopovidi4(104).2023.002

46.Войцеховська О. С., Войцеховський І. О. Стан і перспективи розвитку високоолеїнового соняшнику в Україні та в світі. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2014. № 88. С. 39–42. URL: http://www.tnv–agro.ksauniv.ks.ua/issue–88–2014

47.Волкогон В. В. Мікробні препарати як фактор підвищення засвоюваності рослинами мінеральних добрив. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2007. Вип. 4. С. 21–30. DOI**:** https://doi.org/10.35868/1997–3004.4.21–30

48.Волкогон В. В. Роль мікроорганізмів у первинних процесах формування родючості ґрунтів. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2024. 39. С. 3–21. https://doi.org/10.35868/1997–3004.39.3–21

49.Волкогон В. В. Сільськогосподарська мікробіологія в Украї-ні здобутки, проблеми, перспективи. *Вісник аграрної науки*. 2018. Том 96 № 11. С. 20–27. DOI: https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201811–03

50.Волкогон В. В., Дімова С. Б., Волкогон К. І., Сидоренко В. П. Ефективність мікробних препаратів за різних систем удобрення сільськогосподарських культур. *Вісник аграрної науки*. 2020. Том 98 № 6. С. 5–14. DOI: https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202006–01

51.Волкогон В. В., Дімова С. Б., Волкогон К. І., Токмакова Л. М., Журба М. А., Халеп Ю. М., Штанько Н. П., Луценко Н. В. Біологічні аспекти систем удобрення сільськогосподарських культур. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2015. Вип. 22. С. 13–29. DOI**:** https://doi.org/10.35868/1997–3004.22.13–29

52.Гадзало Я. М., Вожегова Р. А., Лікар Я. О. Вплив біологізованого захисту рослин на продуктивність соняшнику в умовах зрошення півдня України. *Аграрні інновації*. 2023. № 18. С. 32–40. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.18.4

53.Гайдаш Є. В., Кузьменко О. Р., Бєлка О. В. Основні олійні культури в реєстрі сортів рослин України. *Науково–технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2023. № 35. С. 115–126. DOI: 10.36710/IOC–2023–35–10

54.Гамаюнова В. В., Кудрина В. С. Формування надземної маси і врожайності соняшнику під впливом окремих елементів технології вирощування. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2020. Вип. 1 (105). С. 50–57. DOI: 10.31521/2313–092X/2020–1(105)–7

55.Гамаюнова В. В., Кудріна В. С. Формування продуктивності соняшнику під впливом позакореневих підживлень сучасними біопрепаратами в умовах Південного Степу України. *Agrology*, Том 3 №4. С. 225–231. DOI: https://doi.org/10.32819/020027

56.Гангур В. В., Космінський О. О. Біоенергетична оцінка ефективності різних рівнів мінерального живлення у технології вирощування соняшнику. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. 27(1). С. 13–18. https://doi.org/10.31210/spi2024.27.01.02

57.Гангур В. В., Космінський О. О., Міщенко О. В. Вплив мінеральних добрив на вміст поживних речовин у ґрунті та урожайність гібридів соняшнику різних груп стиглості. *Вісник ПДАА*. 2021. № 1. С. 116–121. DOI: 10.31210/visnyk2021.01.13

58.Гангур В. В., Космінський О. О., Оплачко Д. В. Формування насіннєвої продуктивності соняшнику залежно від доз мінеральних добрив. *Актуальні напрямки та проблеми у технологіях вирощування продукції рослинництва*: матеріали XI наук.–практ. інт.–конф. (м. Полтава, 25 лист. 2021 р.). Полтава, 2021. С. 15–18. URL: https://surl.li/jidcmo

59.Гангур В. В., Поляков І. А., Яковина В. С. Формування продуктивності гібридів соняшнику різних груп стиглості залежно від системи удобрення. *Актуальні напрямки та проблеми у технологіях вирощування продукції рослинництва*: матеріали XI наук.–практ. інт.–конф. (м. Полтава, 25 лист. 2021 р.). Полтава, 2021. С. 22–25. URL: https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/node/1239/2511.pdf

60.Гарбар Л. А., Аврамчук В. І. Біометричні параметри рослин гібридів соняшнику за впливу умов живлення та ретарданту. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2024. 20 (2). URL: https://doi.org/10.31548/dopovidi.2(108).2024.013

61.Гарбар Л. А., Аврамчук В. І. Динаміка вмісту хлорофілів у листках соняшнику за впливу елементів технології вирощування. *Аграрні інновації*. 2022. № 14. С. 7–11. DOI: https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.14.1

62.Гарбар Л. А., Аврамчук В. І. Формування асимілюючої поверхні гібридами соняшнику за впливу умов живлення та ретардантів. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2023. № 5/105. DOI: https://doi.org/10.31548/dopovidi5(105).2023.004

63.Гарбар Л. А., Горбатюк Е. М. Вплив удобрення на формування продуктивності соняшника. URL: http://www.sworld.com.ua/konfer26/594.pdf.

64.Гарбар Л. А., Довбаш Н. І., Венгер В. В. Формування листкового апарату гібридів соняшника та ефективність його функціонування за впливу удобрення. *Аграрні інновації*. 2022. № 13. С. 7–11. DOI: https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.13.3

65.Гарбар Л. А., Кнап Н. В. Ефективність удобрення в технології вирощування соняшнику. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2020. Том 11 № 4. С. 14–25. DOI: http://dx.doi.org/10.31548/agr2020.04.014

66.Гарбар Л. А., Кнап Н. В. Реалізація генетичного потенціалу гібридів соняшнику за впливу умов живлення. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2021. Том 12 № 4. С. 17–27. DOI: http://dx.doi.org/10.31548/agr2021.04.017

67.Гарбар Л. А., Ліщук У., Довбаш Н. І., Кнап Н. В. Ефективність удобрення у формуванні продуктивності соняшнику. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2021. Том 12 № 1. С. 28–38. DOI: http://dx.doi.org/10.31548/agr2021.01.028

68.Гармашов В. В., Ходорчук В. Я., Чернова І. С., Щербаков В. Я., Аверчев О. В. Специфіка біологічного захисту кондитерського соняшнику. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2023. № 132. С. 29–35. DOI https://doi.org/10.32782/2226–0099.2023.132.4

69.Гирка А. Д., Ткаліч І. Д., Бочевар О. В., Сидоренко Ю. Я., Ільєнко О. В. Ріст, розвиток і формування урожайності соняшника під впливом регуляторів росту та удобрення. *Зернові культури*. 2018. Том 2. № 2. С. 301–308. DOI: https://doi.org/10.31867/2523–4544/0040

70.Гнатів П. С., Стасів О. Ф. Системний аналіз та агроекосистеми: наукова монографія. Оброшине: ІСГ КР НААН, 2025. 412 с. doi.org/10.32636/9786178433079/2

71.Гнатів П. С., Качмар О. Й., Іванюк В. Я., Баранський Д. В. Зміни клімату в Україні та мезоклімату західного регіону. *Інноваційні технології у рослинництві*: матеріали міжнародної науково–практичної інтернет–конференції до 115–ої річниці з дня народження доктора сільськогосподарських наук, професора, член–кореспондента НАН України, Заслуженого діяча науки України Кияка Григорія Степановича, 30 квітня 2025 р. [Електронний ресурс]. Львів–Дубляни: Львівський НУВМБ ім. С. З. Ґжицького. Північний кампус. С. 23–25. URL: https://surl.lu/rffnte

72.Гнатів П. С., Литвин О. Ф., Іванюк В. Я., Лагуш Н. І., Шестак В. Г., Коцюба Б. І. Створення й апробація програмного забезпечення статистичного моделювання вірогідності результатів агрономічних експери–ментів. Вісник ЛНАУ. Агрономія, 2022, 26. С. 157–162. https://doi.org/10.31734/agronomy2022.26.157

73.Гораш О. С., Сендецький В. М. Оптимізація продукційного процесу агроценозу соняшнику за використання регуляторів росту. *Наукові доповіді*

НУБІП України: Агрономія. 2018. № 5(75). DOI: http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2018.05.010

74. Горбатюк Е. М. Біометричні показники гібридів соняшнику за різних строків сівби та ширини міжрядь. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2018. № 104. С. 35–40. URL: http://www.tnv–agro.ksauniv.ks.ua/issue–104–2018

75. Гречишкіна Т. А. Ефективність застосування мікроелементів у системі живленняг рослин соняшнику (огляд літератури). *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2024. № 137. С. 63–69. DOI https://doi.org/10.32782/2226–0099.2024.137.8

76. Гуральчук Ж. З. Дія арбускулярних мікориз на надходження елементів живлення і стійкість рослин до несприятливих чинників довкілля. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2011. Вип. 12. С. 7–26. DOI**:** https://doi.org/10.35868/1997–3004.12.7–26

77. Гуральчук Ж. З. Особливості використання арбускулярної мікоризи для фіторемедіації ґрунтів, забруднених важкими металами. *Науковий вісник Чернівецького університету. Біологія (Біологічні системи)*. 2012. Том 4. Вип. 2. С. 236–239. URL: http://ibhb.chnu.edu.ua/biosystem/t4–v2–2012

78. Гуральчук Ж. З., Гуральчук С. З. Вплив інокуляції рослин арбускулярними мікоризними грибами на стійкість до зміни погодних умов. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. 2008. Вип. Спец. вип. С. 160–164. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpzeml_2008_Spets.vip._22

79. Гуртовенко В. О, Цюк О. А. Зміна поживного режиму чорнозему типового залежно від системи землеробства та системи основного обробітку ґрунту у посівах соняшнику. *Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Зрошуване землеробство».* 2024 Вип. 82. С. 26–30. https://doi.org/10.32848/0135–2369.2024.82.4

80. Гуртовенко В. О., Цюк О. А. Ефективність застосування ґрунтових гербіцидів на посівах соняшнику. *Наукові доповіді Національного*

університету біоресурсів і природокористування України. 2024. 20 (3). URL: https://doi.org/10.31548/dopovidi.3(109).2024.008

81. Гутянський Р. А., Макляк К. М., Курилич Д. В., Кутіщева Н. М. Прояв господарських ознак трилінійних гібридів соняшнику, стійких до гербіцидів групи сульфонілсечовин. *Науково–технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2024. № 36. С. 29–38. DOI: 10.36710/IOC–2024–36–03

82. Гуцол Г. В., Мазур О. В. Вміст нітратів у насінні соняшнику та продуктах його переробки при вирощуванні на сірих лісових ґрунтах. *Сільське господарство та лісівництво*. 2023. № 29. С. 125–135. DOI: 10.37128/2707–5826–2023–2–11

83. Гуцол Г. В., Мазур О. В. Ріст та розвиток соняшнику залежно від удобрення. *Сільське господарство та лісівництво*. 2024. № 32. С. 62–75. DOI: 10.37128/2707–5826–2024–1–6

84. Гуцол Г., Мазур О. Інтенсивність накопичення важких металів насінням та шротом соняшнику. *Вісник Львівського національного університету природокористування. Серія Агрономія*. 2023. 27. С. 41–45. https://doi.org/10.31734/agronomy2023.27.041

85. Давидюк Г., Шкарівська Л., Клименко І., Довбаш Н., Повидало М. Зміни екологічного стану агроландшафтів Львівської області під впливом антропогенного навантаження. *Сільське господарство та рослинництво: теорія та практика*. 2024. 3. С. 36–46. https://doi.org/10.54651/agri.2024.03.04

86. Демиденко О. Урожайність сільськогосподарських культур залежно від удобрення, способу обробітку ґрунту та типу сівозмін. *Сільське господарство та рослинництво: теорія та практика*. 2024. 2. С. 32–45. https://doi.org/10.54651/agri.2024.02.05

87. Демидов І. М., Ситнік Н. С., Мазаєва В. С. Соняшник і проблема альтернативного палива в Україні. *Науково–технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2014. № 21. С. 137–146. URL: http://bulletin.imk.zp.ua/index.php?menu=4&id=219&lang=ua

88. Димитров С. Г. Ефект симбіозу грибів і бактерій з кореневою системою рослин соняшнику однорічного Helianthus annuus L. *Аграрні інновації: селекція, насінництво*. 2022. № 15. С. 104–110. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.15.16

89. Димитров С. Г. Формування продуктивності гібридів соняшнику залежно від елементів технології вирощування. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових*. 2015. Вип. 23. С. 19–23. URL: http://bioenergy.gov.ua/uk/content/vypusk–23–2015

90. Димитров С. Г., Саблук В. Т. Покращення структурно–агрегатного стану грунту за мікоризації кореневої системи рослин сільськогосподарських культур мікоризоутворювальними грибами. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агрономія і біологія*. 2022. № *48*(2). С. 59–62. https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.2.9

91. Димитров С. Г., Саблук В. Т. Формування площі листкової поверхні рослин сільськогосподарських культур залежно від маси кореневої системи за її мікоризації. *Біоенергетика*. 2022. 1–2. С. 29–31. https://doi.org/10.47414/be.1–2.2022.271348

92. Димитров С. Г., Саблук В. Т., Танчик С. П. Зниження ураженості рослин сільськогосподарських культур хворобами за мікоризації грибами та симбіозу з азотфіксуючими бактеріями їх кореневої системи. *Аграрні інновації*. 2021. № 10. С. 29–33. DOI: https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.10.5

93. Димитров С. Г., Саблук В. Т., Танчик С. П. Підвищення продуктивності фотосинтезу сільськогосподарських культур залежно від обводненості їх листків за мікоризації кореневої системи. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2021. Вип. 99 Ч. 1. С. 58–67. DOI: 10.31395/2415–8240–2021–99–1–58–67

94. Димитров С., Саблук В. Підвищення врожайності сільськогосподарських культур за мікоризації кореневої системи. *Вісник Львівського національного*

університету природокористування. Агрономія. 2022. № 26. С. 142–145. https://doi.org/10.31734/agronomy2022.26.142

95. Дідур В. І., Циганський В. І. Удосконалення технологічних прийомів вирощування соняшника в умовах Лісостепу Правобережного. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 23. С. 16–24. DOI: 10.37128/2707–5826–2021–4–2

96. Доля С., Шевченко М. Вплив способів обробітку ґрунту на целюлозолітичну активність чорнозему типового за вирощування кукурудзи на зерно. *Сільське господарство та рослинництво: теорія та практика*. 2024 3. С. 56–66. https://doi.org/10.54651/agri.2024.03.06

97. Домарацький Є. О. Вплив рістрегулюючих препаратів та мінеральних добрив на поживний режим соняшника. *Наукові доповіді НУБІП України: Агрономія*. 2018. № 1(71). DOI: http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2018.01.018

98. Домарацький Є. О. Формування листової поверхні та фотосинтетична діяльність рослин соняшника залежно від добрив і рістрегулюючих препаратів. *Аграрні інновації*. 2021. № 5. С. 22–29. DOI: https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.5.4

99. Домарацький Є. О., Добровольський А. В. Особливості водоспоживання соняшника за різних умов мінерального живлення. *Наукові доповіді НУБІП України: Агрономія*. 2017. № 1(65). DOI: http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2017.01.011

100. Домарацький Є. О., Добровольський А. В., Домарацький О. О. Вплив багатофункціональних рістрегулюючих препаратів на формування продуктивності гібридів соняшнику високоолеїнового типу. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2020. № 115. С. 32–41. DOI https://doi.org/10.32851/2226–0099.2020.115.5

101. Домарацький Є. О., Добровольський А. В., Козлова О. П., Добровольський П. А., Лавришина О. Є. Шляхи оптимізації водоспоживання соняшника високоолеїнового типу за умов зміни клімату.

Аграрні інновації. 2021. № 10. С. 34–41. DOI: https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.10.6

102. Домарацький Є. О., Козлова О. П. Вплив біологічних фунгіцидів на рівень ураження гібридів соняшника патогенною мікрофлорою. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2018. № 29. С. 9–16. DOI: https://doi.org/10.37406/2706–9052–2018–2–2

103. Домарацький Є. О., Козлова О. П. Економічне обґрунтування використання екологобезпечних препаратів у технологічних схемах вирощування соняшника. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2020. № 111. С. 60–68. DOI https://doi.org/10.32851/2226–0099.2020.111.8

104. Домарацький Є. О., Козлова О. П., Домарацький О. О. Вплив рістрегулюючих речовин біологічного походження на формування надземної біомаси рослин соняшника. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2019. № 106. С. 43–52. URL: http://www.tnv–agro.ksauniv.ks.ua/issue–106–2019

105. Домарацький О. О., Сидякіна О. В., Іванів М. О., Добровольський А. В. Біопрепарат нового покоління групи Хелафіт у технології вирощування гібридів соняшнику на Півдні України. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2017. № 98. С. 51–56. URL: http://www.tnv–agro.ksauniv.ks.ua/archives/98_2017/11.pdf

106. Єременко О. А. Особливості фотосинтетичної діяльності гібридів соняшнику (helianthus annuus l.) (f1) залежно від дії регулятора росту рослин в умовах Південного Степу України. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2017. № 98. С. 57–64. URL: http://www.tnv–agro.ksauniv.ks.ua/archives/98_2017/11.pdf

107. Єременко О. А., Каленська С. М., Калитка В. В., Малкіна В. М. Урожайність соняшнику залежно від агрометеорологічних умов південного степу України. *Збірник наукових праць «Агробіологія»*. 2017. № 2. С. 123–130. URL: https://surl.li/tydqij

108. Єщенко В. О. та ін. Основи наукових досліджень в агрономії: за ред. В. О. Єщенка. Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс і К». 2014. 332 с.

109. Жигайло О. Л., Жигайло Т. С. Моделювання продуктивності соняшнику в умовах майбутніх змін клімату в Україні за сценаріями антропогенного впливу RCP. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2017. № 20. С. 71–78. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Uggj_2017_20_10

110. Жигайло О. Л., Жигайло Т. С. Оцінка впливу змін клімату на агрокліматичні умови вирощування соняшнику в Україні. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2016. № 17. С. 86–92. – URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Uggj_2016_17_12

111. Жила П. А., Назаренко М. М. Продуктивність та якість гібридів соняшнику в умовах Дніпровського регіону. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2024. № 135 (1). С. 72–78. DOI https://doi.org/10.32782/2226–0099.2024.135.1.10

112. Жуйков О. Г., Бурдюг О. О. Дослідження продуктивності та якісних показників гібридів соняшнику середньоранньої групи за різних технологій вирощування в умовах Південного Степу України. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2019. Том 1. № 109. С. 42–48. DOI https://doi.org/10.32851/2226–0099.2019.109–1.7

113. Жуйков О. Г., Бурдюг О. О. Елементи біологізації технології вирощування соняшнику в контексті їх впливу на кількісно–якісні показники врожаю в умовах Південного Степу. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2018. № 104. С. 52–59. URL: http://www.tnv–agro.ksauniv.ks.ua/issue–104–2018

114. Жуйков О. Г., Бурдюг О. О. Фітосанітарний стан та продуктивність гібридів соняшнику за різних рівнів біологізації технології вирощування. *Аграрні інновації*. 2020. № 3. С. 26–32. DOI: https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2020.3.5

115. Жуйков О. Г., Бурдюг О. О. Формуваня архітектоніки та функціональних властивостей асиміляційного апарату соняшнику на фоні мікробіологічної

активності ґрунту за традиційної та органічної технологій вирощування культури в умовах Південного Степу. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2019. № 108. С. 26–33. DOI https://doi.org/10.32851/2226–0099.2019.108.4

116. Жуйков О. Г., Іванів М. О., Бурдюг О. О. Оцінка економічної, біоенергетичної та екологічної ефективності елементів рівнів біологізації технології вирощування соняшника в умовах Південного Степу. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2021. № 121. С. 36–47. DOI https://doi.org/10.32851/2226–0099.2021.121.5

117. Жуйков О. Г., Лаврись В. Ю. Норма висіву насіння як фактор формування продуктивних та господарсько цінних ознак гібридів соняшнику багатоквіткового за органічної технології вирощування в південному Степу. *Аграрні інновації*. 2021. № 10. С. 42–45. DOI: https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.10.7

118. Жуйков О. Г., Лаврись В. Ю., Жуйков Т. О. Формування фітосанітарного фону агроценозу соняшника декоративного за органічної технології вирощування в умовах Південного Степу. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2024. № 135 (1). С. 78–88. DOI https://doi.org/10.32782/2226–0099.2024.135.1.11

119. Жуйков О. Г., Лаврись В. Ю., Котовська Ю. С. Вплив рівнів біологізації технології вирощування соняшника на формування різних режимів ґрунту в незрошуваних умовах південного Степу України. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2024. № 136 (1). С. 125–138. DOI https://doi.org/10.32782/2226–0099.2024.136.1.17

120. Жуйков О. Г., Середюк В. Ю. Технологія вирощування соняшника CLEARFIELD® – світова історія та вітчизняний досвід. *Аграрні інновації*. 2024. № 23. С. 68–74. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.23.10

121. Зуза В., Шевченко М., Гутянський Р., Кузьменко Н. Ґрунтові гербіциди в посівах соняшнику в умовах Східного Лісостепу України. *Міжвідомчий*

тематичний науковий збірник «Фітосанітарна безпека». 2023 Вип. 68. С. 98–113. https://doi.org/10.36495/1606–9773.2022.68.98–113

122. Іванюк В., Баранський Д. Особливості використання системи EXPRESS SUN для захисту соняшника від бур´янів. *Теорія і практика розвитку агропромислового комплексу та сільських територій*: матеріали XXV Міжнародного науково – практичного форуму, 2–4 жовтня 2024 р. Львів: ЛНУП, 2024. С. 272–275. URL: https://surl.li/sneeqc

123. Ільченко А. С., Вареник Б. Ф., Карапіра С. І. Селекційна оцінка нових самозапилених ліній соняшнику (*Helianthus annuus* L.), стійких до гербіцидів групи сульфонілсечовин та несправжньої борошнистої роси [Plasmopara halstedii (Farl.) Berl. et. de Toni]. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2024. 20(1). С. 19–25. https://doi.org/10.21498/2518–1017.20.1.2024.300134

124. Інфографіка: урожайність кукурудзи, сої та соняшнику в Україні за 2021 рік. Український клуб аграрного бізнесу. UCAB. URL: https://surl.li/nrujxd

125. Каленська С. М., Гарбар Л. А., Горбатюк Е. М. Роль регламентів сівби у формуванні фітометричних показників соняшнику. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2020. № 113. С. 49–54. DOI https://doi.org/10.32851/2226–0099.2020.113.7

126. Каленська С. М., Горбатюк Е. М., Гарбар Л. А. Вплив регламентів сівби на продуктивність соняшнику. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2017. № 269. С. 23–30. URL: http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Agronomija/issue/view/382

127. Каленська С. М., Горбатюк Е. М., Гарбар Л. А. Особливості розвитку кореневої системи соняшнику за різних регламентів сівби. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2018. Том 1. № 100. С. 76–80. URL: http://www.tnv–agro.ksauniv.ks.ua/index.php/archiv?id=1778

128. Каленська С. М., Горбатюк Є. М., Гарбар Л. А. Вплив погодних чинників на ріст та розвиток гібридів соняшнику. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2019. Том 10 № 2. С. 5–12. DOI: http://dx.doi.org/10.31548/agr2019.02.005

129. Каленська С. М., Риженко А. С. Оцінювання впливу погодних умов за вирощування гібридів соняшнику (*Helianthus annuus* L.) в північній частині Лівобережного Лісостепу України. *Plant Varieties Studying and Protection*, 2020. Том 16 № 2. С. 162–172. DOI: https://doi.org/10.21498/2518–1017.16.2.2020.209229

130. Калинов О. О., Рожков А. О. Польова схожість насіння і збереженість рослин соняшнику за впливу передпосівної обробки насіння і листових підживлень. *Науково–технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2024. № 36. С. 80–92. DOI: 10.36710/IOC–2024–36–07

131. Калінов О. О., Рожков А. О. Варіабельність площі листової поверхні рослин соняшнику за впливу передпосівної обробки насіння і позакореневих підживлень. *Науково–технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2024. № 37. С. 87–101. DOI: 10.36710/IOC–2024–37–09

132. Камінський В. Ф., Малиновська І. М. Кореляційні зв'язки між показниками стану мікробного ценозу і потенційної родючості чорнозему типового. *Вісник аграрної науки*. 2023. Том 101 № 5. С. 5–12. https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202305–01

133. Квасніцька Л. С. Формування продуктивності гібридів соняшника за різних умов живлення. *Журнал «Наукові горизонти»*. 2020. №7(92). С. 40–44. DOI: 10.33249/2663–2144–2020–92–7–40–44

134. Кириченко В. В., Макляк К. М., Леонова Н. М., Коломацька В. П., Леонов О. Ю., Шепілов Б. П. Особливості технології вирощування гібридів соняшнику кондитерського типу в умовах східної частини Лісостепу України. *Вісник аграрної науки*. 2023. Том 101 № 1. С. 14–21. https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202301–02

135. Кириченко В. В., Тимчук В. М., Святченко С. І. Енергетична оцінка виробництва соняшнику. *Науково–технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2014. № 21. С. 154–171. URL: http://bulletin.imk.zp.ua/index.php?menu=4&id=221&lang=ua

136. Кирпичова Н. М., Ведмедєва К. В. Оцінка соняшнику за енергетичною цінністю. *Науково–технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2011. № 16. С. 59–63. URL: http://bulletin.imk.zp.ua/index.php?menu=4&id=57&lang=ua

137. Кілочок Т. П., Козечко В. І., Жерносекова І. В., Тимчук О. А. Кутіщева Н. М., Ведмедева К. В. Біологізація технології вирощування гібридів та сортів соняшнику. *Науково–технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2012. № 17. С. 98–103. URL: http://bulletin.imk.zp.ua/index.php?menu=4&id=28&lang=ua

138. Коваленко А. М. Водоспоживання соняшнику за різних умов вирощування в сівозмінах короткої ротації. *Науково–технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2012. № 17. С. 104–109. URL: http://bulletin.imk.zp.ua/index.php?menu=4&id=29&lang=ua

139. Коваленко А. М., Коваленко О. А., Пілярський В. Г. Урожайність культур короткоротаційної сівозміни за умов застосування мікробних препаратів у Південному Степу. *Аграрні інновації*. 2020. № 1. С. 52–56. DOI: https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2020.1.8

140. Коваленко О. А., Паламарчук В. Д., Корхова М. М., Нерода Р. С. Вплив позакореневих підживлень на продуктивність соняшнику в умовах Південного Степу України. *Сільське господарство та лісівництво*. 2022. № 25. С. 33–47. DOI: 10.37128/2707–5826–2022–2–4

141. Ковальов М. М., Мащенко Ю. В., Ткач А. Ф. Вплив щільності та твердості ґрунту на ефективність вирощування соняшнику за різних систем удобрення. *Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Зрошуване землеробство»*. 2022. Вип. 78. С. 20–24. https://doi.org/10.32848/0135–2369.2022.78.4

142. Ковпак П. В., Токмакова Л. М., Ларченко І. В., Трепач А. О. Чисельність фосфатмобілізувальних бактерій у кореневій зоні рослин пшениці за дії поліміксобактерину та мінеральних добрив. *Сільськогосподарська*

мікробіологія. 2013. Вип. 17. С. 101–110. DOI: https://doi.org/10.35868/1997–3004.17.101–110

143. Ковтун Т. В., Гарбар Л. А., Кнап Н. В. Формування продуктивності гібридів соняшника за різних умов живлення. *Журнал «Наукові горизонти»*. 2018. №7–8. С. 125–130. URL: https://surl.lt/ebsbnu

144. Козечко В. І., Іванченко О. М. Ефективність застосування мікродобрив в посівах соняшнику. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2024. № 136 (1). С. 192–201. DOI https://doi.org/10.32782/2226–0099.2024.136.1.23

145. Козлова О. П. Формування врожайності гібридів соняшнику залежно від фунгіцидів біологічного походження та стимуляторів росту. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2018. № 102. С. 52–57. URL: http://www.tnv–agro.ksauniv.ks.ua/issue–102–2018

146. Коковіхін С. В., Нестерчук В. В. Агроекономічне та енергетичне обґрунтування технології вирощування гібридів соняшнику в умовах південного степу України. *Науково–технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2016. № 23. С. 121–130. URL: http://bulletin.imk.zp.ua/index.php?menu=4&id=266&lang=ua

147. Коковіхін С. В., Нестерчук В. В. Вплив густоти стояння рослин та удобрення на формування продуктивності гібридів соняшнику при вирощуванні в умовах півдня України. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2016. № 96. С. 74–79. URL: http://www.tnv–agro.ksauniv.ks.ua/issue–96–2016

148. Коковіхін С. В., Нестерчук В. В., Носенко Ю. М. Продуктивність та якість насіння гібридів соняшнику залежно від густоти стояння рослин та удобрення. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2015. № 94. С. 37–42. URL: http://www.tnv–agro.ksauniv.ks.ua/issue–94–2015

149. Колісник О. М. Формування продуктивності соняшнику залежно від елементів технології вирощування в умовах Правобережного Лісостепу

України. *Сільське господарство та лісівництво*. 2023. № 34. С. 35–43. DOI: 10.37128/2707–5826–2024–3

150. Коломацька В. П., Реліна Л. І., Сивенко В. І., Андрієнко В. В. Проблеми в селекції соняшнику на холодостійкість. *Селекція і насінництво*. 2023. № 124. С. 21–30. https://doi.org/10.30835/2413–7510.2023.293845

151. Коркодола М. М. Рівень прояву господарських ознак кондитерського соняшника в умовах Північного Степу України. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агрономія і біологія*. 2023. № 52 (2). С. 47–54. https://doi.org/10.32782/agrobio.2023.2.6

152. Коркодола М. М., Макляк К. М. Мінливість вмісту олії та білка в насінні кондитерського соняшнику залежно від агротехнічних прийомів вирощування. *Науково–технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2023. № 34. С. 72–83. DOI: 10.36710/IOC–2023–34–07

153. Король Л. В., Топчій О. В., Присяжнюк Л. М., Діхтяр І. О., Іваницька А. П., Шитікова Ю. В., Безпрозвана І. В., Піскова О. В., Смульська І. В. Показники якості нових сортів соняшнику однорічного (*Helianthus annuus* L.) високоолеїнового та олійного напряму використання в різних умовах вирощування. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2024.20(3). С. 158–165. https://doi.org/10.21498/2518–1017.20.3.2024.311805

154. Костина Т. П., Дубовик Н. С., Сабадин В. Я., Куманська Ю. О. Вплив технологій гербіцидного захисту на господарсько–цінні ознаки та урожайність гібридів соняшнику в умовах центрального Лісостепу України. *Науково–практичний журнал Збалансоване природокористування*. 2024. № 3. С. 110–120. https://doi.org/10.33730/2310–4678.2.2024.309931

155. Костина Т. П., Сабадин В. Я., Дубовик Н.С., Куманська Ю. О. Моніторинг фітопатогенного стану посівів соняшнику у Центральному Лісостепу України. *Збірник наукових праць «Агробіологія»*. 2024. № 1. С. 294–302. URL: https://surl.li/dtofsn

156. Костромітін В. М., Скидан М. С. Вплив системи живлення на урожайність та якість насіння гібридів соняшнику в умовах східної частини Лісостепу

України. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2011. № 1. С. 107–111. URL: https://surl.li/udekpv

157. Костюкєвич Т. К., Колосовська В. В. Дослідження екологічних норм вирощування соняшнику в Лісостепу України. *Modern scientific strategies of development* : collective monograph / Compiled by V. Shpak; Chairman of the Editorial Board S. Tabachnikov. Sherman Oaks, California : GS Publishing Services, 2022. С. 15–20. DOI: 10.51587/9781–7364–13395–2022–008–15–20

158. Костюченко Н. І., Лях В. О. Видовий та родовий склад комплексу мікроміцетів ризосфери соняшнику. *Науково–технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2009. № 14. С. 162–166. URL: http://bulletin.imk.zp.ua/index.php?menu=4&id=143&lang=ua

159. Костюченко Н. І., Лях В. О. Різноманіття мікроміцетів кореневої зони соняшнику при вирощуванні в агроценозах олійних культур. *Науково–технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2011. № 16. С. 8–12. URL: http://bulletin.imk.zp.ua/index.php?menu=4&id=48&lang=ua

160. Кохан А. В. Водоспоживання соняшнику залежно від елементів технології. *Вісник ХНАУ: Серія «Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво і зберігання»*. 2016. Вип. 2. С. 85–93. URL: https://visnykagro.knau.kharkov.ua/uploads/visn/2_2016.pdf

161. Кохан А. В. Екологічно чиста технологія вирощування соняшнику. *Науково–технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2011. № 16. С. 108–111. URL: https://surl.li/nuzvwv

162. Кохан А. В., Лень О. І., Тоцький В. М., Семяшкіна А. О. Водоспоживання та урожайність гібридів соняшнику залежно від густоти стояння рослин. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2013. № 4. С. 94–97. URL: https://surl.li/qzrlmb

163. Кохан А. В., Лень О. І., Цилюрик О. І. Наслідки насичення сівозмін соняшником. *Науково–технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2016. № 23. С. 131–136. URL: http://bulletin.imk.zp.ua/index.php?menu=4&id=267&lang=ua

164. Кохан А. В., Самойленко О. А., Омелянчук А. М. Переваги вузькорядного посіву соняшнику. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2016. № 235. С. 64–71. URL: http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Agronomija/issue/view/318

165. Кохан, А. В. Біодобрива у технології вирощування соняшнику. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2016. № 25. С.34–39. URL: http://pb.pdatu.edu.ua/article/view/114712

166. Кочерга А. А., Бутяга Я. В. Вплив строків сівби на урожайність соняшнику. *Інноваційні аспекти технологій вирощування, зберігання і переробки продукції рослинництва*: зб. тез III наук.–практ. інтернет–конф., 21–22 квіт. 2015р. Полтава, 2015. С. 54–58. URL: https://surl.li/qgvtvx

167. Курач О. В., Лукащук Л. Я., Першута В. В. Вплив доз мінерального удобрення та стимуляторів росту на продуктивність гібридів соняшнику. *Вісник аграрної науки*. 2023. Том 101 № 8. С. 12–19. https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202308–02

168. Курдиш І. К. Роль мікроорганізмів у відтворенні родючості ґрунтів. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2009. Вип. 9. С. 7–32. DOI**:** https://doi.org/10.35868/1997–3004.9.7–32

169. Кутіщева Н. М., Макляк К. М., Одинець С. І., Шудря Л. І. Диференціація генотипів соняшнику у відповідності до умов вирощування. *Науково–технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2024. № 36. С. 39–49. DOI: 10.36710/IOC–2024–36–04

170. Кутіщева Н. М., Одинець С. І., Шудря Л. І., Середа В. О., Безсусідній О. В. Вплив погодних факторів на мінливість господарських показників у гібридів соняшнику. *Науково–технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2019. № 28. С. 70–84. DOI: 10.36710/IOC–2019–28–08

171. Кутіщева Н. М., Шугурова Н. О., Краснокутська Ю. В., Одинець С. І., Шудря Л. І. Наукові та прикладні аспекти селекції соняшнику до комплексу патогенів. *Науково–технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2023. № 35. С. 50–50. DOI: 10.36710/IOC–2023–35–04

172. Кутіщева Н. М., Шудря Л. І., Одинець С. І., Безсусідній О. В., Середа В. О. Мінливість господарських показників у гібридів соняшнику під впливом зміни навколишнього середовища. *Науково–технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2019. № 27. С. 59–68. DOI: 10.36710/ioc–2019–27–07

173. Ласло О. О. Ефективність впливу рістрегулюючих препаратів та комплексних добрив на урожайність соняшника. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2022. № 125. С. 72–77. DOI https://doi.org/10.32851/2226–0099.2022.125.10

174. Левішко А. С., Гуменюк І. І. Мікробні препарати для контролю чисельності фітофагів: механізми дії та переваги застосування. *Агроекологічний журнал*. 2024. № 3. С. 120–133. https://doi.org/10.33730/2077–4893.3.2024.311186

175. Лемішко С. М., Черних С. А. Ефективність дії рістрегулюючих речовин і мікродобрив на процеси формування продуктивності соняшнику в умовах північного Степу України. *Аграрні інновації*. 2023. № 17. С. 94–98. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.17.12

176. Лиховид П. В., Грановська Л. М. Класифікація зрошуваних і незрошуваних посівів пшениці озимої, кукурудзи, сої та соняшнику на основі даних аерокосмічного моніторингу. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2024. № 136 (2). С. 3–9. DOI https://doi.org/10.32782/2226–0099.2024.136.2.1

177. Лихочвор В., Гусак М. Урожайність гібридів соняшнику (HELIANTHUS ANNUUS) залежно від строків сівби в умовах Західного Лісостепу. *Вісник Львівського національного аграрного університету: Агрономія*. 2022. №26. С. 57–62. DOI: https://doi.org/10.31734/agronomy2022.26.057

178. Лихочвор В., Квітко А., Винницький В. Вплив строків і способів сівби соняшнику (*Helianthus annuus*) на врожайність в умовах Західного Лісостепу. *Вісник Львівського національного університету*

природокористування. Серія Агрономія. 2024. 28. С. 74–77. https://doi.org/10.31734/agronomy2024.28.074

179. Любицька Д. М., М'ялковський Р. О. Фотосинтетична активність ранньостиглих гібридів соняшнику в умовах Лісостепу Західного. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2025. № 32, С. 37–48. https://doi.org/10.47414/np.32.2024.322357

180. Мазур В. А., Дідур І. М., Циганський В. І., Маламура С. В. Формування продуктивності гібридів соняшника залежно від рівня удобрення та умов зволоження. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. № 19. С. 208–220. DOI: 10.37128/2707–5826–2020–4–17

181. Мазур В. А., Колісник О. М. Вплив технологічних прийомів вирощування на насіннєву продуктивність соняшнику. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 23. С. 5–15. DOI: 10.37128/2707–5826–2021–4

182. Мазур С. О., Шацман Д. О., Бухтик С. С. Ефективність мікоризоутворювальних грибів у технології вирощування соняшника (Helianthus L.). *Агроекологічний журнал*. 2024. № 3. С. 141–155. https://doi.org/10.33730/2077–4893.3.2024.311189

183. Мазур С.О., Матусевич Г.Д. Вплив ґрунтових гербіцидів на біометричні показники та врожайність соняшнику. *Науково–практичний журнал Збалансоване природокористування*. 2023. № 1. С. 90–96. DOI: https://doi.org/10.33730/2310–4678.1.2023.278544

184. Макляк К. М., Коркодола М. М. Особливості технології вирощування соняшнику кондитерського напряму використання. *Селекція і насінництво*. 2023. № 122. С. 76–93. https://doi.org/10.30835/2413–7510.2023.293894

185. Малиновська І., Буслаєва Н. Формування взаємозв'язків між групами мікроорганізмів чорнозему типового за різних способів основного обробітку ґрунту та мінерального удобрення. *Сільське господарство та рослинництво: теорія та практика*. 2024. 3. С. 47–55. https://doi.org/10.54651/agri.2024.03.05

186. Малиновська І., Дегодійк С., Балян А. Динаміка чисельності та фізіолого–біохімічної активності мікроорганізмів кореневої зони кукурудзи за використання різних доз мінеральних і органічних добрив. *Сільське господарство та рослинництво: теорія та практика*. 2024. 2. С. 46–57. https://doi.org/10.54651/agri.2024.02.06

187. Маслійов С. В., Ярчук І. І., Степанов В. В., Шквар С. В. Вплив мінеральних добрив на ріст, розвиток та врожайність соняшнику в умовах Луганської області. *Вісник ХНАУ: Серія «Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво і зберігання»*. 2019. Вип. 2. С. 56–64. DOI: 10.35550/ISSN2413–7642.2019.02.06

188. Махова Т. В., Ведмедєв С. Р., Поляков О. І. Створення баз даних фенотипових ознак та добір ліній соняшнику особливого призначення. *Науково–технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2023. № 35. С. 51–62. DOI: 10.36710/IOC–2023–35–05

189. Мащенко Ю. В., Кернасюк Ю. В., Сергієнко О. Д., Ткач А. Ф. Вплив систем удобрення та біопрепарату на економічну ефективність вирощування соняшнику залежно від виходу олії. *Науково–технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2024. № 36. С. 117–124. DOI: 10.36710/IOC–2024–36–10

190. Медведовський О.К., Іваненко П.І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій у с.-г. виробництві. К.: Урожай, 1988. 208 с.

191. Мельник А. В., Говорун С. О. Насіннєва продуктивність соняшнику залежно від попередників та мінеральних добрив в умовах Північно–Східного Лісостепу України. *Вісник ХНАУ. Серія : Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво*. 2013. Вип. 9. С. 117–122. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhnau_roslyn_2013_9_17

192. Мельник А. В., Макарчук А. В., Акуаку Д. Врожайність та якість насіння сучасних гібридів високоолеїнового соняшнику в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські*

науки. 2018. № 104. С. 79–85. URL: http://www.tnv–agro.ksauniv.ks.ua/issue–104–2018

193. Мельник А. В., Троценко В. І., Говорун С. О. Винос основних елементів живлення рослинами соняшнику залежно від сортових особливостей, попередників і норм мінеральних добрив в умовах північно–східного Лівобережного Лісостепу України. *Вісник ПДАА*. 2015. № 1–2. С. 25–28.

194. Мельник В. О. Якісний та кількісний склад мікофлори сірого лісового ґрунту за різного напряму використання сільськогосподарських угідь. *Сільське господарство та лісівництво*. 2023. № 28. С. 210–220. DOI: 10.37128/2707–5826–2023–1–15

195. Мельник О. В. Вплив позакореневого підживлення на врожайність соняшнику. *Актуальні напрямки та проблеми у технологіях вирощування продукції рослинництва*: матеріали XI наук.–практ. інт.–конф. (м. Полтава, 25 лист. 2021 р.). Полтава, 2021. С. 72–76. URL: https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/node/1239/2511.pdf

196. Минкін М. В. Технологічний проєкт вирощування двох урожаїв олійних культур на рік на одній площі за зрошення в умовах Півдня України. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2021. № 119. С. 61–67. DOI https://doi.org/10.32851/2226–0099.2021.119.9

197. Міхєєв В. Г., Молоков А. В. Продуктивність соняшнику залежно від строків сівби. *Вісник ХНАУ: Серія «Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво і зберігання»*. 2019. Вип. 1. С. 57–65. URL: https://visnykagro.knau.kharkov.ua/v20191.html

198. Мостов'як І., Крикунов І., Шувар А., Сеник І., Сидорук Г. Вплив гербіцидів на урожайність соняшнику однорічного в умовах Лісостепу Західного. *Карантин і захист рослин*, 2024 Вип. 1. С. 20–23. https://doi.org/10.36495/2312–0614.2024.1.20–23

199. Найдьонова О. Є., Шедєй Л. О., Сябрук О. П., Акімова Р. В., Гвоздик В. Б. Застосування мікробного препарату поліміксобактерину за вирощування соняшника в органічному землеробстві. *Агрохімія і ґрунтознавство*.

Міжвід. тем. наук. збірник. 2015. Вип. 83. Харків: ННЦ «ІГА ім. О.Н. Соколовського». С. 31–35. URL: http://agrochemsoilsci.org/ACSS_no83_full_text.pdf

200. Нікітенко О. В., Поляков О. І., Алієва О. Ю. Застосування мінеральних та сидеральних добрив за різних систем основного обробітку ґрунту при вирощуванні соняшнику. *Науково–технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2022. № 32. С. 73–83. DOI: 10.36710/IOC–2022–32–08

201. Нікітенко О. В., Поляков О. І., Літошко С. В. Оптимальні регламенти вирощування – запорука високої продуктивності соняшнику. *Науково–технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2021. № 31. С. 72–87. DOI: 10.36710/ioc–2021–31–07

202. Нікітенко О. В., Поляков О. І., Махова Т. В. Вплив способів основного обробітку ґрунту на ріст, розвиток та продуктивність соняшнику в умовах Південного Степу України. *Науково–технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2023. № 34. С. 84–96. DOI: 10.36710/IOC–2023–34–08

203. Ніценко М. П. Особливості формування високопродуктивних посівів соняшнику при зміні ширини міжрядь і густоти стояння рослин. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2014. № 6. С. 47–52. URL: https://surl.li/wcawyx

204. Носаль О. О., Ведмедєва К. В., Макляк К. М., Леонова Н. М. Господарська оцінка крупноплідних гібридів соняшнику. *Науково–технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2018. № 25. С. 83–95. URL: http://bulletin.imk.zp.ua/index.php?menu=4&id=314&lang=ua

205. Одинець С. І., Кутіщева Н. М., Шудря Л. І., Безсусідній О. В., Середа В. О. Порівняльна оцінка цінних господарських ознак гібридів соняшника. *Науково–технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2018. № 25. С. 96–106. URL: https://surl.lu/jwacbr

206. Оленченко А. В. Урожайність соняшника залежно від забур'яненості посівів в Лівобережному Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник.*

Сільськогосподарські науки. 2024. № 135 (2). С. 12–17. DOI https://doi.org/10.32782/2226–0099.2024.135.2.2

207. Паламарчук В. Д. Позакореневі підживлення у сучасних технологіях вирощування гібридів соняшнику. *Збірник наукових праць «Агробіологія»*. 2020. № 1. С. 137–144. DOI: 10.33245/2310–9270–2020–157–1–137–144

208. Паламарчук В. Д. Роль регуляторів росту рослин у формуванні продуктивності гібридів соняшнику. *Сільське господарство та лісівництво*. 2023. № 31. С. 16–29. DOI: 10.37128/2707–5826–2023–4–2

209. Паламарчук В. Д., Підлубний В. Ф. Вплив системи основного обробітку ґрунту на продуктивність гібридів соняшнику. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 23. С. 25–35. DOI: 10.37128/2707–5826–2021–4–3

210. Паламарчук В. Д., Підлубний В. Ф. Продуктивність гібридів соняшнику залежно від елементів технології вирощування. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 22. С. 29–44. DOI:10.37128/2707–5826–2021–3–3

211. Патика В. П., Патика М. В. Біопрепарати в біоорганічному землеробстві. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2007. Вип. 4. С. 7–20. DOI: https://doi.org/10.35868/1997–3004.4.7–20

212. Пелех Л. В., Онуфрійчук О. М. Основні технологічні заходи при вирощуванні соняшнику. *Аграрні інновації*. 2024. № 25. С. 43–49. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.25.7

213. Піньковський Г. В. Вплив строків сівби та густоти стояння соняшнику на водний режим грунту в Правобережному Степу України. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2019. Том 10 № 1. С. 34–40. DOI: http://dx.doi.org/10.31548/agr2019.01.034

214. Піньковський Г. В. Польова схожість насіння соняшнику залежно від строків сівби та густоти стояння рослин у Правобережному Степу України. *Наукові доповіді НУБІП України: Агрономія*. 2019. № 1(77). DOI: https://doi.org/10.31548/dopovidi2019.01.018

215. Піньковський Г. В., Мащенко Ю. В. Вплив елементів живлення на родючість грунту та продуктивність соняшнику в Правобережному Степу

України. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2019. № 107. С. 145–150. DOI https://doi.org/10.32851/2226–0099.2019.107.19

216. Піньковський Г. В., Танчик С. П. Продуктивність та економічна ефективність вирощування соняшнику залежно від строків сівби та густоти стояння рослин у Правобережному Степу України. *Збірник наукових праць «Агробіологія»*. 2020. № 2. С. 115–123. DOI**:** https://doi.org/10.33245/2310–9270–2020–161–2–115–123

217. Піньковський Г., Танчик С. П. Вплив строків сівби та густоти стояння на урожайність рослин соняшника у Правобережному Степу України. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2018. № 294. С. 75–82. DOI: http://dx.doi.org/10.31548/agr2018.294.075

218. Повх О. В. Доцільність застосування мікробіологічних препаратів при вирощуванні сільськогосподарських культур. *Охорона ґрунтів*. Зб. наук. праць. Вип. 1. Мат. міжн. наук.–практ. конф. «Агрохімічна служба України: роль і місце в розвитку агропромислового комплексу держави». Київ–2014. ДУ «Інститут охорони ґрунтів України». С. 186–189. URL: http://www.iogu.gov.ua/wp–content/uploads/2015/10/%D0%92%D0%B8%D0%BF%D1%83%D1%81%D0%BA–%E2%84%96–1–2014–%D1%80%D1%96%D0%BA.pdf

219. Поліщук І. С., Поліщук М. І. Ефективність застосування препарату Ростмомент на посівах соняшнику в умовах Лісостепу Правобережного. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. № 18. С. 17–28. DOI: 10.37128/2707–5826–2020–3–2

220. Полупан М. І., Величко В. А., Соловей В. Б. Розвиток українського агрономічного ґрунтознавства: генетичні та виробничі аспекти / за ред. д. с.–г. н. М. І. Полупана. Київ. Аграрна наука. 2015. 400 с.

221. Поляков О. І. Продуктивність соняшнику залежно від густоти стояння рослин та застосування біодобрива. *Науково–технічний бюлетень*

Інституту олійних культур НААН. 2018. № 26. С. 73–80. DOI: 10.36710/ioc–2018–26–08

222. Поляков О. І., Літошко С. В. Динаміка накопичення сухої речовини соняшнику залежно від умов вирощування. *Науково–технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2022. № 32. С. 84–98. DOI: 10.36710/IOC–2022–32–09

223. Поляков О. І., Нікітенко О. В. Вплив строків сівби та агроприйомів по догляду за рослинами на водоспоживання та продуктивність соняшнику гібриду Регіон. *Науково–технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2020. № 29. С. 131–140. DOI: 10.36710/ioc–2020–29–13

224. Поляков О. І., Нікітенко О. В., Алієва О. Ю., Щербак А. Д. Економічні та біоенергетичні показники вирощування соняшнику за додаткового живлення. *Науково–технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2024. № 37. С. 102–115. DOI: 10.36710/IOC–2024–37–10

225. Поляков О. І., Нікітенко О. В., Алієва О. Ю., Щербак А. Д., Усова Н. М. Зміна показників площі листкової поверхні, чистої продуктивності фотосинтезу та врожайності соняшнику залежно від додаткового живлення. *Науково–технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2024. № 36. С. 125–138. DOI: 10.36710/IOC–2024–36–11

226. Поляков О. І., Нікітенко О. В., Вахненко С. В. Формування продуктивності гібрида соняшнику Каменяр в залежності від агроприйомів вирощування. *Науково–технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2014. № 21. С. 97–104. URL: https://surl.lu/leoqmm

227. Поляков О. І., Нікітенко О. В., Вахненко С. В., Безсусідній О. В. Вплив агроприйомів вирощування на водоспоживання соняшнику гібриду Каменяр. *Науково–технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2016. № 23. С. 149–154. URL: https://surl.li/klkncx

228. Поляков О. І., Нікітенко О. В., Карапута С. К. Вплив строків сівби та агроприйомів по догляду за рослинами на забур'яненість посівів соняшнику гібриду Регіон та його врожайність. *Науково–технічний бюлетень*

Інституту олійних культур НААН. 2015. № 22. С. 140–148. URL: http://bulletin.imk.zp.ua/index.php?menu=4&id=244&lang=ua

229. Поляков О. І., Нікітенко О. В., Літошко С. В. Вплив агроприйомів вирощування на забур'яненість посівів та врожайність соняшнику. *Науково–технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2019. № 27. С. 107–116. DOI: 10.36710/ioc–2019–27–12

230. Поляков О. І., Нікітенко О. В., Літошко С. В. Економічна та біоенергетична ефективність вирощування соняшнику залежно від агроприйомів. *Науково–технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2021. № 30. С. 84–95. DOI: 10.36710/ioc–2021–30–09

231. Поляков О. І., Нікітенко О. В., Літошко С. В. Особливості формування продуктивності соняшнику під пливом додаткового живлення за різних систем основного обробітку грунту. *Науково–технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2017. № 24. С. 188–197. URL: http://bulletin.imk.zp.ua/index.php?menu=4&id=301&lang=ua

232. Поляков О. І., Нікітенко О. В., Літошко С. В. Фотосинтетична діяльність і продуктивність соняшнику гібрида ратник залежно від умов вирощування. *Вісник ХНАУ: Серія «Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво і зберігання»*. 2020. Вип. 1–2. С. 84–95. DOI: https://doi.org/10.35550/visnykagro2020.01–02.084

233. Поляков О. І., Нікітенко О. В., Сорока А. І. Продуктивність гібридів соняшнику залежно від густоти стояння рослин за різних строків сівби. *Науково–технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2022. № 32. С. 99–111. DOI: 10.36710/IOC–2022–32–10

234. Поляков О. І., Щербак А. Д. Водоспоживання соняшнику під впливом мінеральних добрив і регуляторів росту. *Науково–технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2023. № 35. С. 101–113. DOI: 10.36710/IOC–2023–35–09

235. Полякова І. О., Лях В. О, Бондар О. Г. Застосування ландшафтного землекористування для збереження родючості ґрунтів за досвідом країн ЄС.

Науково–технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. 2023. № 34. С. 147–155. DOI: 10.36710/ІОС–2023–34–13

236. Полякова І. О., Топчій М. А. Вплив беззмінного вирощування соняшнику на показники родючості ґрунту. *Науково–технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2013. № 19. С. 96–101. URL: http://bulletin.imk.zp.ua/index.php?menu=4&id=95&lang=ua

237. Попов Ю. В., Авраменко С. В. Вплив осіннього внесення різних доз та видів азотних добрив на урожайність пшениці озимої після попередника соняшник. *Селекція і насінництво*. 2024. № 125. С. 94–101. https://doi.org/10.30835/2413–7510.2024.306975

238. Поспєлов С. В., Самородов В. М., Оніпко В. В., Калашнік О. П. Бінарні посіви як елемент стабілізації агроекосистеми. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. 27(3), С. 12–18. https://doi.org/10.31210/spi2024.27.03.02

239. Поташова Л. М., Чигрин О. В., Каленський А. П. Урожайність соняшнику залежно від застосування фунгіцидів і регуляторів росту в правобережному Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2024. № 135 (2). С. 18–28. DOI https://doi.org/10.32782/2226–0099.2024.135.2.3

240. Ревтьо О. Я., Домарацький Є. О. Оптимізація продукційного процесу агроценозів соняшнику за посушливих умов Південного Степу України. *Аграрні інновації*. 2021. № 5. С. 68–74. DOI: https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.5.11

241. Резніченко В. П., Коломієць Л. В., Чередниченко І. В. Використання агротехнологій для збереження ґрунтових ресурсів та покращення якості ґрунту. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агрономія і біологія*. 2024. № 56 (2). С. 49–56. https://doi.org/10.32782/agrobio.2024.2.7

242. Риженко А. С. Формування урожайності соняшнику в північній частині Лісостепу України залежно від густоти стояння рослин. Наукові праці

інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2020. Вип.28. 112–121. http://bioenergy.gov.ua/uk/content/vypusk–28–2020

243. Риженко А. С., Каленська С. М., Присяжнюк О. І., Мокрієнко В. А. Пластичність урожайності гібридів соняшнику в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2020. Том 16 № 4. С. 402–406. DOI: https://doi.org/10.21498/2518–1017.16.4.2020.224058

244. Рильський О. Ф., Туровнік Ю. А., Петруша Ю. Ю., Рильська Я. С. Вплив *Bacillus subtilis* на формування ризосферної мікробіоти соняшнику. *Науково–технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2023. № 34. С. 33–44. DOI: 10.36710/IOC–2023–34–04

245. Рой А. О., Мацелюх О. В., Зубко П. Д., Варбанець Л. Д., Курдиш І. К. Протеолітична активність фосфатмобілізувальних бактерій роду bacillus та їх вплив на деяких фітофагів. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2014. Вип. 20. С. 66–73. DOI: https://doi.org/10.35868/1997–3004.20.66–73

246. Рудік О. Л., Сергєєв Л. А., Римар Д. Є. Аналіз та агроекологічне обгрунтування вирощування соняшника в проміжних посівах. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2022. № 126. С. 99–106. DOI https://doi.org/10.32851/2226–0099.2022.126.14

247. Рябовол Я. С., Ямкова В. В., Рябовол Л. О. Ефективність застосування окремих мікроелементів і стимулянтів за вирощування соняшнику та кукурудзи у Південному Лісостепу України. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2024. Вип. 104 (1). С. 192–200. DOI: 10.32782/2415–8240–2024–104–1–192–200

248. Саблук В. Т., Запольська Н., Шендрик К., Кожухівский Р. Ефективність використання біопрепарату “Мікофренд” для підвищення продуктивності соняшнику. *Біоенергетика*. 2024 2. С. 22–24. https://doi.org/10.47414/be.2024.No2.pp22–24

249. Сахошко М. М., Кравченко М. Й., Яценко В. М., Колосок І. О. Розвиток листкової поверхні та структура продуктивності гібридів соняшнику в умовах північно–східного Лісостепу України. *Вісник Сумського*

національного аграрного університету. Серія: Агрономія і біологія. 2019. Вип. 1–2(35–36). С. 33–39. DOI: https://doi.org/10.32845/agrobio.2019.1–2.5

250. Сендецький В. М. Вплив гумінових препаратів на врожайність і якісні показники насіння соняшнику в умовах Лісостепу Західного. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Агрономія*. 2018. Вип. 294. С. 32–41. DOI: http://dx.doi.org/10.31548/agr2018.294.032

251. Сендецький В. М. Вплив комплексних регуляторів росту на врожайність соняшнику в умовах Лісостепу Західного. *Збірник наукових праць Національного наукового центру «Інститут землеробства НААН»*. 2017. Вип. 4. С. 100–108. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpzeml_2017_4_13

252. Сендецький В. М. Вплив регуляторів росту на врожайність соняшнику за вирощування в умовах Лісостепу Західного. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Агрономія*. 2017. Вип. 269. С. 53–61. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_agr_2017_269_9

253. Сендецький В. М. Економічна ефективність вирощування соняшнику за передпосівного оброблення насіння регуляторами. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2017. Вип. 27. С. 316–320. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ZnpPdatu_2017_27_42

254. Сендецький В. М. Ефективність виробництва соняшнику за різних способів застосування регуляторів росту в умовах Західного Лісостепу. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2018. № 286. С. 58–67. URL: http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Agronomija/issue/view/425

255. Сендецький В. М. Передпосівне оброблення насіння соняшнику регуляторами росту і його вплив на формування врожайності в умовах Лісостепу Західного. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2017. Вип. 26(1). С. 175–179. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ZnpPdatu_2017_26(1)__22

256. Сендецький В. М. Схожість та густота стояння рослин гібридів соняшнику за передпосівного оброблення насіння. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2018. № 28. С.120–125. URL: http://pb.pdatu.edu.ua/article/view/150895

257. Сендецький В. М., Шувар І. А, Мельничук Т. В., Чернишенко О. Я., Шевченко Т. В. Формування продуктивності гібридів соняшнику за застосування регуляторів росту рослин. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2022. Вип. 72 (2). С. 64–82. 10.32636/01308521.2022–(72)–2–4

258. Сидякіна О. В., Гамаюнова В.В. Сучасний стан та перспективи виробництва насіння соняшнику. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2023. № 131. С. 196–204. https://doi.org/10.32782/2226–0099.2023.131.25

259. Сидякіна О. В., Павленко С. Г. Ефективність застосування мікроелементів у системі живлення рослин соняшнику (огляд літератури). *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2021. № 118. С. 152–158. https://doi.org/10.32851/2226–0099.2021.118.19

260. Сидякіна О. В., Подрєзов І. О. Соняшник: сучасний стан, проблеми та перспективи виробництва. *Сільськогосподарські науки*. 2024. № 136 (2). С. 124–133. https://doi.org/10.32782/2226–0099.2024.136.2.16

261. Скидан М. С., Скидан В. О., Костромітін В. М. Особливості наливу насіння гібридів соняшнику в умовах східної частини Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2013. № 85. С. 79–83. URL: http://www.tnv–agro.ksauniv.ks.ua/issue–85–2013

262. Смульська І. В., Топчій О. В., Михайлик С. М., Хоменко Т. М., Щербиніна Н. П., Скубій О. А. Вплив ґрунтово–кліматичних умов на прояв господарсько–цінних ознак у різних сортів Helianthus annuus L. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2023. 19(2). С. 118–125. https://doi.org/10.21498/2518–1017.19.2.2023.282553

263. Старіков С. С., Антонець О. А. Урожайність соняшнику залежно від густоти рослин. *Інноваційні аспекти технологій вирощування, зберігання і переробки продукції рослинництва* : зб. тез ІІІ наук.–практ. інтернет–конф., 21–22 квіт. 2015р. Полтава, 2015. С. 124–128. URL: https://surl.li/gvyvck

264. Статистика погоди. Кліматичні дані за роками та місяцями по метеостанції Львів. 2023-2025 роки. Метеопост. URL: https://meteopost.com/weather/climate/year/

265. Статистична інформація. Офіційний сайт Державного комітету статистики України. URL: http://www.ukrstat.gov.ua

266. Стороженко Д. С., Жукова Л. В., Станкевич С. В. Ефективність застосування регуляторів росту та мікродобрив для росту і розвитку рослин соняшнику у східній частині Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2024. № 139 (2). С. 87–94. https://doi.org/10.32782/2226–0099.2024.139.2.11

267. Стороженко Д. С., Жукова Л. В., Станкевич С. В. Інтенсивність ураження соняшника хворобами. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2024. № 137. С. 273–280. https://doi.org/10.32782/2226–0099.2024.137.33

268. Сторожик Л. І., Михайловин Ю. М. Контролювання поширення *ambrosia artemisiifolia* (l.) гербіцидами в агрофітоценозі соняшнику. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2024. № 139 (2). С. 95–103. https://doi.org/10.32782/2226–0099.2024.139.2.12

269. Танчик С. П., Центило Л. В. Екологічні аспекти удобрення соняшнику за його вирощування на чорноземах типових в Правобережному Лісостепу України. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2018. № 286. С. 80–89. URL: http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Agronomija/issue/view/425

270. Тимчишин О. Ф., Рудавська Н. М., Беген Л. Л. Перспективи вирощування соняшнику та вплив густоти стояння рослин на їх продуктивність.

Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2021. Вип. 70 (2). С. 73–83. https://phzt–journal.isgkr.com.ua/70–2/6.pdf

271. Тимчишин О. Ф., Рудавська Н. М. Соняшник: сучасний стан виробництва та вимоги до умов вирощування. *Агронаука і практика.* 2022. Вип. 1. Ч. 2. С. 14–18. 10.32636/agroscience.2022-1-2-2

272. Тищенко А. В., Степанов С. С. Екологічна стійкість середньоранніх гібридів соняшника до абіотичних чинників в умовах півдня України. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2024. № 136 (2). С. 169–180. https://doi.org/10.32782/2226–0099.2024.136.2.21

273. Тищенко А. В., Степанов С. С., Тищенко О. Д., Коновалова В. М., Очкала О. С. Реакція гібридів соняшника ранньої групи стиглості на мінеральне живлення та ґрунтові умови на півдні України. *Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Зрошуване землеробство».* 2024. Вип. 81. С. 56–68. https://doi.org/10.32848/0135–2369.2024.81.9

274. Тищенко А. В., Степанов С. С., Тищенко О. Д., Коновалова В. М., Очкала О. С. Реакція гібридів соняшника середньоранньої групи стиглості на дефіцит вологи в умовах півдня України. *Аграрні інновації*. 2024. № 23. С. 198–209. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.23.29

275. Тищенко А. В., Степанов С. С., Тищенко О. Д., Коновалова В. М., Очкала О. С. Аналіз гібридів соняшника середньостиглої групи за різних умов зволоження на Півдні України. *Аграрні інновації*. 2024. № 24. С. 214–226. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.24.31

276. Тищенко А. В., Тищенко О. Д., Пілярська О. О., Коблай О. О. Значення кореневої системи сільськогосподарських культур в умовах зміни клімату та дефіциту ресурсів. *Аграрні інновації*. 2024. № 23. С. 184–197. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.23.28

277. Ткалич І. Д., Гирка А. Д., Бочевар О. В. Продуктивність гібридів соняшнику в різні за зволоженням роки. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2013. № 5. С. 31–39. URL: https://surl.li/gxobwl

278. Ткалич І. Д., Ткалич Ю. І., Кохан А. В. Вплив способів сівби, прийомів догляду і добрив на врожайність насіння соняшнику в Степу. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2012. № 2. С. 128–131. URL: https://surl.lt/bedjcl

279. Ткалич Ю. І., Ніценко М. П. Вплив біопрепаратів на врожайність гібридів соняшнику в Степу. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2013. № 5. С. 86–89. URL: https://surl.li/egpxyf

280. Ткалич Ю. І., Ткалич І. Д., Бочева О. В. Гербіциди в посівах соняшнику з різною шириною міжрядь. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2014. № 6. С. 67–69. URL: https://surl.li/zhalnm

281. Ткалич Ю. І., Ткалич І. Д., Бочевар О. В., Кохан А. В. Агротехнічні заходи поліпшення агроценозу соняшнику в Степу. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2014. № 7. С. 22–27. URL: https://surl.li/sjping

282. Ткаліч І. Д., Гирка А. Д., Бочевар О. В., Ткаліч Ю. І. Агротехнічні заходи підвищення урожайності насіння соняшника в умовах Степу України. *Зернові культури*. 2018. Том 2. № 1. С. 44–52. DOI: https://doi.org/10.31867/2523–4544/0006

283. Ткаліч Ю. І. Вплив мікродобрив і стимуляторів росту рослин на продуктивність соняшнику у північному степу України. *Науково–технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2016. № 23. С. 169–177. URL: http://bulletin.imk.zp.ua/index.php?menu=4&id=273&lang=ua

284. Ткаліч Ю. І. Оцінка біологічної та господарської ефективності гербіцидів в посівах соняшнику. *Науково–технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2018. № 26. С. 98–107. DOI: 10.36710/ioc–2018–26–11

285. Ткаліч Ю. І. Продуктивність та економічна оцінка вирощування соняшнику при використанні різних обробітків грунту і гербіцидів. *Науково–технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2014. № 20. С. 198–203. URL: https://surl.li/mawghm

286. Ткаліч Ю. І., Цилюрик О. І., Козечко В. І. Ефективність використання мікродобрив та регуляторів росту рослин в посівах соняшнику Північного Степу. *Науково–технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2017. № 24. С. 216–225. URL: https://surl.li/kgqpdh

287. Ткаліч Ю. І., Цилюрик О. І., Козечко В. І. Ефективність прилипачів за використання трибенурон–метилу в посівах соняшника. *Науково–технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2022. № 32. С. 112–121. DOI: 10.36710/IOC–2022–32–11

288. Ткаченко М., Кондратюк І., Процук В. Відтворення потенційної родючості сірого лісового ґрунту з використанням елементів біологічних технологій землеробства. *Сільське господарство та рослинництво: теорія і практика*. 2024. 2. С. 5–15. https://doi.org/10.54651/agri.2024.02.01

289. Ткачук О. П., Бондарук Н. В. Особливості росту і розвитку соняшнику при застосуванні у його посівах біопрепаратів рістстимулюючої дії. *Сільське господарство та лісівництво*. 2024. № 33. С. 154–168. DOI: 10.37128/2707–5826–2024–2–13

290. Ткачук О. П., Бондарук Н. В. Поширення хвороб у посівах соняшнику залежно від удобрення. *Аграрні інновації*. 2024. № 24. С. 141–145. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.24.20

291. Ткачук О. П., Бондарук Н. В. Фактори інтенсифікації та екологізації вирощування соняшнику. *Аграрні інновації*. 2023. № 18. С. 120–127. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.18.17

292. Токмакова Л. М., Трепач А. О., Лепеха О. П. Чисельність фосфатмобілізувальних бактерій та активність фосфатази ризосферного ґрунту рослин ячменю ярого за дії добрив та мікрогуміну. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2015. Вип. 22. С. 37–41. DOI: https://doi.org/10.35868/1997–3004.22.37–41

293. Токмакова Л. М., Трепач А. О., Пищур І. М. Мікробіологічна трансформація фосфору в кореневій зоні рослин соняшнику за дії *Bacillus*

sp. 2473 та різного ступеня удобрення культури. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2023. 38. С. 40–50. https://doi.org/10.35868/1997–3004.38.40–50

294. Токмакова Л. М., Трепач А. О., Шевченко Л. А., Ларченко І. В., Лепеха О. П., Хаітова Н. О. Засвоєння фосфору рослинами кукурудзи за впливу фосфатмобілізувальних бактерій. *Вісник аграрної науки*. 2019. Том 97 № 7. С. 14–19. DOI: https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201907–02

295. Топчій О. В., Смульська І. В., Орленко О. Б., Хоменко Т. М., Довбаш Н. І., Руденко О. А. Особливості формування продуктивності високоолеїнових сортів соняшнику однорічного *Helianthus annuus* L. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2023. 19(3). С. 185–194. https://doi.org/10.21498/2518–1017.19.3.2023.287643

296. Тоцький В. М. Водоспоживання та урожайність гібридів соняшнику. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2012. № 2. С. 145–147. URL: https://surl.li/lookay

297. Тоцький В. М. Вплив системи удобрення та основного обробітку ґрунту на формування продуктивності соняшнику. *Науково–технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН.* 2014. № 20. С. 204–209. URL: http://www.bulletin.imk.zp.ua/pdf/2014/20/Totskiy_20.pdf .

298. Тоцький В. М., Гангур В. В., Поляков І. А.. Урожайність та якість насіння гібридів соняшнику (Helianthus annuus L.) залежно від системи удобрення. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. 27(3). С. 5–11. https://doi.org/10.31210/spi2024.27.03.01

299. Тоцький В. М., Лень О. І. Вплив макро– і мікродобрив на біометричні, продуктивні та якісні показники гібридів соняшнику. *Селекція і насінництво*. 2021. № 119. С. 161–169. https://doi.org/10.30835/2413–7510.2021.237160

300. Троценко В. І., Кабанець В. М., Яценко В. М., Колосок, І. О. Моделі формування продуктивності соняшнику та їх ефективність в умовах північно–східного Лісостепу України. *Вісник Сумського національного*

аграрного університету. Серія: Агрономія і біологія. 2020. Том 40. № 2. С. 72–78. DOI: https://doi.org/10.32845/agrobio.2020.2.9

301. Туровнік Ю.А., Парфенюк А.І., Безноско І.В., Мосійчук І.І. Формування фітопатогенного мікобіому насіння гібридів соняшнику в умовах Центрального Лісостепу України. *Науково–практичний журнал Збалансоване природокористування*. 2023. № 2. С. 93–102. DOI: https://doi.org/10.33730/2310–4678.2.2023.282746

302. Ушкаренко В.О., Вожегова Р.А., Голобородько С.П., Коковіхін С.В. Методика польового досліду: Навч. посібник. Херсон, 2014. 448 с.

303. Ушкаренко В.О., Нікішенко В.Л., Голобородько С.П., Коковіхін С.В. Дисперсійний і кореляційний аналіз у землеробстві та рослинництві: навч. посіб. Херсон, Айлант, 2008. 272 с.

304. Федорчук М. І., Ковальов М. А. Продуктивність гібридів соняшнику високолеїнового типу залежно від густоти стояння рослин при вирощуванні в умовах півдня України. *Науково–технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2016. № 23. С. 178–184. URL: http://bulletin.imk.zp.ua/index.php?menu=4&id=274&lang=ua

305. Фурманець О. А., Крайна М. А., Бортник І. М. Продуктивність гібридів соняшнику на дерново–підзолистих грунтах Західного Полісся на прикладі селекції PIONEER. *Аграрні інновації*. 2024. № 24. С. 146–150. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.24.21

306. Цапик Т. Ф., Усова Н. М., Дударєва Г. Ф. Продуктивність ячменю озимого за попередника соняшник залежно від мінерального живлення. *Науково–технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2023. № 34. С. 120–130. DOI: 10.36710/IOC–2023–34–11

307. Центило Л. В. Біологічна активність ґрунту за різних систем удобрення соняшнику та обробітку ґрунту. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2019. № 108. С. 117–122. DOI https://doi.org/10.32851/2226–0099.2019.108.16

308. Цехмейструк М. Г. Застосування бактеріальних препаратів при вирощуванні соняшнику. *Селекція і насінництво*. 2022. № 121. С. 105–112. DOI: https://doi.org/10.30835/2413–7510.2022.261002

309. Цехмейструк М. Г., Будьонний В. Ю. Урожайність гібридів соняшнику при довготривалому застосуванню добрив. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2024. № 135 (2). С. 122–129. DOI https://doi.org/10.32782/2226–0099.2024.135.2.15

310. Циганський В. І. Оптимізація системи удобрення соняшнику на основі використання сучасних мікробіологічних добрив. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. № 19. С. 65–75. DOI: 10.37128/2707–5826–2020–4–6

311. Цилюрик О. І., Горбатенко А. І., Судак В. М., Шапка В. П. Вплив мінімального обробітку ґрунту та удобрення на урожайність і олійність насіння соняшнику в умовах північного Степу. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2015. № 9. С. 11–15. URL: https://surl.li/fwuhrl

312. Цилюрик О. І., Румбах М. Ю., Іжболдін О. О., Бондаренко О. В., Ноздріна Н. Л., Остапчук Я. В. Вплив регуляторів росту на ріст і розвиток рослин соняшнику в північному Степу України. *Зернові культури*. 2022. Том 6. № 1. С. 69–81. DOI: https://doi.org/10.31867/2523–4544/0209

313. Цилюрик О. І., Шевченко С. М., Гончар Н. В., Шевченко О. М., Деревенець–Шевченко К. А., Швець. Н. В. Біологічна активність грунту короткоротаційної сівозміни за максимального насичення соняшником. *Науково–технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2021. № 30. С. 105–115. DOI: 10.36710/ioc–2021–30–11

314. Цимбал Я. С., Бойко П. І., Мартинюк І. В., Кальчун Т. Р., Якименко Л. П. Продуктивність та якість насіння соняшнику в різноротаційних сівозмінах Лісостепу за органо–мінеральної системи удобрення. *Землеробство і рослинництво: теорія і практика*. 2022. Вип. 2(4). С. 19–25. DOI: 10.54651/agri.2022.02.02

315. Цицюра Я. Г., Дідур І. М. Оптимізація удобрення соняшника за рахунок застосування біологічних препаратів в умовах Лісостепу Правобережного. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 23. С. 36–51. DOI: 10.37128/2707–5826–2021–4–4

316. Цицюра Я. Г., Первачук М. В. Формування зернової продуктивності соняшника залежно від застосування мікробіологічного добрива граундфікс в умовах Лісостепу Правобережного України. *Сільське господарство та лісівництво*. 2018. № 8. С. 62–73. DOI: 10.37128/2707–5826

317. Чабан В. І., Подобед О. Ю., Кротінов І. В., Коцюбан Д. А., Коцюбан Н. А. Особливості акумуляції мікроелементів рослинами соняшнику залежно від рівня мінерального живлення в умовах Степової зони. *Зернові культури*. 2017. Том 1. № 2. С. 338–344. URL: https://surl.lt/cwkroj

318. Чайковська Л. О, Баранська М. І., Овсієнко О. Л., Якубова Е. Р. Вплив фосфатмобілізувальних бактерій на активність мікрофлори темно–каштанового ґрунту в ризосфері ячменю ярого. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2009. Вип. 8. С. 40–51. DOI: https://doi.org/10.35868/1997–3004.8.40–51

319. Чехова І. В. Регіональний аспект виробництва соняшнику. *Науково–технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2018. № 26. С. 116–121. URL: http://bulletin.imk.zp.ua/index.php?menu=4&id=334&lang=ua

320. Чехова І. В. Соціально–економічне значення продукції олійних культур. *Науково–технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2021. № 30. С. 146–157. DOI: 10.36710/ioc–2021–30–15

321. Чигрин О. В., Воропай Ю. В., Шащук В. А. Урожайність різних гібридів соняшника залежно від норми висіву. *Аграрні інновації*. 2024. № 24. С. 160–165. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.24.23

322. Чуйко Д. В. Оцінка вихідного матеріалу соняшника за селекційно цінними ознаками. *Селекція і насінництво*. 2022. № 121. С. 6–14. https://doi.org/10.30835/2413–7510.2022.260986

323. Чуйко Д. В., Брагін О. М., Михайленко В. О., Романова Т. А., Романов О. В. Вплив регуляторів росту рослин на продуктивність ліній соняшнику. *Селекція і насінництво*. 2020. № 117. С. 215–226. https://doi.org/10.30835/2413–7510.2020.207186

324. Шакалій С. М. Формування врожайності та якості насіння соняшнику залежно від позакореневого підживлення. *Зернові культури*. 2017. Том 1. № 1. С. 69–74. URL: https://surl.li/bwlnfz

325. Шакалій С. М., Баган А. В., Бараболя О. В. Продуктивність гібридів соняшника залежно від густоти посіву та ширини міжрядь. *Наукові доповіді НУБІП України: Агрономія*. 2019. № 5(81). DOI: https://doi.org/10.31548/dopovidi2019.05.003

326. Шакалій С. М., Кулик Є. І. Вплив способів обробки біостимуляторами на посівні якості насіння соняшника. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2024. № 137. С. 343–350. DOI https://doi.org/10.32782/2226–0099.2024.137.40

327. Шарипіна Я. Ю., Боровська І. Ю., Бабич В. О. Методологічні особливості оцінки стійкості до вовчка в екологічних випробуваннях соняшника. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2023. № 130. С. 269–284. DOI https://doi.org/10.32851/2226–0099.2023.130.38

328. Шарипіна Я. Ю., Боровська І. Ю., Бабич В. О., Парій Я. Ф. Урожайність гібридів соняшнику різних груп стійкості до гербіцидів залежно від зрідженості ділянок у екологічних випробуваннях. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2024. № 139 (2). С. 164–175. DOI https://doi.org/10.32782/2226–0099.2024.139.2.20

329. Шарипіна Я. Ю., Боровська І. Ю., Парій Я. Ф. Зниження урожайності гібридів соняшника від ураженості вовчком. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2023. № 129. С. 160–169. DOI https://doi.org/10.32851/2226–0099.2023.129.21

330. Шарипіна Я. Ю., Боровська І. Ю., Парій Я. Ф., Парій Ю. О., Бабіч В. О., Наконечна М. С., Костенко Ю. С., Сірко А. С Адаптивність гібридів

соняшника селекції ВНІС в умовах України. *Селекція і насінництво*. 2020. № 117. С. 226–234. https://doi.org/10.30835/2413–7510.2020.207193

331. Швачка О. В., Новошинська Н. О. Вплив строків сівби та густоти стояння рослин на урожайність гібрида соняшнику рябота в умовах півдня України. *Науково–технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2011. № 16. С. 121–125. URL: https://surl.li/sfgtfu

332. Швець Ю. А., Крилова К. Д., Ліманська Н. В. Вплив *BACILLUS MEGATERIUM ОНУ 500* на проростання та ріст сіянців соняшника. *Мікробіологія і біотехнологія*. 2021. № 1(51). С. 45–54. http://dx.doi.org/10.18524/2307–4663.2021.1(51).228977

333. Шевченко М. В., Куцегуб Г. О., Мозговий Р. С. Вплив позакореневого підживлення на біометричні показники і врожайність соняшнику. *Вісник ХНАУ: Серія «Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво і зберігання»*. 2019. Вип. 2. С. 145–151. DOI: 10.35550/ISSN2413–7642.2019.02.15

334. Шевченко О. В., Пронь О. С., Чеботарьова І. В. Вплив кліматичних змін на деградацію земель та агроекосистем. *Науково–практичний журнал Збалансоване природокористування*. 2024. № 3. С. 81–88. https://doi.org/10.33730/2310–4678.3.2024.314921

335. Шевчук М. Й., Дідковська Т. П. Ефективність застосування бактеріальних препаратів. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2007. Вип. 5. С. 129–135. DOI**:** https://doi.org/10.35868/1997–3004.5.129–135

336. Шкатула Ю. М., Кравець А. О. Ефективність дії євро–ленд на процеси формування продуктивності соняшнику. *Аграрні інновації*. 2024. № 26. С. 126–131. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.26.18

337. Щербаков В. Я., Грицев Д. А. Продуктивність гібридів соняшника залежно від комбінацій внесення гербіцидів. *Науково–технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2014. № 20. С. 210–217. URL: http://bulletin.imk.zp.ua/index.php?menu=4&id=124&lang=ua

338. Юник А. В. Ефективність внесення добрив за вирощування високоолеїнового соняшнику на чорноземах типових мало гумусних. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2021. Том 12 № 1. С. 39–49. DOI: http://dx.doi.org/10.31548/agr2021.01.039

339. Юркевич Є. О., Валентюк Н. О., Когут І. М., Євич В. С. Високоолеїновий соняшник – іноваційний шлях подальшого сталого розвитку органічного землеробства Південного регіону та збереження родючості ґрунтів. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2022. № 125. С. 104–110. DOI https://doi.org/10.32851/2226–0099.2022.125.15

340. Aguilar–Paredes A., Valdés G., Nuti M. Ecosystem Functions of Microbial Consortia in Sustainable Agriculture. *Agronomy*. 2020. № 10(12). https://doi.org/10.3390/agronomy10121902

341. Alzamel NM, Taha EMM, Bakr AAA, Loutfy N. Effect of Organic and Inorganic Fertilizers on Soil Properties, Growth Yield, and Physiochemical Properties of Sunflower Seeds and Oils. *Sustainability*. 2022. № 14(19). https://doi.org/10.3390/su141912928

342. Balkovič J., Skalský R., Folberth C. et al. Impacts and Uncertainties of +2°C of Climate Change and Soil Degradation on European Crop Calorie Supply. *Earth's Future*. 2018. № 6(3). https://doi.org/10.1002/2017EF000629

343. Bán R., Baglyas G., Virányi F. et al. The Chemical Inducer, BTH (Benzothiadiazole) and Root Colonization by Mycorrhizal Fungi (Glomus spp.) Trigger Resistance Against White Rot (Sclerotinia sclerotiorum) in Sunflower. *BIOLOGIA FUTURA*. 2017. № 68. P. 50–59. https://doi.org/10.1556/018.68.2017.1.5

344. Baranskyi D. Soil health and biodiversity: connections and interactions. *«Сучасні екoвиклики. Стратегії екологічної безпеки довкілля»:* матеріали Міжнародної науково–практичної конференції, присвяченій 25–річчю кафедри екології Львівського НУП. 22–23 травня 2024 р. Львів–Дубляни: ЛНУП, 2024. С. 113–115. URL: https://surl.li/smfyaa

345. Baranskyi D. V. The impact of intensive farming on soil biota functioning under fluctuations of hydrothermal conditions. *«Наукові читання до 100–річчя від дня народження Філіп'єва Івана Давидовича – видатного вченого у галузі агрохімії та ґрунтознавства»*: матеріали науково–практичної конференції, присвяченої пам'яті доктора с.–г. наук, професора, Заслуженого діяча науки і техніки України, Філіп'єва Івана Давидовича. Одеса: ІКОСГ НААН. 2024. С. 19–21. URL: http://surl.li/wddxer

346. Bellido E., de la Haba P., Agüera E. Physiological Alteration in Sunflower Plants (Helianthus annuus L.) Exposed to High CO2 and Arbuscular Mycorrhizal Fungi. Plants. 2021. № 10(5). https://doi.org/10.3390/plants10050937

347. Bidnyna, I., Lykhovyd, P., Shablya, O., Serhieiev, L., & Vlashchuk, O. (2024). Microbial activity of dark–chestnut soil in winter wheat crops depending on fertiliser application. *Scientific Horizons*, 27(3), 43–52. https://doi.org/10.48077/scihor3.2024.43

348. Bindraban P.S., Dimkpa C., Nagarajan L. et al. Revisiting fertilisers and fertilisation strategies for improved nutrient uptake by plants. *Biol Fertil Soils*. 2015. № 51. P. 897–911. https://doi.org/10.1007/s00374–015–1039–7

349. Borovskaya I., Petrenkova V. Zonal pathogen complex of sunflower in the left bank Forest–Steppe of Ukraine. *Agricultural Science and Practice*. 2018. № 5(1). P. 67–72. DOI: https://doi.org/10.15407/agrisp5.01.067

350. Brito I., Carvalho M., & Goss M. J. Managing the functional diversity of arbuscular mycorrhizal fungi for the sustainable intensification of crop production. *Plants, People, Planet*. 2021. № 3(5). P. 491–505. https://doi.org/10.1002/ppp3.10212

351. Calvo P., Nelson L. & Kloepper J.W. Agricultural uses of plant biostimulants. Plant Soil. 2014. № 383. P. 3–41 . https://doi.org/10.1007/s11104–014–2131–8

352. Cardarelli M., Woo S.L., Rouphael Y., Colla G. Seed Treatments with Microorganisms Can Have a Biostimulant Effect by Influencing Germination and Seedling Growth of Crops. *Plants*. 2022. №11(3). https://doi.org/10.3390/plants11030259

353. Černý I., Veverková A., Kovár M., Mátyás M. The variability of sunflower (Helianthus annuus L.) yield and quality influenced by the weather conditions. *Acta universitatis agriculturae et silviculturae mendelianae brunensis*. 2013. № 61. P. 595–600. https://doi.org/10.11118/actaun201361030595 .

354. Černý I., Veverková,J., Kovár M. et al. Influence of temperature and moisture conditions of locality on the yield formation of sunfl ower (Helianthus annuus L.). *Acta universitatis agriculturae et silviculturae mendelianae brunensis*. 2011. № 6. P. 99–104. https://doi.org/10.11118/actaun201159060099

355. Coêlho EdS, Souza AREd, Lins HA et al. Efficiency of Nitrogen Use in Sunflower. *Plants*. 2022. № 11(18). https://doi.org/10.3390/plants11182390

356. Cozzolino V., Monda H., Savy D. et al. Cooperation among phosphate–solubilizing bacteria, humic acids and arbuscular mycorrhizal fungi induces soil microbiome shifts and enhances plant nutrient uptake. *Chem. Biol. Technol. Agric*. 2021. № 8: 31. https://doi.org/10.1186/s40538–021–00230–x

357. Daniel Wipf, Franziska Krajinski, Diederik van Tuinen, et al. Trading on the arbuscular mycorrhiza market: from arbuscules to common mycorrhizal networks. *New Phytologist*. 2019. № 223. P. 1127–1142. https://doi.org/10.1111/nph.15775

358. de Oliveira AKS, Soares EB, dos Santos MG, et al. Efficiency of Phosphorus Use in Sunflower. *Agronomy*. 2022. № 12(7). https://doi.org/10.3390/agronomy12071558

359. Debaeke P., Bedoussac L., Bonnet C., et al. Sunflower crop: environmental–friendly and agroecological. *OCL – Oilseeds and fats, Crops and Lipids*. 2017. № 24(3): D304. https://doi.org/10.1051/ocl/2017020

360. Debaeke P., Casadebaig P., Langlade NB. New challenges for sunflower ideotyping in changing environments and more ecological cropping systems. *OCL – Oilseeds and fats, Crops and Lipids*. 2021. № 28. P. 29–52. https://doi.org/10.1051/ocl/2021016

361. Dehtiarova Z., Shevchenko M., Dehtiarov Yu., Budyonny V. The efficiency of short–term crop rotations with different sunflower saturation. *Scientific Horizons*. 2024. 27(12). P. 47–55. https://doi.org/10.48077/scihor12.2024.47

362. Diagne N., Ngom M., Djighaly PI. et al. Roles of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Plant Growth and Performance: Importance in Biotic and Abiotic Stressed Regulation. Diversity. 2020. № 12(10). https://doi.org/10.3390/d12100370

363. Dmytro V. Baranskyi, Petro S. Hnativ, Viktor Ya. Ivaniuk. Efficiency of microbiological preparations application to increase sunflower productivity under conditions of sufficient moisture. *Інноваційні технології у рослинництві*: матеріали міжнародної науково–практичної інтернет–конференції до 115–ої річниці з дня народження доктора сільськогосподарських наук, професора, член–кореспондента НАН України, Заслуженого діяча науки України Кияка Григорія Степановича, 30 квітня 2025 р. [Електронний ресурс]. Львів–Дубляни: Львівський НУВМБ ім. С. З. Ґжицького. Північний кампус. С. 18–20. URL: https://surl.lu/xrwxmz

364. Eric Schultz, Thomas DeSutter, Lakesh Sharma, et al.. Response of Sunflower to Nitrogen and Phosphorus in North Dakota. *Agronomy Journal*. 2018. Volume 110, Issue 2. P. 685–695. https://doi.org/10.2134/agronj2017.04.0222

365. Eulenstein F., Tauschke M., Behrendt A. et al. The Application of Mycorrhizal Fungi and Organic Fertilisers in Horticultural Potting Soils to Improve Water Use Efficiency of Crops. *Horticulturae*. 2017. № 3(1). https://doi.org/10.3390/horticulturae3010008

366. Fadiji A.E., Babalola O.O., Santoyo G., Perazzolli M. The Potential Role of Microbial Biostimulants in the Amelioration of Climate Change–Associated Abiotic Stresses on Crops. *Frontiers in Microbiology*. 2021. № 12. https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.829099

367. Field K. J., Daniell T., Johnson D., & Helgason T. Mycorrhizal mediation of sustainabledevelopment goals. *Plants, People, Planet*. 2021. № 3(5). P. 430–432. https://doi.org/10.1002/ppp3.10223

368. Field KJ., Daniell T., Johnson D, Helgason T. Mycorrhizas for a changing world: Sustainability, conservation, and society. *Plants, People, Planet*. 2020. № 2. P. 98 –103. https://doi.org/10.1002/ppp3.10092

369. Fiodor A., Singh S., Pranaw K. The Contrivance of Plant Growth Promoting Microbes to Mitigate Climate Change Impact in Agriculture. *Microorganisms*. 2021. № 9(9). https://doi.org/10.3390/microorganisms9091841

370. Francisco Basílio, Teresa Dias, Margarida M. Santana, et al. Multiple modes of action are needed to unlock soil phosphorus fractions unavailable for plants: The example of bacteria– and fungi–based biofertilizers. *Applied Soil Ecology*. 2022. № 178. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2022.104550

371. Gamayunova V., Khonenko L., Mykolaichuk V., Kuvshinova A. Prospects and directions of diversification of oilseed group crops. *Scientific Horizons*. 2024.27(10). P. 102–112. https://doi.org/10.48077/scihor10.2024.102

372. Gasser S. A. A., Nielsen K., Eichler– Löbermann B., et al. Simulating the soil phosphorus dynamics of four long– term field experiments with a novel phosphorus model. *Soil Use and Management*. 2023. P. 1–14. https://doi.org/10.1111/sum.12881

373. Grünfeld L., Skias G., Rillig M.C. et al. Arbuscular mycorrhizal root colonization depends on the spatial distribution of the host plants. *Mycorrhiza*. 2022. № 32. P P. 387–395. https://doi.org/10.1007/s00572–022–01087–0

374. Haider Makki Jahil and Jawad Abdl–Kadhim Kamal. Effect of Bacterial Inoculation, Bacillus Megaterium, Vermicompost, and Phosphate Pock on Growth and Yield of sunflower (Helianthus annuus L.). IOP Conf. Ser.: *Earth Environ. Sci*. 2021.735 012087. DOI 10.1088/1755–1315/735/1/012087

375. Haider Makki Jahil, Jawad Abdl–Kadhim Kamal. Effect of Bacillus megaterium, Vermicompost, and Phosphate on the yield of sunflower (Helianthus annuus L.) on N.P.K. content of the leaf. *International Journal of Aquatic Science*. 2021. Vol 12, Issue 02. P. 2574–2588. http://www.journal–aquaticscience.com/article_133950.html

376. Haider Makki Jahil, Jawad Abdl–Kadhim Kamal. Effect of Bacterial Inoculation, Bacillus Megaterium, Vermicompost, and Phosphate Pock on Growth and Yield of sunflower (Helianthus annuus L.). IOP Conference Series: *Earth and Environmental Science*. 2021. № 735. 10.1088/1755–1315/735/1/012087

377. Harman G., Khadka R., Doni F., Uphoff N. Benefits to Plant Health and Productivity From Enhancing Plant Microbial Symbionts. *Frontiers in Plant Science*. 2020. № 11. https://doi.org/10.3389/fpls.2020.610065

378. Hnativ P., Stasiv O., Panahyd H., Konyk H., Vovk S. 2026. Status and prospects of agricultural development in Western Ukraine. *Natural Built Social Environment Health*. 2026. 2(2), 23-34. doi.org/10.63095/NBSEH.26.1360049

379. Ieremenko O., Kalensky S., Kalytka V. Sunflower (Helianthus annuus L.) productivity under the effect of akm plant growth regulator in the conditions of the southern steppe of Ukraine. *Agricultural Science and Practice*. 2017. № 4(1). P. 11–19. DOI: https://doi.org/10.15407/agrisp4.01.011

380. Ivanyuk, H., Yamelynets, T., Papish, I., Hnativ, P., Pankiv, Z., Bonishko, O., Ivaniuk, V., Haskevych, O., Baranskyi, D. & Avhustynovych, M. (2026). Soil classification of Ukraine and its correlation with WRB (2022). *Soil Science Annual*, 77(1), 215263. https://doi.org/10.37501/soilsa/215263

381. Jarecki W. Effect of Varying Nitrogen and Micronutrient Fertilization on Yield Quantity and Quality of Sunflower (Helianthus annuus L.) Achenes. *Agronomy*. 2022. № 12. https://doi.org/10.3390/agronomy12102352

382. Jorge Poveda, Daniel Eugui. Combined use of Trichoderma and beneficial bacteria (mainly Bacillus and Pseudomonas): Development of microbial synergistic bio–inoculants in sustainable agriculture. *Biological Control*. 2022. № 176. https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2022.105100

383. Kahiluoto H., Ketoja E. & Vestberg M. Plant–available P supply is not the main factor determining the benefit from arbuscular mycorrhiza to crop P nutrition and growth in contrasting cropping systems. *Plant Soil*. 2012. № 350. P. 85–98. https://doi.org/10.1007/s11104–011–0884–x

384. Katie J. Field1, Silvia Pressel. Unity in diversity: structural and functionalinsights into the ancient partnerships betweenplants and fungi. *New Phytologist*. 2018. № 220 P. 996–1011 https://doi.org/10.1111/nph.15158

385. Khan A.R., Mustafa A., Hyder S., et al.. Bacillus spp. as Bioagents: Uses and Application for Sustainable Agriculture. *Biology*. 2022. № 11(12). https://doi.org/10.3390/biology11121763

386. Khan N, Bano AMD, Babar A. Impacts of plant growth promoters and plant growth regulators on rainfed agriculture. *PLoS ONE*. 2020. №15(4). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232926

387. Khan N., Ali S., Shahid M. A. et al. Insights into the Interactions among Roots, Rhizosphere, and Rhizobacteria for Improving Plant Growth and Tolerance to Abiotic Stresses: *A Review. Cells*. 2021. № 10. https://doi.org/10.3390/cells10061551

388. Khan Z., Guelich G., Phan H. et al. Bacterial and Yeast Endophytes from Poplar and Willow Promote Growth in Crop Plants and Grasses. *International Scholarly Research Network Agronomy*. 2012. № 2012. P. 1–11. https://doi.org/10.5402/2012/890280 .

389. Khomina, V., Lapchynskyi, V., Pustova, Z., Nebaba, K., & Plahtiy, D. (2024). Microbial inoculants as a means of improving soil and crop yields. *Scientific Horizons*, 27(10), 79–90. https://doi.org/10.48077/scihor10.2024.79

390. Kimberley D. Schneider, Joanne R. Thiessen Martens, et al.. Options for Improved Phosphorus Cycling and Use in Agriculture at the Field and Regional Scales. *Journal of Environmental Quality*. 2019. № 48. P. 1247–1264. https://doi.org/10.2134/jeq2019.02.0070

391. Koberniuk, O., Hryhoriev, V., Nebaba, K., Havrylianchyk, R., & Plahtiy, D. (2024). The role of mycorrhizal fungi in enhancing fertiliser efficiency in agriculture. *Scientific Horizons*, 27(9), 86–97. https://doi.org/10.48077/scihor9.2024.86

392. Krug L., Morauf C., Donat C. et al. Plant Growth–Promoting Methylobacteria Selectively Increase the Biomass of Biotechnologically Relevant Microalgae. *Front Microbiol*. 2020. № 18;11. https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.00427

393. Kussul N., Deininger K., Shumilo L., et al. Biophysical Impact of Sunflower Crop Rotation on Agricultural Fields. *Sustainability*. 2022. № 14(7). https://doi.org/10.3390/su14073965

394. Kyslynska A. S., Nadkernychna O. V., Kopylov Y. P., Tsekhmister H. V. The relation between mutualistic mycorrhiza and endophytic plant–fungus associations and their effect on host plants. *Agricultural Science and Practice*. 2023. 10 (1). P. 54–75. https://doi.org/10.15407/agrisp10.01.054

395. Li M., Hu J. & Lin X. The roles and performance of arbuscular mycorrhizal fungi in intercropping systems. *Soil Ecol. Lett*. 2022. № 4. P. 319–327. https://doi.org/10.1007/s42832–021–0107–1

396. Maitra S., Brestic M., Bhadra P., et al. Bioinoculants–Natural Biological Resources for Sustainable Plant Production. *Microorganisms*. 2021. № 10(1). https://doi.org/10.3390/microorganisms10010051

397. Malynovska, I., Tkachenko, M., Kolomiiets, L., Vergunova, I., & Martyniuk, I. (2024). Number of melanin–synthesising microorganisms under mineral fertilisation and liming of Albebeluvisoil. *Scientific Horizons*, 27(4), 86–97. https://doi.org/10.48077/scihor4.2024.86

398. Manushkina T., Koloianidi N., Hyrlya L., Bondar, A. Decarbonisation of agricultural technologies in Ukraine in achieving sustainable development goals. *Scientific Horizons*. 2024. 27(7). P. 127–137. https://doi.org/10.48077/scihor7.2024.127

399. Maria J. Pozo, Iñigo Zabalgogeazcoa, Beatriz R. Vazquez de Aldana, Ainhoa Martinez–Medina. Untapping the potential of plant mycobiomes for applications in agriculture. *Current Opinion in Plant Biology*. 2021. № 60. https://doi.org/10.1016/j.pbi.2021.102034

400. Martínez-Arias C., Witzell J., Solla A., et al. Beneficialand pathogenic plant-microbe interactions during floodingstress. *Plant, Cell & Environment*. 2022. № 45. P. 2875–2897. https://doi.org/10.1111/pce.14403

401. Mazen IBRAHIM. Sunflower response to inoculation with single and mixed species of arbuscular mycorrhizal fungi: Agronomic characteristics. *Acta agriculturae Slovenica*. 2019. № 113(2). P. 321–327. 10.14720/aas.2019.113.2.13

402. Mehrabi Z., Pironon S., Kantar M. et al. Shifts in the abiotic and biotic environment of cultivated sunflower under future climate change. OCL – *Oilseeds and fats, Crops and Lipids*. 2019. № 26. P. 9–16. https://doi.org/10.1051/ocl/2019003

403. Miklič V. Introduction to the Special Issue Sunflower. OCL – *Oilseeds and fats, Crops and Lipids*. 2022. № 29. 16–17. https://doi.org/10.1051/ocl/2022013

404. Naik K., Mishra S., Srichandan H. et al. Microbial formulation and growth of cereals, pulses, oilseeds and vegetable crops. *Sustain Environ Res*. 2020. № 30: 10. https://doi.org/10.1186/s42834–020–00051–x

405. Nanjundappa A., Bagyaraj D.J., Saxena A.K. et al. Interaction between arbuscular mycorrhizal fungi and Bacillus spp. in soil enhancing growth of crop plants. *Fungal Biol Biotechnol*. 2019. № 6 (23). https://doi.org/10.1186/s40694–019–0086–5

406. Neidhardt H. Arbuscular mycorrhizal fungi alleviate negative effects of arsenic–induced stress on crop plants: A meta–analysis. *Plants, People, Planet*. 2021. № 3(5). P. 523–535. https://doi.org/10.1002/ppp3.10122

407. O'Callaghan M., Ballard R. A. & Wright D. Soil microbial inoculants for sustainable agriculture: Limitations and opportunities. *Soil Use and Management*. 2022. № 38. P. 1340– 1369. https://doi.org/10.1111/sum.12811

408. Onyshchenko, O., Pokopceva, L., Kolesnikov, M., & Gerasko, T. (2023). Photosynthetic activity of sunflower hybrids under growth regulators in the Steppe of Ukraine. *Scientific Horizons*, 26(6), 58–70. https://doi.org/10.48077/scihor6.2023.58

409. Panfilova A., Drobitko A., Markova N., Domaratskiy Ye. Influence of biological products on the productivity of high oleic sunflower hybrids. *Scientific Horizons*. 2024. 27(10). P. 91–101. https://doi.org/10.48077/scihor10.2024.91

410. Pantigoso H.A., Newberger D. & Vivanco J.M. The rhizosphere microbiome: Plant– microbial interactions for resource acquisition. *Journal of Applied Microbiology*. 2022. № 133. P. 2864–2876. https://doi.org/10.1111/jam.15686

411. Patyka N., Kaminsky V. Agrobiology of Rhizosphere. *Agricultural Science and Practice*. 2014. № 1(3). P. 69–75. doi.org/10.15407/agrisp1.03.069

412. Petrenko V., Naumenko O., Nechai O., Bondar V. War influence on sunflower seed and oil production in Ukraine. Conference: 23rd International Scientific Conference Engineering for Rural Development. 2024. 10.22616/ERDev.2024.23.TF084

413. Petrenko V., Topalov A., Khudolii L., Honcharuk Y., Bondar V. Profiling and geographical distribution of seed oil content of sunflower in Ukraine. *Oil Crop Science*, 2023, 8 (2), pp. 111–120. https://doi.org/10.1016/j.ocsci.2023.05.002

414. Piskunova L., Zubok T., Klepko A., Karabach K., Kudryavytska A. Agrolandscapes and their role in ensuring environmental safety. *Scientific Horizons*. 2024. 27(11). P. 105–117. https://doi.org/10.48077/scihor11.2024.105

415. Pokopceva L., Onyshchenko O., Gamayunova V., Gerasko T., Zoria M. Sowing properties of sunflower seeds of Talento hybrid under the influence of a modified plant growth regulator. *Scientific Horizons*. 2024. 27(8). P. 59–68. https://doi.org/10.48077/scihor8.2024.59

416. Poudel M., Mendes R., Costa LAS et al. The Role of Plant–Associated Bacteria, Fungi, and Viruses in Drought Stress Mitigation. *Front. Microbiol*. 2021. № 12. https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.743512

417. Rocha I., Ma Y., Souza–Alonso .P, et al. Seed Coating: A Tool for Delivering Beneficial Microbes to Agricultural Crops. *Frontiers in Plant Science*. 2019. № 10. https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01357

418. Rocheli de Souza, Adriana Ambrosini and Luciane M.P. Passaglia. Plant growth–promoting bacteria as inoculants in agricultural soils. *Genetics and*

Molecular Biology. 2015. 38 (4). P. 401–419. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/S1415–475738420150053

419. Safahani Langeroodia A., Tedeschi P., Allevato E. et al. Agronomic response of sunflower subjected to biochar and arbuscular mycorrhizal fungi application under drought conditions. *Italian Journal of Agronomy*. 2022. №17(3). https://doi.org/10.4081/ija.2022.2086

420. Serhii Dymytrov, Vasil Sabluk, Semen Tanchyk et al. Increasing maize productivity by presowing usage of biologies Mycofriend, Mikovital and Florobacillin. E3S Web Conf. nternational Conference on Sustainable, *Circular Management and Environmental Engineering*. 2021. № 255. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125501006

421. Sessitsch A., Kuffner M., Kidd P. et al. The role of plant–associated bacteria in the mobilization and phytoextraction of trace elements in contaminated soils. *Soil Biol Biochem*. 2013. № 60(100). P. 182–194. https://doi.org/10.1016%2Fj.soilbio.2013.01.012

422. Shahini, E., Mialkovskyi, R., Nebaba, K., Ivanyshyn, O., & Liubytska, D. (2023). Economic and biological characteristics and productivity analysis of sunflower hybrids. *Scientific Horizons*, 26(8), 83–95. https://doi.org/10.48077/scihor8.2023.83

423. Sharma M, Delta AK, Kaushik P. Glomus mosseae and Pseudomonas fluorescens Application Sustains Yield and Promote Tolerance to Water Stress in Helianthus annuus L. Stresses. 2021. № 1(4). P. 305–316. https://doi.org/10.3390/stresses1040022

424. Shcherban, S., Shcherban, N., Abitayev, F., Hryhorchuk, N., & Sotsioner, A. (2023). Evaluation of sunflower breeding material for resistance to broomrape (Orobanche cumana Wallr.) and herbicides under artificial climate conditions to accelerate the breeding process. *Scientific Horizons*, 26(11), 111–122. https://doi.org/10.48077/scihor11.2023.111

425. Shebanin, V., Drobitko, A., Panfilova, A., & Markova, N. (2024). Development and implementation of energy–saving technologies for growing

sunflower hybrids in the south of Ukraine. *Scientific Horizons*, 27(8), 90–99. https://doi.org/10.48077/scihor8.2024.90

426. Silva – Flores P., Argüelles–Moyao A., Aguilar–Paredes A. et al. Mycorrhizal science outreach: Scope of action and available resources in the face of global change. *Plants, People, Planet*. 2021. № 3(5). P. 506–522. https://doi.org/10.1002/ppp3.10213

427. Steenwerth K.L., Hodson A.K., Bloom A.J. et al. Climate–smart agriculture global research agenda: scientific basis for action. *Agric & Food Secur*. 2014. № 3 (11). https://doi.org/10.1186/2048–7010–3–11

428. Stoicea P., Chiurciu IA., Soare E. et al. Impact of Reducing Fertilizers and Pesticides on Sunflower Production in Romania versus EU Countries. *Sustainability*. 2022. № 14(14). https://doi.org/10.3390/su14148334

429. Tanchyk S., Pavlov O., Babenko A. Theoretical substantiation and development of ecologically friendly farming system in Ukraine. *Plant and Soil Science*. 2024.15(2). P. 55–66. https://doi.org/10.31548/plant2.2024.55

430. Thielicke M., Ahlborn J., Životić L. et al. Microgranular fertilizer and biostimulants as alternatives to diammonium phosphate fertilizer in maize production on marshland soils in northwest Germany. *Zemljiste i Biljka*. 2022. № 71. P. 53–66. https://doi.org/10.5937/zembilj2201053t .

431. Tkachuk O., Gucol G., Mazur O., Verhelis V., Titarenko O. Ecological safety of sunflower seeds in the conditions of agricultural intensification. *Scientific Horizons*. 2024.27(1). P. 71–79. https://doi.org/10.48077/scihor1.2024.71

432. Tomnytskyi A., Hranovska L., Lykhovyd P., Reznichenko N., Kozyriev V. Tillage influence on agrophysical soil properties and crop productivity in the irrigated conditions of the steppe zone of Ukraine. *Scientific Horizons*. 2024.27(10). P. 70–78. https://doi.org/10.48077/scihor10.2024.70

433. Tonkha O., Pak O., Kozak V., Hryshchenko O., Pikovska O. (). Assessment of the influence of mineral fertilisers on the phosphate regime of meadow chernozem carbonate soil and yield of sunflower and winter wheat. *Plant and Soil Science*. 2024.15(1). P. 63–74. https://doi.org/10.31548/plant1.2024.63

434. Totskyi V. M., Len A. Influence of macro– and micro–fertilizers on biometry, performance and qualitaty of sunflower hybrids. *Plant Breeding and Seed Production: plant production, seed industry and seed studying*. 2021. № 119. P. 161–169. https://doi.org/10.30835/2413–7510.2021.237160

435. Treseder K.K. The extent of mycorrhizal colonization of roots and its influence on plant growth and phosphorus content. *Plant Soil*. 2013. № 371. P. 1–13. https://doi.org/10.1007/s11104–013–1681–5

436. Ujvári G., Turrini A., Avio L. et al. Possible role of arbuscular mycorrhizal fungi and associated bacteria in the recruitment of endophytic bacterial communities by plant roots. *Mycorrhiza*. 2021. № 31. P. 527–544. https://doi.org/10.1007/s00572–021–01040–7

437. Valéria Custódio, Mathieu Gonin, Georg Stabl, et al. Sculpting the soil microbiota. *The Plant Journal*. 2022. № 109. P. 508–522. https://doi.org/10.1111/tpj.15568

438. Vangelisti A., Mascagni F., Giordani T. et al. Arbuscular mycorrhizal fungi induce the expression of specific retrotransposons in roots of sunflower (Helianthus annuus L.). *PLoS ONE*. 2019. № 14(2). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212371

439. Viorel Ion, Georgeta Dicu, Adrian Gheorghe Basa, et al. Sunflower Yield and Yield Components under Different Sowing Conditions. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*. 2015. № 6 P. 44–51. https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2015.08.036

440. Vozniuk, N., Skyba, V., Likho, O., Sobko, Z., & Klimenko, T. (2023). Forecasting the adaptability of heat–loving crops to climate change in Ukraine. *Scientific Horizons*, 26(2), 87–102. https://doi.org/10.48077/scihor.26(2).2023.87–102

441. Wang Y., Donovan LA., Temme AA. Plasticity and the role of mass–scaling in allocation, morphology, and anatomical trait responses to above– and belowground resource limitation in cultivated sunflower (Helianthus annuus L.). *Plant Direct*. 2020. № 4(10). P. 1–13. https://doi.org/10.1002/pld3.274

442. Watts–Williams, SJ. Track and trace: how soil labelling techniques have revealed the secrets of resource transport in the arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Mycorrhiza*. 2022. № 32. P. 257–267. https://doi.org/10.1007/s00572–022–01080–7

443. Woo SL., Pepe O. Microbial Consortia: Promising Probiotics as Plant Biostimulants for Sustainable Agriculture. *Frontiers in Plant Science*. 2018. №9. https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01801

444. Youssef Rouphael, Giuseppe Colla. Toward a Sustainable Agriculture Through Plant Biostimulants: From Experimental Data to Practical Applications. *Agronomy*. 2020. № 10 (10). https://doi.org/10.3390/agronomy10101461

445. Zehra Ekin. Performance of phosphate solubilizing bacteria for improving growth and yield of sunflower (Helianthus annuus L.) in the presence of phosphorus fertilizer. *African Journal of Biotechnology*. 2010. № 9(25). P. 3794–3800. https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/82497

446. Zhang C., Wang M., Khan N. et al. Potentials, Utilization, and Bioengineering of Plant Growth–Promoting Methylobacterium for Sustainable Agriculture. *Sustainability*. 2021. № 13. https://doi.org/10.3390/SU13073941

447. Zwetsloot MJ, van Leeuwen J., Hemerik L et al. Soil multifunctionality: Synergies and trade–offs across European climatic zones and land uses. *European Journal of Soil Science.* 2021. № 72. P. 1640–1654. https://doi.org/10.1111/ejss.13051

448. Zymaroieva A., Zhukov O., Fedoniuk T. et al. Edaphoclimatic factors determining sunflower yields spatiotemporal dynamics in northern Ukraine. OCL – Oilseeds and fats, *Crops and Lipids*. 2021. № 28. P. 26–38. https://doi.org/10.1051/ocl/2021013

Д О Д А Т К И

ДОДАТОК А

Рисунки і таблиці до розділу 2

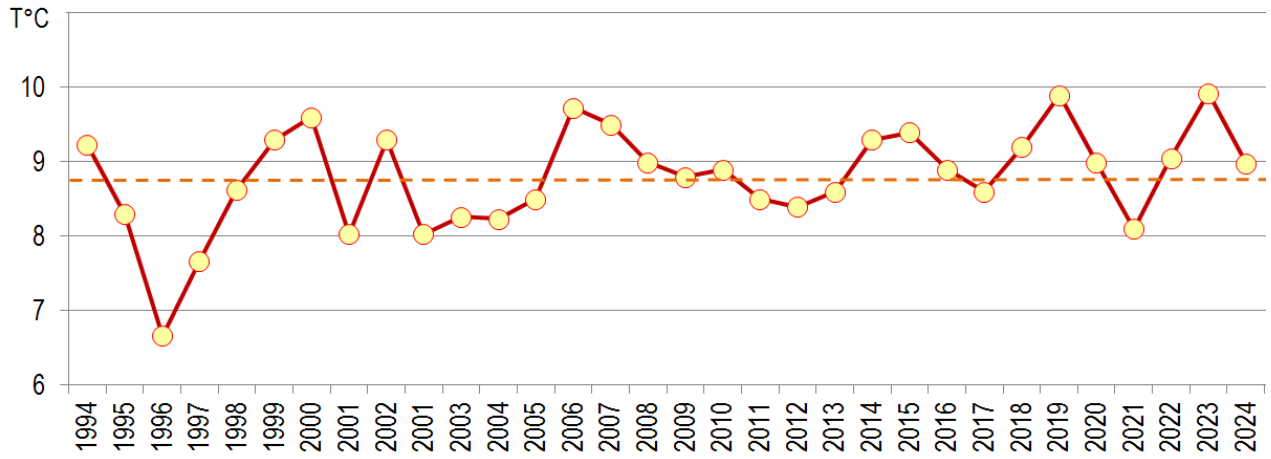


Рис. А.1. Динаміка середньорічних температур упродовж останніх 30 років за даними метеостанції Львів, °С (кліматична норма за період 1984-2024 рр. становить 8,8°С)

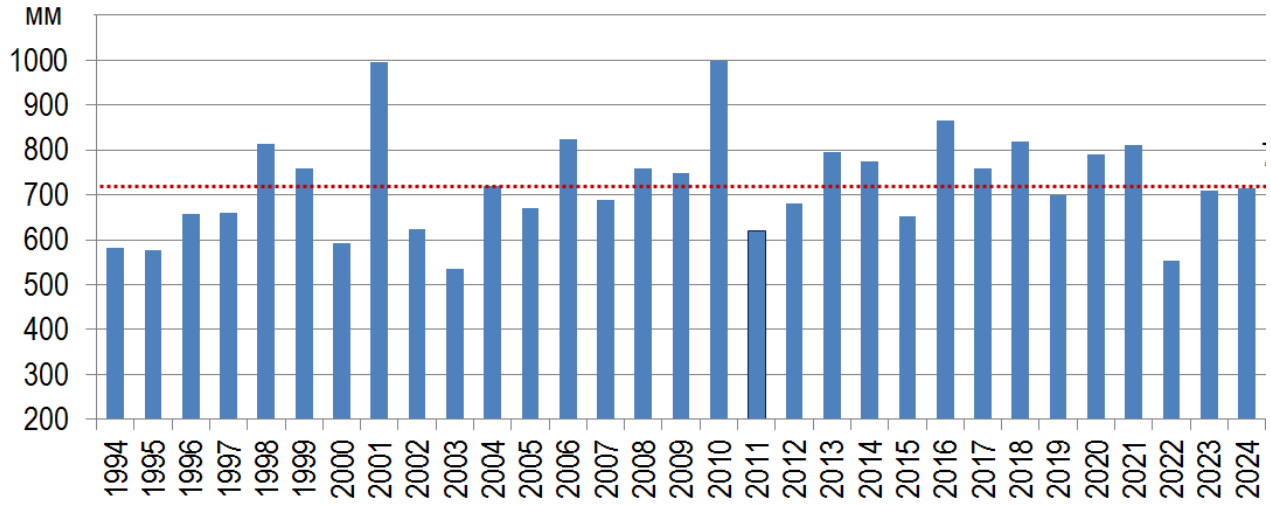
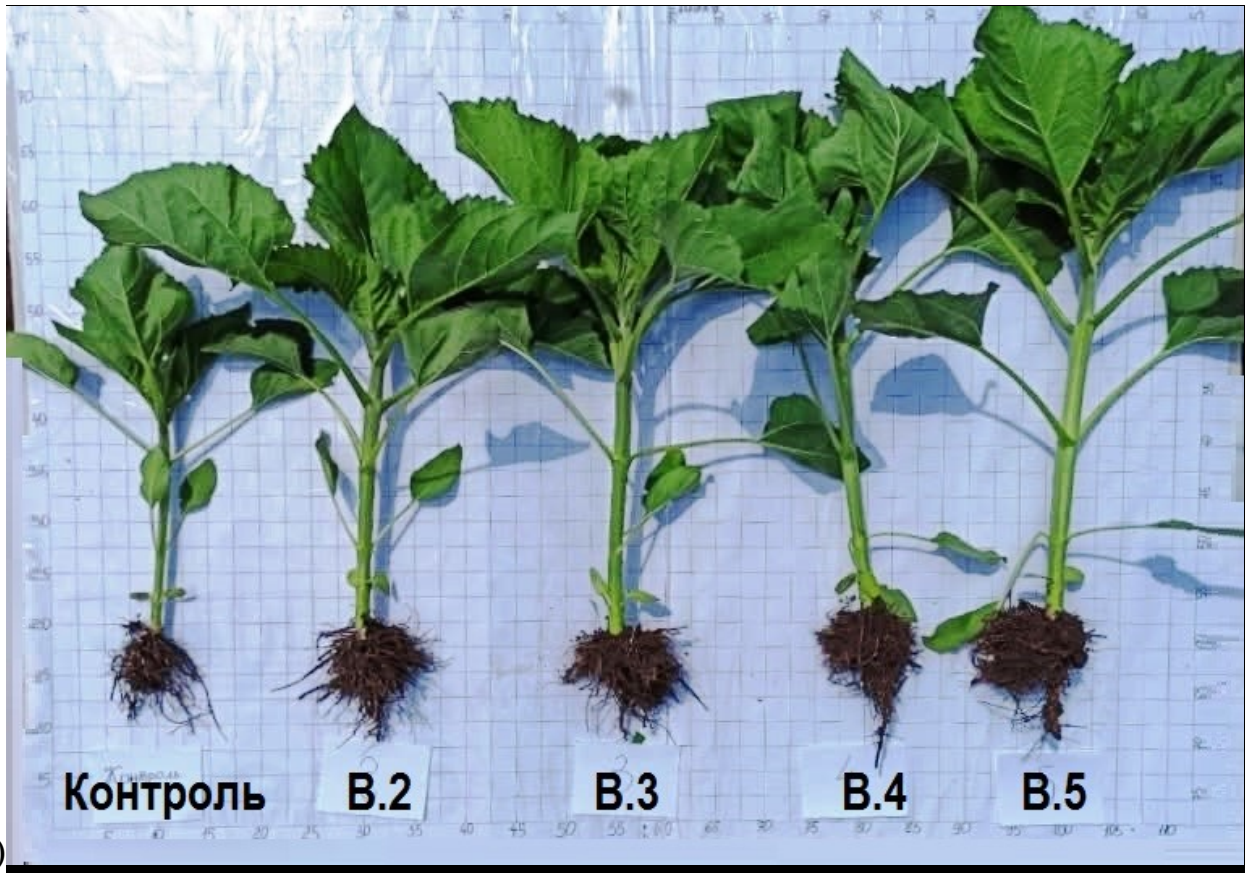


Рис. А.2 Динаміка річних опадів упродовж останніх 30 років за даними метеостанції Львів, мм (кліматична норма за період 1984-2024 рр. становить 724 мм)

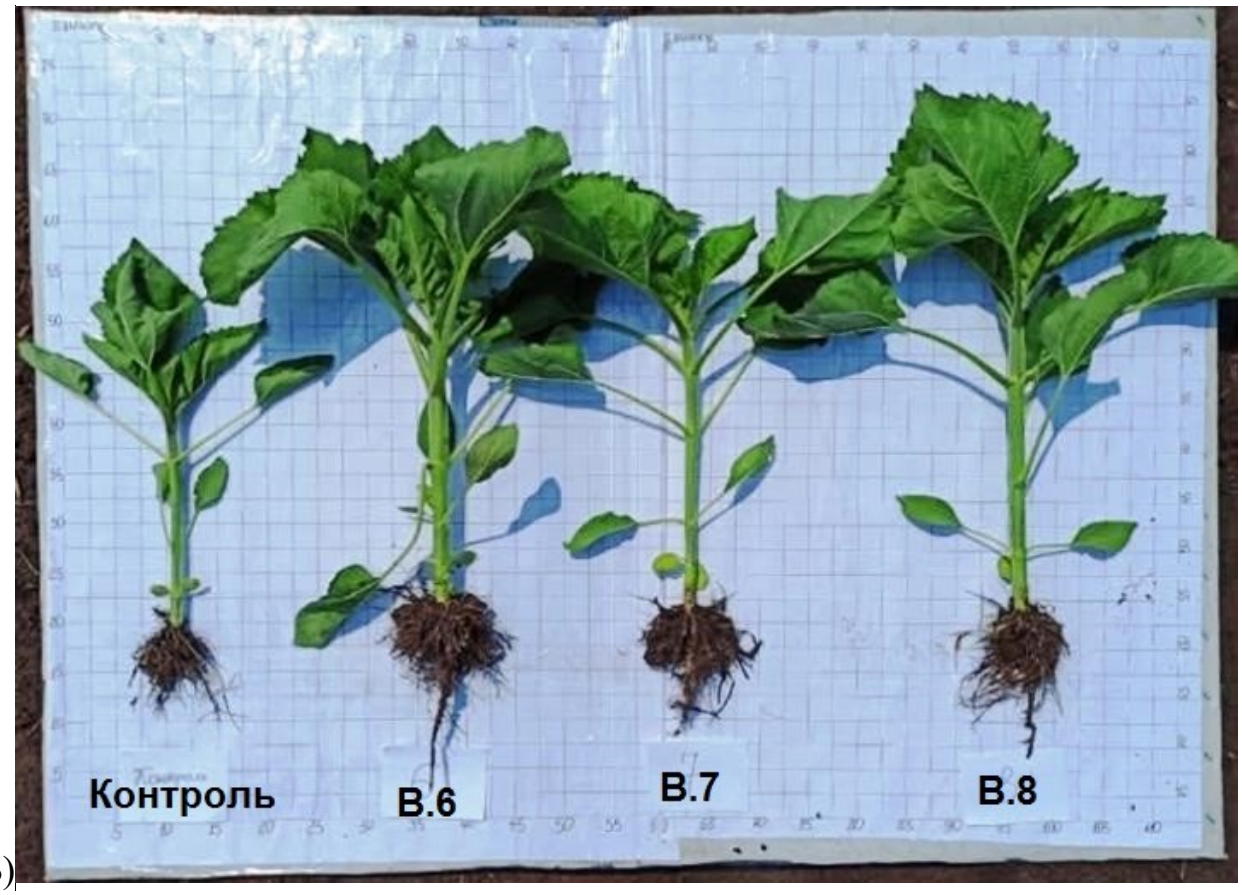
Рис. А.3. Загальний вигляд досліду

Рис. А.4. Визначення висоти рослин соняшнику у фазі цвітіння.

А)



Б)



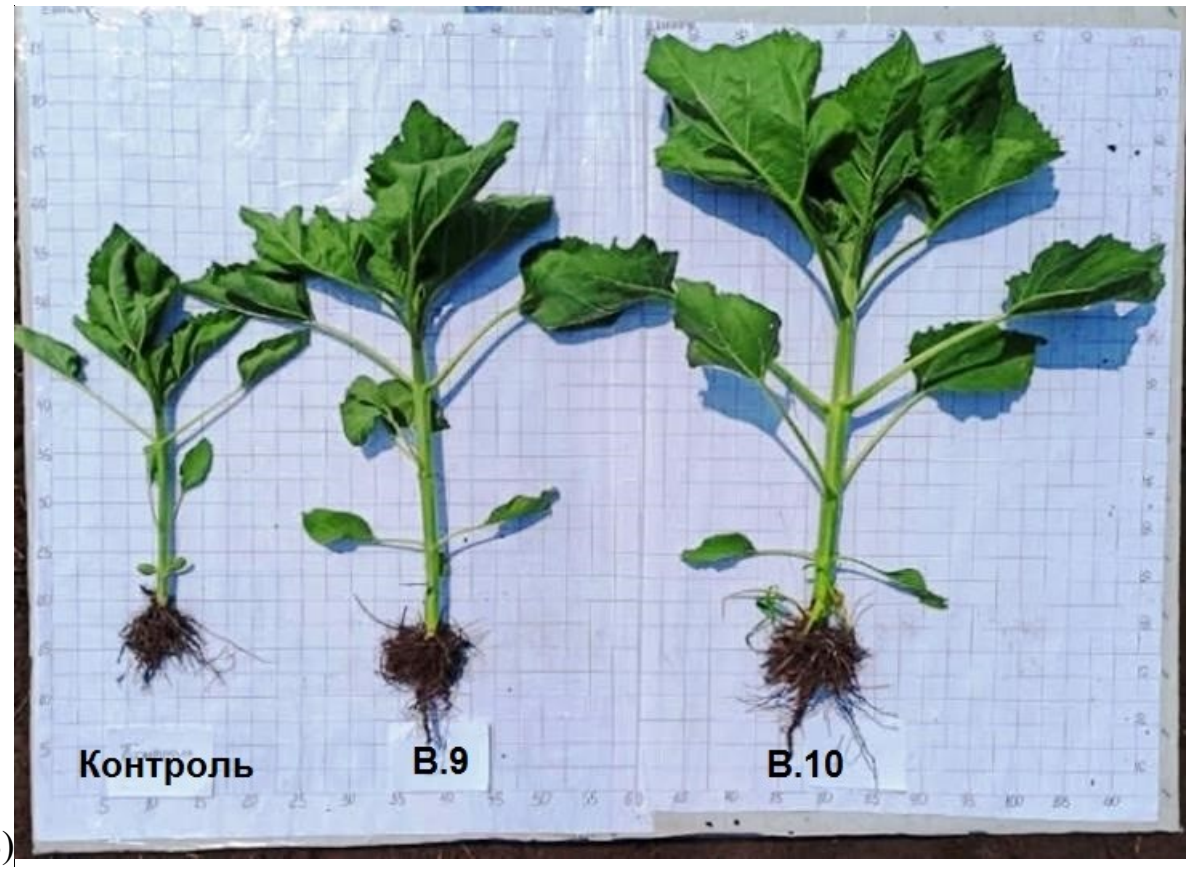
В) 

Рис. А.5. Габітус середніх по варіанту рослин у фазі ВВСН 20 (дослід 2)

ДОДАТОК Б

Рисунки і таблиці до розділу 4

Таблиця Б.1 – Результати дисперсійного аналізу (dispersion.exe) достовірності даних активності хлорофілу N-тестером залежно від удобрення (дослід 1) у фазі росту стебла (ВВСН 35) у 2023 р.(А); 2024 р. (Б); 2025 р (В)

(А)

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05
Загальна	8112,97	29	--	--	--
Варіантів	7136,3	9	792,92	16,24	3,1
Залишок (помилки)	976,67	20	48,83	--	--
			Критерій суттєвості	16,24	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	4,03	ум.од.
			Помилка різниці середніх	5,71	ум.од.
			Відносна помилка різниці середніх (%)	1,38	%
			Коефіцієнт варіації	1,69	%
			НІР абсолютне	11,9	ум.од.
			НІР відносне (%)	2,87	%

(Б)

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05
Загальна	10428,67	29	--	--	--
Варіантів	9279,33	9	1031,04	17,94	3,1
Залишок (помилки)	1149,33	20	57,47	--	--
			Критерій суттєвості	17,94	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	4,38	ум.од.
			Помилка різниці середніх	6,19	ум.од.
			Відносна помилка різниці середніх (%)	1,51	%
			Коефіцієнт варіації	1,85	%
			НІР абсолютне	12,91	ум.од.
			НІР відносне (%)	3,15	%

(В)

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05
Загальна	10275,87	29	--	--	--
Варіантів	7515,87	9	835,1	6,05	3,1
Залишок (помилки)	2760	20	138	--	--
			Критерій суттєвості	6,05	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	6,78	ум.од.
			Помилка різниці середніх	9,59	ум.од.
			Відносна помилка різниці середніх (%)	2,25	%
			Коефіцієнт варіації	2,75	%
			НІР абсолютне	20,01	ум.од.
			НІР відносне (%)	4,69	%

Таблиця Б.2 – Результати дисперсійного аналізу (dispersion.exe) достовірності даних активності хлорофілу N-тестером залежно від удобрення (дослід 1) у фазі бутонізації (ВВСН 55) у 2023 р.(А); 2024 р. (Б); 2025 р (В)

(А)

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05
Загальна	20684,67	29	--	--	--
Варіантів	19874,67	9	2208,3	54,53	3,1
Залишок (помилки)	810	20	40,5	--	--
			Критерій суттєвості	54,53	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	3,67	ум.од.
			Помилка різниці середніх	5,2	ум.од.
			Відносна помилка різниці середніх (%)	1,17	%
			Коефіцієнт варіації	1,43	%
			НІР абсолютне	10,84	ум.од.
			НІР відносне (%)	2,43	%

(Б)

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05
Загальна	13915,37	29	--	--	--
Варіантів	13361,37	9	1484,6	53,6	3,1
Залишок (помилки)	554	20	27,7	--	--
			Критерій суттєвості	53,6	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	3,04	ум.од.
			Помилка різниці середніх	4,3	ум.од.
			Відносна помилка різниці середніх (%)	0,94	%
			Коефіцієнт варіації	1,15	%
			НІР абсолютне	8,96	ум.од.
			НІР відносне (%)	1,96	%

(В)

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05
Загальна	15521,87	29	--	--	--
Варіантів	14415,2	9	1601,69	28,95	3,1
Залишок (помилки)	1106,67	20	55,33	--	--
			Критерій суттєвості	28,95	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	4,29	ум.од.
			Помилка різниці середніх	6,07	ум.од.
			Відносна помилка різниці середніх (%)	1,27	%
			Коефіцієнт варіації	1,56	%
			НІР абсолютне	12,67	ум.од.
			НІР відносне (%)	2,65	%

Таблиця Б.3 – Результати дисперсійного аналізу (dispersion.exe) достовірності даних активності хлорофілу N-тестером залежно від удобрення (дослід 1) у фазі цвітіння (ВВСН 65) у 2023 р.(А); 2024 р. (Б); 2025 р (В)

(А)

Дисперсія	**Сума квадратів**	**Ступені свободи**	**Середній квадрат**	**Fф**	**F05**
Загальна	12733,37	29	--	--	--
Варіантів	12639,37	9	1404,37	298,8	3,1
Залишок (помилки)	94	20	4,7	--	--
			Критерій суттєвості	298,8	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	1,25	ум.од.
			Помилка різниці середніх	1,77	ум.од.
			Відносна помилка різниці середніх (%)	0,39	%
			Коефіцієнт варіації	0,47	%
			НІР абсолютне	3,69	ум.од.
			НІР відносне (%)	0,81	%

(Б)

Дисперсія	**Сума квадратів**	**Ступені свободи**	**Середній квадрат**	**Fф**	**F05**
Загальна	18537,37	29	--	--	--
Варіантів	17897,37	9	1988,6	62,14	3,1
Залишок (помилки)	640	20	32	--	--
			Критерій суттєвості	62,14	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	3,27	ум.од.
			Помилка різниці середніх	4,62	ум.од.
			Відносна помилка різниці середніх (%)	1,02	%
			Коефіцієнт варіації	1,24	%
			НІР абсолютне	9,63	ум.од.
			НІР відносне (%)	2,12	%

(В)

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05
Загальна	19486,97	29	--	--	--
Варіантів	18648,3	9	2072,03	49,41	3,1
Залишок (помилки)	838,67	20	41,93	--	--
			Критерій суттєвості	49,41	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	3,74	ум.од.
			Помилка різниці середніх	5,29	ум.од.
			Відносна помилка різниці середніх (%)	1,14	%
			Коефіцієнт варіації	1,39	%
			НІР абсолютне	11,03	ум.од.
			НІР відносне (%)	2,37	%

Таблиця Б.4 – Результати дисперсійного аналізу (dispersion.exe) достовірності даних формування площі листкової поверхні залежно від удобрення (дослід 1) у фазі формування листя (ВВСН 16) у 2023 р.(А); 2024 р. (Б); 2025 р (В)

(А)

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05
Загальна	214499279	29	--	--	--
Варіантів	213516699	9	23724078	482,89	3,1
Залишок (помилки)	982580	20	49129	--	--
			Критерій суттєвості	482,89	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	127,97	$м^2$
			Помилка різниці середніх	180,98	$м^2$
			Відносна помилка різниці середніх (%)	1,93	%
			Коефіцієнт варіації	2,37	%
			НІР абсолютне	377,52	$м^2$
			НІР відносне (%)	4,03	%

(Б)

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05
Загальна	160867067	29	--	--	--
Варіантів	160076756	9	17786306	450,11	3,1
Залишок (помилки)	790311,33	20	39515,57	--	--
			Критерій суттєвості	450,11	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	114,77	$м^2$
			Помилка різниці середніх	162,31	$м^2$
			Відносна помилка різниці середніх (%)	2,04	%
			Коефіцієнт варіації	2,5	%
			НІР абсолютне	338,57	$м^2$
			НІР відносне (%)	4,26	%

(В)

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05
Загальна	156285435	29	--	--	--
Варіантів	155504249	9	17278250	442,36	3,1
Залишок (помилки)	781186,67	20	39059,33	--	--
			Критерій суттєвості	442,36	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	114,1	$м^2$
			Помилка різниці середніх	161,37	$м^2$
			Відносна помилка різниці середніх (%)	2	%
			Коефіцієнт варіації	2,45	%
			НІР абсолютне	336,61	$м^2$
			НІР відносне (%)	4,17	%

Таблиця Б.5 – Результати дисперсійного аналізу (dispersion.exe) достовірності даних формування площі листкової поверхні залежно від удобрення (дослід 1) у фазі бутонізації (ВВСН 55) у 2023 р.(А); 2024 р. (Б); 2025 р (В)

(А)

Дисперсія	**Сума квадратів**	**Ступені свободи**	**Середній квадрат**	**Fф**	**F05**
Загальна	981051971	29	--	--	--
Варіантів	976942202	9	108549134	528,25	3,1
Залишок (помилки)	4109768,67	20	205488,43	--	--
			Критерій суттєвості	528,25	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	261,72	$м^2$
			Помилка різниці середніх	370,12	$м^2$
			Відносна помилка різниці середніх (%)	1,69	%
			Коефіцієнт варіації	2,07	%
			НІР абсолютне	772,08	$м^2$
			НІР відносне (%)	3,52	%

(Б)

Дисперсія	**Сума квадратів**	**Ступені свободи**	**Середній квадрат**	**Fф**	**F05**
Загальна	1228439281	29	--	--	--
Варіантів	1222431036	9	135825671	452,13	3,1
Залишок (помилки)	6008245,33	20	300412,27	--	--
			Критерій суттєвості	452,13	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	316,44	$м^2$
			Помилка різниці середніх	447,52	$м^2$
			Відносна помилка різниці середніх (%)	1,81	%
			Коефіцієнт варіації	2,21	%
			НІР абсолютне	933,53	$м^2$
			НІР відносне (%)	3,77	%

(В)

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05
Загальна	1057958482	29	--	--	--
Варіантів	1051818611	9	116868735	380,69	3,1
Залишок (помилки)	6139870,67	20	306993,53	--	--
			Критерій суттєвості	380,69	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	319,89	$м^2$
			Помилка різниці середніх	452,4	$м^2$
			Відносна помилка різниці середніх (%)	1,78	%
			Коефіцієнт варіації	2,18	%
			НІР абсолютне	943,7	$м^2$
			НІР відносне (%)	3,71	%

Таблиця Б.6 – Результати дисперсійного аналізу (dispersion.exe) достовірності даних формування площі листкової поверхні залежно від удобрення (дослід 1) у фазі фізіологічної стиглості (ВВСН 87) у 2023 р.(А); 2024 р. (Б); 2025 р (В)

(А)

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05
Загальна	614955039	29	--	--	--
Варіантів	611220678	9	67913409	363,72	3,1
Залишок (помилки)	3734360,67	20	186718,03	--	--
			Критерій суттєвості	363,72	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	249,48	$м^2$
			Помилка різниці середніх	352,82	$м^2$
			Відносна помилка різниці середніх (%)	1,88	%
			Коефіцієнт варіації	2,3	%
			НІР абсолютне	735,97	$м^2$
			НІР відносне (%)	3,91	%

(Б)

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05
Загальна	674678863	29	--	--	--
Варіантів	671177736	9	74575304	426,01	3,1
Залишок (помилки)	3501126,67	20	175056,33	--	--
			Критерій суттєвості	426,01	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	241,56	$м^2$
			Помилка різниці середніх	341,62	$м^2$
			Відносна помилка різниці середніх (%)	1,75	%
			Коефіцієнт варіації	2,14	%
			НІР абсолютне	712,62	$м^2$
			НІР відносне (%)	3,64	%

(В)

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05
Загальна	679398692	29	--	--	--
Варіантів	677099269	9	75233252	654,37	3,1
Залишок (помилки)	2299423,33	20	114971,17	--	--
			Критерій суттєвості	654,37	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	195,76	$м^2$
			Помилка різниці середніх	276,85	$м^2$
			Відносна помилка різниці середніх (%)	1,39	%
			Коефіцієнт варіації	1,7	%
			НІР абсолютне	577,51	$м^2$
			НІР відносне (%)	2,9	%

Таблиця Б.7 – Результати дисперсійного аналізу (dispersion.exe) достовірності даних активності хлорофілу N-тестером залежно від препаратів (дослід 2) у фазі росту стебла (ВВСН 35) у 2023 р.(А); 2024 р. (Б); 2025 р (В)

(А)

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05
Загальна	13057,47	29	--	--	--
Варіантів	11231,47	9	1247,94	13,67	3,1
Залишок (помилки)	1826	20	91,3	--	--
			Критерій суттєвості	13,67	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	5,52	ум.од.
			Помилка різниці середніх	7,8	ум.од.
			Відносна помилка різниці середніх (%)	1,75	%
			Коефіцієнт варіації	2,14	%
			НІР абсолютне	16,27	ум.од.
			НІР відносне (%)	3,64	%

(Б)

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05
Загальна	3662,8	29	--	--	--
Варіантів	3116,13	9	346,24	12,67	3,1
Залишок (помилки)	546,67	20	27,33	--	--
			Критерій суттєвості	12,67	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	3,02	ум.од.
			Помилка різниці середніх	4,27	ум.од.
			Відносна помилка різниці середніх (%)	0,92	%
			Коефіцієнт варіації	1,13	%
			НІР абсолютне	8,9	ум.од.
			НІР відносне (%)	1,93	%

(В)

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05
Загальна	3953,2	29	--	--	--
Варіантів	3404,53	9	378,28	13,79	3,1
Залишок (помилки)	548,67	20	27,43	--	--
			Критерій суттєвості	13,79	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	3,02	ум.од.
			Помилка різниці середніх	4,28	ум.од.
			Відносна помилка різниці середніх (%)	0,89	%
			Коефіцієнт варіації	1,09	%
			НІР абсолютне	8,92	ум.од.
			НІР відносне (%)	1,85	%

Таблиця Б.8 – Результати дисперсійного аналізу (dispersion.exe) достовірності даних активності хлорофілу N-тестером залежно від препаратів (дослід 2) у фазі бутонізації (ВВСН 55) у 2023 р.(А); 2024 р. (Б); 2025 р (В)

(А)

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05
Загальна	13346,97	29	--	--	--
Варіантів	12158,3	9	1350,92	22,73	3,1
Залишок (помилки)	1188,67	20	59,43	--	--
			Критерій суттєвості	22,73	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	4,45	ум.од.
			Помилка різниці середніх	6,29	ум.од.
			Відносна помилка різниці середніх (%)	1,4	%
			Коефіцієнт варіації	1,71	%
			НІР абсолютне	13,13	ум.од.
			НІР відносне (%)	2,92	%

(Б)

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05
Загальна	13741,47	29	--	--	--
Варіантів	12692,8	9	1410,31	26,9	3,1
Залишок (помилки)	1048,67	20	52,43	--	--
			Критерій суттєвості	26,9	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	4,18	ум.од.
			Помилка різниці середніх	5,91	ум.од.
			Відносна помилка різниці середніх (%)	1,29	%
			Коефіцієнт варіації	1,58	%
			НІР абсолютне	12,33	ум.од.
			НІР відносне (%)	2,68	%

(В)

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05
Загальна	15157,5	29	--	--	--
Варіантів	14196,17	9	1577,35	32,82	3,1
Залишок (помилки)	961,33	20	48,07	--	--
			Критерій суттєвості	32,82	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	4	ум.од.
			Помилка різниці середніх	5,66	ум.од.
			Відносна помилка різниці середніх (%)	1,17	%
			Коефіцієнт варіації	1,43	%
			НІР абсолютне	11,81	ум.од.
			НІР відносне (%)	2,43	%

Таблиця Б.9 – Результати дисперсійного аналізу (dispersion.exe) достовірності даних активності хлорофілу N-тестером залежно від препаратів (дослід 2) у фазі цвітіння (ВВСН 65) у 2023 р.(А); 2024 р. (Б); 2025 р (В)

(А)

Дисперсія	**Сума квадратів**	**Ступені свободи**	**Середній квадрат**	**Fф**	**F05**
Загальна	13465,47	29	--	--	--
Варіантів	13232,13	9	1470,24	126,02	3,1
Залишок (помилки)	233,33	20	11,67	--	--
			Критерій суттєвості	126,02	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	1,97	ум.од.
			Помилка різниці середніх	2,79	ум.од.
			Відносна помилка різниці середніх (%)	0,61	%
			Коефіцієнт варіації	0,75	%
			НІР абсолютне	5,82	ум.од.
			НІР відносне (%)	1,28	%

(Б)

Дисперсія	**Сума квадратів**	**Ступені свободи**	**Середній квадрат**	**Fф**	**F05**
Загальна	13945,37	29	--	--	--
Варіантів	13524,7	9	1502,74	71,45	3,1
Залишок (помилки)	420,67	20	21,03	--	--
			Критерій суттєвості	71,45	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	2,65	ум.од.
			Помилка різниці середніх	3,74	ум.од.
			Відносна помилка різниці середніх (%)	0,83	%
			Коефіцієнт варіації	1,02	%
			НІР абсолютне	7,81	ум.од.
			НІР відносне (%)	1,73	%

(В)

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05
Загальна	15847,87	29	--	--	--
Варіантів	13862,53	9	1540,28	15,52	3,1
Залишок (помилки)	1985,33	20	99,27	--	--
			Критерій суттєвості	15,52	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	5,75	ум.од.
			Помилка різниці середніх	8,13	ум.од.
			Відносна помилка різниці середніх (%)	1,78	%
			Коефіцієнт варіації	2,19	%
			НІР абсолютне	16,97	ум.од.
			НІР відносне (%)	3,72	%

Таблиця Б.10 – Результати дисперсійного аналізу (dispersion.exe) достовірності даних формування площі листкової поверхні залежно від препаратів (дослід 2) у фазі формування листя (ВВСН 16) у 2023 р.(А); 2024 р. (Б); 2025 р (В)

(А)

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05
Загальна	118979534,7	29	--	--	--
Варіантів	117108187,4	9	13012020,8	139,07	3,1
Залишок (помилки)	1871347,33	20	93567,37	--	--
			Критерій суттєвості	139,07	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	176,6	$м^2$
			Помилка різниці середніх	249,76	$м^2$
			Відносна помилка різниці середніх (%)	2,35	%
			Коефіцієнт варіації	2,88	%
			НІР абсолютне	520,99	$м^2$
			НІР відносне (%)	4,91	%

(Б)

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05
Загальна	117926815,9	29	--	--	--
Варіантів	116105884,5	9	12900653,8	141,69	3,1
Залишок (помилки)	1820931,33	20	91046,57	--	--
			Критерій суттєвості	141,69	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	174,21	$м^2$
			Помилка різниці середніх	246,37	$м^2$
			Відносна помилка різниці середніх (%)	2,28	%
			Коефіцієнт варіації	2,79	%
			НІР абсолютне	513,93	$м^2$
			НІР відносне (%)	4,75	%

(В)

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05
Загальна	117157202,8	29	--	--	--
Варіантів	115922451,5	9	12880272,4	208,63	3,1
Залишок (помилки)	1234751,33	20	61737,57	--	--
			Критерій суттєвості	208,63	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	143,45	$м^2$
			Помилка різниці середніх	202,88	$м^2$
			Відносна помилка різниці середніх (%)	1,79	%
			Коефіцієнт варіації	2,2	%
			НІР абсолютне	423,2	$м^2$
			НІР відносне (%)	3,74	%

Таблиця Б.11 – Результати дисперсійного аналізу (dispersion.exe) достовірності даних формування площі листкової поверхні залежно від препаратів (дослід 2) у фазі бутонізації (ВВСН 55) у 2023 р.(А); 2024 р. (Б); 2025 р (В)

(А)

Дисперсія	**Сума квадратів**	**Ступені свободи**	**Середній квадрат**	**Fф**	**F05**
Загальна	313713923,9	29	--	--	--
Варіантів	308463327,9	9	34273703,1	130,55	3,1
Залишок (помилки)	5250596	20	262529,8	--	--
			Критерій суттєвості	130,55	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	295,82	$м^2$
			Помилка різниці середніх	418,35	$м^2$
			Відносна помилка різниці середніх (%)	2,23	%
			Коефіцієнт варіації	2,73	%
			НІР абсолютне	872,69	$м^2$
			НІР відносне (%)	4,65	%

(Б)

Дисперсія	**Сума квадратів**	**Ступені свободи**	**Середній квадрат**	**Fф**	**F05**
Загальна	375156268,8	29	--	--	--
Варіантів	372754269,5	9	41417141,1	344,86	3,1
Залишок (помилки)	2401999,33	20	120099,97	--	--
			Критерій суттєвості	344,86	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	200,08	$м^2$
			Помилка різниці середніх	282,96	$м^2$
			Відносна помилка різниці середніх (%)	1,38	%
			Коефіцієнт варіації	1,69	%
			НІР абсолютне	590,26	$м^2$
			НІР відносне (%)	2,88	%

(В)

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05
Загальна	382356069,5	29	--	--	--
Варіантів	380549023,5	9	42283224,8	467,98	3,1
Залишок (помилки)	1807046	20	90352,3	--	--
			Критерій суттєвості	467,98	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	173,54	$м^2$
			Помилка різниці середніх	245,43	$м^2$
			Відносна помилка різниці середніх (%)	1,16	%
			Коефіцієнт варіації	1,42	%
			НІР абсолютне	511,96	$м^2$
			НІР відносне (%)	2,41	%

Таблиця Б.12 – Результати дисперсійного аналізу (dispersion.exe) достовірності даних формування площі листкової поверхні залежно від препаратів (дослід 2) у фазі фізіологічної стиглості (ВВСН 87) у 2023 р.(А); 2024 р. (Б); 2025 р (В)

(А)

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05
Загальна	250384905,5	29	--	--	--
Варіантів	246912410,8	9	27434712,3	158,01	3,1
Залишок (помилки)	3472494,67	20	173624,73	--	--
			Критерій суттєвості	158,01	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	240,57	$м^2$
			Помилка різниці середніх	340,22	$м^2$
			Відносна помилка різниці середніх (%)	2,24	%
			Коефіцієнт варіації	2,74	%
			НІР абсолютне	709,7	$м^2$
			НІР відносне (%)	4,67	%

(Б)

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05
Загальна	380894804,2	29	--	--	--
Варіантів	377401901,5	9	41933544,6	240,11	3,1
Залишок (помилки)	3492902,67	20	174645,13	--	--
			Критерій суттєвості	240,11	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	241,28	$м^2$
			Помилка різниці середніх	341,22	$м^2$
			Відносна помилка різниці середніх (%)	1,87	%
			Коефіцієнт варіації	2,29	%
			НІР абсолютне	711,78	$м^2$
			НІР відносне (%)	3,9	%

(В)

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05
Загальна	346238261,4	29	--	--	--
Варіантів	343773566	9	38197062,9	309,95	3,1
Залишок (помилки)	2464695,33	20	123234,77	--	--
			Критерій суттєвості	309,95	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	202,68	$м^2$
			Помилка різниці середніх	286,63	$м^2$
			Відносна помилка різниці середніх (%)	1,55	%
			Коефіцієнт варіації	1,89	%
			НІР абсолютне	597,91	$м^2$
			НІР відносне (%)	3,23	%

Таблиця Б.13 – Тривалість проходження міжфазних періодів 2023, 2024 і 2025 років у соняшника залежно від удобрення, днів

Варіант	Міжфазний період					Вегетаційний період
	сівба-сходи	сходи-бутонізація	бутонізація - цвітіння	цвітіння-дозрівання	сходи-дозрівання	
1	2	3	4	5	6	7
2023 рік						
1. Без удобрення – контроль	21	61	10	32	103	124
2. $N_{60}P_{60}K_{60}$ – фон (НАФ)	20	62	10	39	111	131
3. $N_{2,2}P_{10,1}$ (АФ)	21	64	11	35	110	131
4. $N_{4,4}P_{20,2}$ (АФ)	20	63	11	35	109	129
5. $N_{2,2}P_{9,4}$ (МГД)	18	62	11	34	107	125
6. $N_{4,4}P_{18,8}$ (МГД)	16	63	12	35	110	126
7. Фон + $N_{2,2}P_{10,1}$ (АФ)	19	62	11	41	114	133
8. Фон + $N_{4,4}P_{20,2}$ (АФ)	20	61	11	42	114	134
9. Фон + $N_{2,2}P_{9,4}$ (МГД)	17	63	12	43	118	135
10. Фон + $N_{4,4}P_{18,8}$ (МГД)	17	64	13	43	120	137
2024 рік						
1. Без удобрення – контроль	17	53	9	30	92	109
2. $N_{60}P_{60}K_{60}$ – фон (НАФ)	16	54	11	34	99	115
3. $N_{2,2}P_{10,1}$ (АФ)	16	53	11	31	95	111
4. $N_{4,4}P_{20,2}$ (АФ)	14	55	10	31	96	110
5. $N_{2,2}P_{9,4}$ (МГД)	15	55	10	31	96	111
6. $N_{4,4}P_{18,8}$ (МГД)	15	55	11	32	98	113
7. Фон + $N_{2,2}P_{10,1}$ (АФ)	15	53	11	32	96	111
8. Фон + $N_{4,4}P_{20,2}$ (АФ)	16	54	12	33	99	115
9. Фон + $N_{2,2}P_{9,4}$ (МГД)	16	57	12	34	103	119
10. Фон + $N_{4,4}P_{18,8}$ (МГД)	16	58	13	36	107	123
2025 рік						
1. Без удобрення – контроль	12	52	18	31	101	113

Продовження таблиці Б.13

1	2	3	4	5	6	7
2. $N_{60}P_{60}K_{60}$ – фон (НАФ)	10	59	21	39	119	129
3. $N_{2,2}P_{10,1}$ (АФ)	11	56	20	33	109	120
4. $N_{4,4}P_{20,2}$ (АФ)	11	57	20	34	111	122
5. $N_{2,2}P_{9,4}$ (МГД)	10	56	20	34	110	120
6. $N_{4,4}P_{18,8}$ (МГД)	10	56	20	35	111	121
7. Фон + $N_{2,2}P_{10,1}$ (АФ)	10	57	21	36	114	124
8. Фон + $N_{4,4}P_{20,2}$ (АФ)	9	58	22	37	117	126
9. Фон + $N_{2,2}P_{9,4}$ (МГД)	9	59	21	38	118	127
10. Фон + $N_{4,4}P_{18,8}$ (МГД)	9	60	22	38	120	129
Середнє за 2023-2025 роки						
1. Без удобрення – контроль	17	55	12	31	99	115
2. $N_{60}P_{60}K_{60}$ – фон (НАФ)	15	58	14	37	110	125
3. $N_{2,2}P_{10,1}$ (АФ)	16	58	14	33	105	121
4. $N_{4,4}P_{20,2}$ (АФ)	15	58	14	33	105	120
5. $N_{2,2}P_{9,4}$ (МГД)	14	58	14	33	104	119
6. $N_{4,4}P_{18,8}$ (МГД)	14	58	14	34	106	120
7. Фон + $N_{2,2}P_{10,1}$ (АФ)	15	57	14	36	108	123
8. Фон + $N_{4,4}P_{20,2}$ (АФ)	15	58	15	37	110	125
9. Фон + $N_{2,2}P_{9,4}$ (МГД)	14	60	15	38	113	127
10. Фон + $N_{4,4}P_{18,8}$ (МГД)	14	61	16	39	116	130

Таблиця Б.14 – Тривалість проходження міжфазних періодів 2023, 2024 і 2025 років у соняшника залежно від препарату, днів

Варіант	Міжфазний період					Вегетаційний період
	сівба-сходи	сходи-бутонізація	бутонізація-цвітіння	цвітіння-дозрівання	сходи-дозрівання	
1	2	3	4	5	6	7
2023 рік						
1. Фон ($N_{60}P_{60}K_{60}$) – контроль без препарату	22	50	10	31	91	113
2. Фон + Great White Granular One	21	51	10	33	94	115
3. Фон + Біонорма Мікориза	20	51	11	35	97	117
4. Фон + Біофосфорин	21	52	11	34	97	118
5. Фон + Мікофренд	20	51	12	35	98	118
6. Фон + Блу N	22	53	11	37	101	123
7. Фон + Great White Granular One + Блу N	21	51	10	36	97	118
8. Фон + Біонорма Мікориза + Блу N	21	52	12	38	102	123
9. Фон + Біофосфорин + Блу N	22	53	12	39	104	126
10. Фон + Мікофренд + Блу N	20	55	13	41	109	129
2024 рік						
1. Фон ($N_{60}P_{60}K_{60}$) – контроль без препарату	16	51	8	32	91	107
2. Фон + Great White Granular One	16	52	10	35	97	113
3. Фон + Біонорма Мікориза	15	53	11	39	103	118
4. Фон + Біофосфорин	15	55	10	39	104	119
5. Фон + Мікофренд	15	55	10	41	106	121
6. Фон + Блу N	16	55	11	40	106	122
7. Фон + Great White Granular One + Блу N	16	53	11	39	103	119
8. Фон + Біонорма Мікориза + Блу N	15	55	10	40	105	120
9. Фон + Біофосфорин + Блу N	15	57	12	41	110	125
10. Фон + Мікофренд + Блу N	14	58	12	44	114	128
2025 рік						
1. Фон ($N_{60}P_{60}K_{60}$) – контроль без препарату	14	53	15	30	98	112

Продовження таблиці Б.14

1	2	3	4	5	6	7
2. Фон + Great White Granular One	11	54	16	36	106	117
3. Фон + Біонорма Мікориза	12	57	18	40	115	127
4. Фон + Біофосфорин	12	58	19	39	116	128
5. Фон + Мікофренд	13	59	20	38	117	130
6. Фон + Блу N	14	59	20	39	118	132
7. Фон + Great White Granular One + Блу N	11	57	21	41	119	130
8. Фон + Біонорма Мікориза + Блу N	12	58	21	40	119	131
9. Фон + Біофосфорин + Блу N	12	60	20	41	121	133
10. Фон + Мікофренд + Блу N	13	60	21	43	124	137

ДОДАТОК В

Рисунки і таблиці до розділу 5

Таблиця В.1 – Кореляційний аналіз даних у досліді 1, *r*(±) (*n*=10)

Показник	N, мг/кг	P_2O_5, мг/кг	K_2O, мг/кг	N-тест, у.о.	Урожай, т/га	D, см	Маса 1000 нас., г	Натура, г/л	Олійність, %
P_2O_5, мг/кг	0,96	1,00							
K_2O, мг/кг	0,91	0,95	1,00						
N-тест, у.о.	0,89	0,97	0,96	1,00					
Урожай, т/га	0,88	0,93	0,92	0,92	1,00				
D, см	0,93	0,95	0,97	0,95	0,97	1,00			
M, г 1000 нас.	0,87	0,95	0,95	0,99	0,89	0,92	1,00		
Натура, г/л	0,96	0,97	0,96	0,93	0,97	0,99	0,90	1,00	
Олійність, %	0,81	0,72	0,59	0,58	0,66	0,64	0,55	0,75	1,00
Протеїни,%	0,93	0,94	0,93	0,91	0,94	0,94	0,87	0,97	0,78

Таблиця В.2 – Кореляційний аналіз даних у досліді 2, *r*(±) (*n*=10)

	N, мг/кг	P_2O_5, мг/кг	K_2O, мг/кг	N-тест, у.о.	Урожай, т/га	D, см	Маса 1000 нас., г	Натура, г/л	Олійність, %
P_2O_5, мг/кг	0,66	1,00							
K_2O, мг/кг	0,54	0,42	1,00						
N-тест, у.о.	0,77	0,34	0,48	1,00					
Урожай, т/га	0,64	0,25	0,53	0,97	1,00				
D, см	0,77	0,38	0,40	0,97	0,94	1,00			
M, г 1000 нас.	0,64	0,33	0,39	0,93	0,94	0,94	1,00		
Натура, г/л	0,54	0,17	0,43	0,92	0,95	0,88	0,97	1,00	
Олійність, %	0,84	0,49	0,37	0,68	0,54	0,62	0,48	0,43	1,00
Протеїни, %	0,66	0,24	0,44	0,91	0,88	0,83	0,86	0,88	0,65

Таблиця В. 3 – Результати дисперсійного аналізу (dispersion.exe) достовірності даних формування діаметру кошика залежно від удобрення (дослід 1) у 2023 р.(А); 2024 р. (Б); 2025 р (В)

(А)

Дисперсія	**Сума квадратів**	**Ступені свободи**	**Середній квадрат**	**Fф**	**F05**
Загальна	38,88	29	--	--	--
Варіантів	38,22	9	4,25	129,69	3,1
Залишок (помилки)	0,65	20	0,03	--	--
			Критерій суттєвості	129,69	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	0,1	см.
			Помилка різниці середніх	0,15	см.
			Відносна помилка різниці середніх (%)	0,64	%
			Коефіцієнт варіації	0,78	%
			НІР абсолютне	0,31	см.
			НІР відносне (%)	1,34	%

(Б)

Дисперсія	**Сума квадратів**	**Ступені свободи**	**Середній квадрат**	**Fф**	**F05**
Загальна	53,15	29	--	--	--
Варіантів	51,8	9	5,76	85,01	3,1
Залишок (помилки)	1,35	20	0,07	--	--
			Критерій суттєвості	85,01	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	0,15	см.
			Помилка різниці середніх	0,21	см.
			Відносна помилка різниці середніх (%)	0,95	%
			Коефіцієнт варіації	1,16	%
			НІР абсолютне	0,44	см.
			НІР відносне (%)	1,98	%

(В)

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05
Загальна	63,83	29	--	--	--
Варіантів	60,35	9	6,71	38,51	3,1
Залишок (помилки)	3,48	20	0,17	--	--
			Критерій суттєвості	38,51	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	0,24	см.
			Помилка різниці середніх	0,34	см.
			Відносна помилка різниці середніх (%)	1,47	%
			Коефіцієнт варіації	1,81	%
			НІР абсолютне	0,71	см.
			НІР відносне (%)	3,07	%

Таблиця В.4 – Результати дисперсійного аналізу (dispersion.exe) достовірності даних формування маси 1000 насінин залежно від удобрення (дослід 1) у 2023 р.(А); 2024 р. (Б); 2025 р (В)

(А)

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05
Загальна	77,25	29	--	--	--
Варіантів	72,75	9	8,08	35,98	3,1
Залишок (помилки)	4,49	20	0,22	--	--
			Критерій суттєвості	35,98	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	0,27	г.
			Помилка різниці середніх	0,39	г.
			Відносна помилка різниці середніх (%)	0,68	%
			Коефіцієнт варіації	0,84	%
			НІР абсолютне	0,81	г.
			НІР відносне (%)	1,43	%

(Б)

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05
Загальна	84,11	29	--	--	--
Варіантів	76,06	9	8,45	20,97	3,1
Залишок (помилки)	8,06	20	0,4	--	--
			Критерій суттєвості	20,97	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	0,37	г.
			Помилка різниці середніх	0,52	г.
			Відносна помилка різниці середніх (%)	0,94	%
			Коефіцієнт варіації	1,15	%
			НІР абсолютне	1,08	г.
			НІР відносне (%)	1,95	%

(В)

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05
Загальна	103,22	29	--	--	--
Варіантів	80,58	9	8,95	7,91	3,1
Залишок (помилки)	22,63	20	1,13	--	--
			Критерій суттєвості	7,91	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	0,61	г.
			Помилка різниці середніх	0,87	г.
			Відносна помилка різниці середніх (%)	1,52	%
			Коефіцієнт варіації	1,87	%
			НІР абсолютне	1,81	г.
			НІР відносне (%)	3,18	%

Таблиця В.5 – Результати дисперсійного аналізу (dispersion.exe) достовірності даних формування натури насінин залежно від удобрення (дослід 1) у 2023 р.(А); 2024 р. (Б); 2025 р (В)

(А)

Дисперсія	**Сума квадратів**	**Ступені свободи**	**Середній квадрат**	**Fф**	**F05**
Загальна	2284,67	29	--	--	--
Варіантів	1932	9	214,67	12,17	3,1
Залишок (помилки)	352,67	20	17,63	--	--
			Критерій суттєвості	12,17	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	2,42	г/л
			Помилка різниці середніх	3,43	г/л
			Відносна помилка різниці середніх (%)	0,83	%
			Коефіцієнт варіації	1,01	%
			НІР абсолютне	7,15	г/л
			НІР відносне (%)	1,72	%

(Б)

Дисперсія	**Сума квадратів**	**Ступені свободи**	**Середній квадрат**	**Fф**	**F05**
Загальна	5727,87	29	--	--	--
Варіантів	3705,2	9	411,69	4,07	3,1
Залишок (помилки)	2022,67	20	101,13	--	--
			Критерій суттєвості	4,07	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	5,81	г/л
			Помилка різниці середніх	8,21	г/л
			Відносна помилка різниці середніх (%)	2	%
			Коефіцієнт варіації	2,45	%
			НІР абсолютне	17,13	г/л
			НІР відносне (%)	4,17	%

(В)

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05
Загальна	6369,67	29	--	--	--
Варіантів	3985,27	9	442,81	3,71	3,1
Залишок (помилки)	2384,4	20	119,22	--	--
			Критерій суттєвості	3,71	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	6,3	г/л
			Помилка різниці середніх	8,92	г/л
			Відносна помилка різниці середніх (%)	2,1	%
			Коефіцієнт варіації	2,57	%
			НІР абсолютне	18,6	г/л
			НІР відносне (%)	4,37	%

Таблиця В.6 – Результати дисперсійного аналізу (dispersion.exe) достовірності даних формування урожайності залежно від удобрення (дослід 1) у 2023 р.(А); 2024 р. (Б); 2025 р (В)

(А)

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05
Загальна	2,55	29	--	--	--
Варіантів	2,41	9	0,27	38,23	3,1
Залишок (помилки)	0,14	20	0,01	--	--
			Критерій суттєвості	38,23	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	0,05	т/га
			Помилка різниці середніх	0,07	т/га
			Відносна помилка різниці середніх (%)	1,82	%
			Коефіцієнт варіації	2,23	%
			НІР абсолютне	0,14	т/га
			НІР відносне (%)	3,79	%

(Б)

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05
Загальна	4,42	29	--	--	--
Варіантів	4,29	9	0,48	75,59	3,1
Залишок (помилки)	0,13	20	0,01	--	--
			Критерій суттєвості	75,59	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	0,05	т/га
			Помилка різниці середніх	0,06	т/га
			Відносна помилка різниці середніх (%)	1,79	%
			Коефіцієнт варіації	2,2	%
			НІР абсолютне	0,14	т/га
			НІР відносне (%)	3,74	%

(В)

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05
Загальна	4,31	29	--	--	--
Варіантів	4,1	9	0,46	43,24	3,1
Залишок (помилки)	0,21	20	0,01	--	--
			Критерій суттєвості	43,24	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	0,06	т/га
			Помилка різниці середніх	0,08	т/га
			Відносна помилка різниці середніх (%)	2,35	%
			Коефіцієнт варіації	2,88	%
			НІР абсолютне	0,17	т/га
			НІР відносне (%)	4,9	%

Таблиця В.7 – Результати дисперсійного аналізу (dispersion.exe) достовірності даних формування діаметру кошика залежно від препаратів (дослід 2) у 2023 р.(А); 2024 р. (Б); 2025 р (В)

(А)

Дисперсія	**Сума квадратів**	**Ступені свободи**	**Середній квадрат**	**Fф**	**F05**
Загальна	62,75	29	--	--	--
Варіантів	62,1	9	6,9	211,53	3,1
Залишок (помилки)	0,65	20	0,03	--	--
			Критерій суттєвості	211,53	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	0,1	см.
			Помилка різниці середніх	0,15	см.
			Відносна помилка різниці середніх (%)	0,63	%
			Коефіцієнт варіації	0,77	%
			НІР абсолютне	0,31	см.
			НІР відносне (%)	1,31	%

(Б)

Дисперсія	**Сума квадратів**	**Ступені свободи**	**Середній квадрат**	**Fф**	**F05**
Загальна	11,38	29	--	--	--
Варіантів	10,25	9	1,14	20,11	3,1
Залишок (помилки)	1,13	20	0,06	--	--
			Критерій суттєвості	20,11	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	0,14	см.
			Помилка різниці середніх	0,19	см.
			Відносна помилка різниці середніх (%)	0,84	%
			Коефіцієнт варіації	1,03	%
			НІР абсолютне	0,41	см.
			НІР відносне (%)	1,75	%

(В)

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05
Загальна	27,63	29	--	--	--
Варіантів	19,01	9	2,11	4,9	3,1
Залишок (помилки)	8,62	20	0,43	--	--
			Критерій суттєвості	4,9	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	0,38	см.
			Помилка різниці середніх	0,54	см.
			Відносна помилка різниці середніх (%)	2,27	%
			Коефіцієнт варіації	2,78	%
			НІР абсолютне	1,12	см.
			НІР відносне (%)	4,73	%

Таблиця В.8 – Результати дисперсійного аналізу (dispersion.exe) достовірності даних формування маси 1000 насінин залежно від препаратів (дослід 2) у 2023 р.(А); 2024 р. (Б); 2025 р (В)

(А)

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05
Загальна	344,99	29	--	--	--
Варіантів	335,31	9	37,26	76,9	3,1
Залишок (помилки)	9,69	20	0,48	--	--
			Критерій суттєвості	76,9	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	0,4	г.
			Помилка різниці середніх	0,57	г.
			Відносна помилка різниці середніх (%)	0,98	%
			Коефіцієнт варіації	1,21	%
			НІР абсолютне	1,19	г.
			НІР відносне (%)	2,05	%

(Б)

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05
Загальна	260,46	29	--	--	--
Варіантів	249,56	9	27,73	50,89	3,1
Залишок (помилки)	10,9	20	0,54	--	--
			Критерій суттєвості	50,89	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	0,43	г.
			Помилка різниці середніх	0,6	г.
			Відносна помилка різниці середніх (%)	1,06	%
			Коефіцієнт варіації	1,3	%
			НІР абсолютне	1,26	г.
			НІР відносне (%)	2,21	%

(В)

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05
Загальна	291,12	29	--	--	--
Варіантів	268,86	9	29,87	26,84	3,1
Залишок (помилки)	22,26	20	1,11	--	--
			Критерій суттєвості	26,84	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	0,61	г.
			Помилка різниці середніх	0,86	г.
			Відносна помилка різниці середніх (%)	1,49	%
			Коефіцієнт варіації	1,82	%
			НІР абсолютне	1,8	г.
			НІР відносне (%)	3,1	%

Таблиця В.9 – Результати дисперсійного аналізу (dispersion.exe) достовірності даних формування натури насінин залежно від препаратів (дослід 2) у 2023 р.(А); 2024 р. (Б); 2025 р (В)

(А)

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05
Загальна	13408,97	29	--	--	--
Варіантів	12410,97	9	1379	27,64	3,1
Залишок (помилки)	998	20	49,9	--	--
			Критерій суттєвості	27,64	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	4,08	г/л
			Помилка різниці середніх	5,77	г/л
			Відносна помилка різниці середніх (%)	1,4	%
			Коефіцієнт варіації	1,71	%
			НІР абсолютне	12,03	г/л
			НІР відносне (%)	2,91	%

(Б)

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05
Загальна	11362,3	29	--	--	--
Варіантів	10070,97	9	1119	17,33	3,1
Залишок (помилки)	1291,33	20	64,57	--	--
			Критерій суттєвості	17,33	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	4,64	г/л
			Помилка різниці середніх	6,56	г/л
			Відносна помилка різниці середніх (%)	1,65	%
			Коефіцієнт варіації	2,03	%
			НІР абсолютне	13,69	г/л
			НІР відносне (%)	3,45	%

(В)

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05
Загальна	12721,19	29	--	--	--
Варіантів	10787,79	9	1198,64	12,4	3,1
Залишок (помилки)	1933,4	20	96,67	--	--
			Критерій суттєвості	12,4	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	5,68	г/л
			Помилка різниці середніх	8,03	г/л
			Відносна помилка різниці середніх (%)	1,95	%
			Коефіцієнт варіації	2,39	%
			НІР абсолютне	16,75	г/л
			НІР відносне (%)	4,07	%

Таблиця В.10 – Результати дисперсійного аналізу (dispersion.exe) достовірності даних формування урожайності залежно від препаратів (дослід 2) у 2023 р.(А); 2024 р. (Б); 2025 р (В)

(А)

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05
Загальна	2,82	29	--	--	--
Варіантів	2,67	9	0,3	40,88	3,1
Залишок (помилки)	0,15	20	0,01	--	--
			Критерій суттєвості	40,88	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	0,05	т/га
			Помилка різниці середніх	0,07	т/га
			Відносна помилка різниці середніх (%)	1,9	%
			Коефіцієнт варіації	2,33	%
			НІР абсолютне	0,15	т/га
			НІР відносне (%)	3,97	%

(Б)

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05
Загальна	2,63	29	--	--	--
Варіантів	2,47	9	0,27	35,2	3,1
Залишок (помилки)	0,16	20	0,01	--	--
Критерій суттєвості				35,2	-
Критерій F на 5%-му рівні значимості				3,1	-
Помилка досліду				0,05	т/га
Помилка різниці середніх				0,07	т/га
Відносна помилка різниці середніх (%)				2,02	%
Коефіцієнт варіації				2,47	%
НІР абсолютне				0,15	т/га
НІР відносне (%)				4,21	%

(В)

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05
Загальна	2,78	29	--	--	--
Варіантів	2,57	9	0,29	27,6	3,1
Залишок (помилки)	0,21	20	0,01	--	--
Критерій суттєвості				27,6	-
Критерій F на 5%-му рівні значимості				3,1	-
Помилка досліду				0,06	т/га
Помилка різниці середніх				0,08	т/га
Відносна помилка різниці середніх (%)				2,27	%
Коефіцієнт варіації				2,78	%
НІР абсолютне				0,17	т/га
НІР відносне (%)				4,74	%

Таблиця В.11 – Результати дисперсійного аналізу (dispersion.exe) достовірності даних олійності насіння залежно від удобрення (дослід 1) у 2023 р.(А); 2024 р. (Б); 2025 р (В)

(А)

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05
Загальна	8,11	29	--	--	--
Варіантів	3,55	9	0,39	1,73	3,1
Залишок (помилки)	4,56	20	0,23	--	--
			Критерій суттєвості	1,73	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	0,28	% відн.
			Помилка різниці середніх	0,39	% відн.
			Відносна помилка різниці середніх (%)	0,83	%
			Коефіцієнт варіації	1,01	%
			НІР абсолютне	0,81	% відн.
			НІР відносне (%)	1,73	%

(Б)

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05
Загальна	11,16	29	--	--	--
Варіантів	6,09	9	0,68	2,67	3,1
Залишок (помилки)	5,07	20	0,25	--	--
			Критерій суттєвості	2,67	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	0,29	% відн.
			Помилка різниці середніх	0,41	% відн.
			Відносна помилка різниці середніх (%)	0,9	%
			Коефіцієнт варіації	1,1	%
			НІР абсолютне	0,86	% відн.
			НІР відносне (%)	1,88	%

(В)

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05
Загальна	33,44	29	--	--	--
Варіантів	31,82	9	3,54	43,79	3,1
Залишок (помилки)	1,61	20	0,08	--	--
			Критерій суттєвості	43,79	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	0,16	% відн.
			Помилка різниці середніх	0,23	% відн.
			Відносна помилка різниці середніх (%)	0,5	%
			Коефіцієнт варіації	0,62	%
			НІР абсолютне	0,48	% відн.
			НІР відносне (%)	1,05	%

Таблиця В.12 – Результати дисперсійного аналізу (dispersion.exe) достовірності даних вмісту сирого протеїну в насінні залежно від удобрення (дослід 1) у 2023 р.(А); 2024 р. (Б); 2025 р (В)

(А)

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05
Загальна	18,2	29	--	--	--
Варіантів	16,79	9	1,87	26,4	3,1
Залишок (помилки)	1,41	20	0,07	--	--
			Критерій суттєвості	26,4	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	0,15	% відн.
			Помилка різниці середніх	0,22	% відн.
			Відносна помилка різниці середніх (%)	1,81	%
			Коефіцієнт варіації	2,22	%
			НІР абсолютне	0,45	% відн.
			НІР відносне (%)	3,78	%

(Б)

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05
Загальна	41,22	29	--	--	--
Варіантів	38,74	9	4,3	34,71	3,1
Залишок (помилки)	2,48	20	0,12	--	--
			Критерій суттєвості	34,71	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	0,2	% відн.
			Помилка різниці середніх	0,29	% відн.
			Відносна помилка різниці середніх (%)	2,23	%
			Коефіцієнт варіації	2,73	%
			НІР абсолютне	0,6	% відн.
			НІР відносне (%)	4,64	%

(В)

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05
Загальна	43,78	29	--	--	--
Варіантів	42,2	9	4,69	59,36	3,1
Залишок (помилки)	1,58	20	0,08	--	--
			Критерій суттєвості	59,36	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	0,16	% відн.
			Помилка різниці середніх	0,23	% відн.
			Відносна помилка різниці середніх (%)	1,74	%
			Коефіцієнт варіації	2,13	%
			НІР абсолютне	0,48	% відн.
			НІР відносне (%)	3,62	%

Таблиця В.13 – Результати дисперсійного аналізу (dispersion.exe) достовірності даних олійності насіння залежно від препаратів (дослід 2) у 2023 р.(А); 2024 р. (Б); 2025 р (В)

(А)

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05
Загальна	14,51	29	--	--	--
Варіантів	8,94	9	0,99	3,57	3,1
Залишок (помилки)	5,57	20	0,28	--	--
			Критерій суттєвості	3,57	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	0,3	% відн.
			Помилка різниці середніх	0,43	% відн.
			Відносна помилка різниці середніх (%)	0,91	%
			Коефіцієнт варіації	1,11	%
			НІР абсолютне	0,9	% відн.
			НІР відносне (%)	1,89	%

(Б)

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05
Загальна	24,38	29	--	--	--
Варіантів	20,44	9	2,27	11,53	3,1
Залишок (помилки)	3,94	20	0,2	--	--
			Критерій суттєвості	11,53	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	0,26	% відн.
			Помилка різниці середніх	0,36	% відн.
			Відносна помилка різниці середніх (%)	0,8	%
			Коефіцієнт варіації	0,98	%
			НІР абсолютне	0,76	% відн.
			НІР відносне (%)	1,67	%

(В)

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05
Загальна	52,03	29	--	--	--
Варіантів	45,25	9	5,03	14,84	3,1
Залишок (помилки)	6,78	20	0,34	--	--
			Критерій суттєвості	14,84	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	0,34	% відн.
			Помилка різниці середніх	0,48	% відн.
			Відносна помилка різниці середніх (%)	1,01	%
			Коефіцієнт варіації	1,23	%
			НІР абсолютне	0,99	% відн.
			НІР відносне (%)	2,1	%

Таблиця В.14 – Результати дисперсійного аналізу (dispersion.exe) достовірності даних вмісту сирого протеїну в насінні залежно від препаратів (дослід 2) у 2023 р.(А); 2024 р. (Б); 2025 р (В)

(А)

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05
Загальна	6,12	29	--	--	--
Варіантів	3,81	9	0,42	3,67	3,1
Залишок (помилки)	2,31	20	0,12	--	--
			Критерій суттєвості	3,67	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	0,2	% відн.
			Помилка різниці середніх	0,28	% відн.
			Відносна помилка різниці середніх (%)	2,34	%
			Коефіцієнт варіації	2,87	%
			НІР абсолютне	0,58	% відн.
			НІР відносне (%)	4,89	%

(Б)

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05
Загальна	14,46	29	--	--	--
Варіантів	11,67	9	1,3	9,31	3,1
Залишок (помилки)	2,79	20	0,14	--	--
			Критерій суттєвості	9,31	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	0,22	% відн.
			Помилка різниці середніх	0,3	% відн.
			Відносна помилка різниці середніх (%)	2,26	%
			Коефіцієнт варіації	2,76	%
			НІР абсолютне	0,64	% відн.
			НІР відносне (%)	4,71	%

(В)

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05
Загальна	10,95	29	--	--	--
Варіантів	8,35	9	0,93	7,14	3,1
Залишок (помилки)	2,6	20	0,13	--	--
			Критерій суттєвості	7,14	-
			Критерій F на 5%-му рівні значимості	3,1	-
			Помилка досліду	0,21	% відн.
			Помилка різниці середніх	0,29	% відн.
			Відносна помилка різниці середніх (%)	2,18	%
			Коефіцієнт варіації	2,66	%
			НІР абсолютне	0,61	% відн.
			НІР відносне (%)	4,54	%

ДОДАТОК Г

Рисунки і таблиці до розділу 6

Таблиця Г.1 – Економічні показники ефективності застосування добрив (середнє за 2023-2025 роки)

Варіант досліду	Урожай, т/га	Приріст врожаю, т/га	Вартість валової продукції, грн./га	Вартість приросту урожайності, грн/га	Додаткові затрати, грн/га	Всього затрат, грн/га	Чистий прибуток, грн/га	Рентабельність, %	Окупність 1 грн. затрат на добрива і їх внесення, грн.
1. Без удобрення – контроль	2,98	-	80460	-	-	17270	63190	365,9	-
2. $N_{60}P_{60}K_{60}$ – фон (НАФ)	3,73	0,75	100710	20250	13875	31145	69565	223,4	5,0
3. $N_{2,2}P_{10,1}$ (АФ)	3,15	0,17	85050	4590	857	18127	66923	369,2	78,13
4. $N_{4,4}P_{20,2}$ (АФ)	3,38	0,40	91260	10800	1713	18983	72277	380,7	42,19
5. $N_{2,2}P_{9,4}$ (МГД)	3,70	0,72	99900	19440	2600	19870	80030	402,8	30,78
6. $N_{4,4}P_{18,8}$ (МГД)	3,76	0,78	101520	21060	5200	22470	79050	351,8	15,20
7. Фон + $N_{2,2}P_{10,1}$ (АФ)	3,79	0,81	102330	21870	14732	32002	70328	219,8	4,77
8. Фон + $N_{4,4}P_{20,2}$ (АФ)	3,89	0,91	105030	24570	15588	32858	72172	219,6	4,63
9. Фон + $N_{2,2}P_{9,4}$ (МГД)	3,91	0,93	105570	25110	16475	33745	71825	212,8	4,36
10. Фон + $N_{4,4}P_{18,8}$ (МГД)	4,11	1,13	110970	30510	19075	36345	74625	205,3	3,91

Таблиця Г.2 – Економічні показники ефективності застосування препаратів (середнє за 2023-2025 роки)

Варіант досліду	Урожай, т/га	Приріст врожаю, т/га	Вартість валової продукції, грн/га	Вартість приросту урожайності, грн/га	Додаткові затрати, грн./га	Всього затрат, грн/га	Чистий прибуток, грн/га	Рентабельність, %	Окупність 1 грн. затрат на добрива і їх внесення, грн.
1. Фон ($N_{60}P_{60}K_{60}$) – контроль без препарату	3,11	-	83970	-	-	31000	52970	170,9	-
2. Фон + Great White Granular One	3,24	0,13	87480	3510	4000	35000	52480	149,9	13,1
3. Фон + Біонорма Мікориза	3,35	0,24	90450	6480	2370	33370	57080	171,1	24,08
4. Фон + Біофосфорин	3,61	0,50	97470	13500	724,71	31725	65745	207,2	90,72
5. Фон + Мікофренд	3,66	0,55	98820	14850	3120	34120	64700	189,6	20,74
6. Фон + Блу N	3,69	0,58	99630	15660	1793,2	32793	66837	203,8	37,27
7. Фон + Great White Granular One + Блу N	3,79	0,68	102330	18360	5793,2	36793	65537	178,1	11,31
8. Фон + Біонорма Мікориза + Блу N	3,83	0,72	103410	19440	4163,2	35163	68247	194,1	16,39
9. Фон + Біофосфорин + Блу N	3,90	0,79	105300	21330	2517,9	33518	71782	214,2	28,51
10. Фон + Мікофренд + Блу N	4,06	0,95	109620	25650	4913,2	35913	73707	205,2	15,00

Додаток Д. Список опублікованих праць за темою дисертації

Статті у фахових виданнях України

1. **Баранський Д. В.** Як керована синергія ризосферних мікроорганізмів може покращити ефективність сучасного землеробства (повернення до природи). *Вісник Львівського національного університету природокористування. Серія Агрономія*. 2023. № 27. С. 157–162. doi.org/10.31734/agronomy2023.27.157
2. **Баранський Д. В.** Вирощування соняшнику за коливання клімату та вологозабезпеченості в умовах Лісостепу Західного. *Вісник Львівського національного університету природокористування. Серія Агрономія*. 2024. № 28. С. 57–66. doi.org/10.31734/agronomy2024.28.057
3. **Баранський Д. В**. Удосконалення системи удобрення соняшнику в умовах Пасмового Побужжя. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2024. Вип. 105. Ч. 1 : Сільськогосподарські та технічні науки. С.58–72. doi.org/10.32782/2415–8240–2024–105–1–58–72
4. **Баранський Д. В**., Глеваський В. І, Ілюк Н. А. Інноваційні методи підвищення стійкості агроекосистем до посухи. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. Херсонський державний аграрно–економічний університет. Одеса : Видавничий дім «Гельветика», 2024. Вип. 139. Ч. 1. С. 27–36. doi.org/10.32782/2226–0099.2024.139.1.4 *(Здобувачем зібрано й узагальнено теоретичний матеріал, описано методи досліджень та колективно сформульовані висновки)*
5. **Баранський Д. В**., Гнатів П. С., Іванюк В. Я., Гаськевич О. В. Вплив удобрення соняшника на динаміку елементів живлення у ґрунті та рослинах в умовах Західного Лісостепу. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2025. Вип. 77 (2). С. 15–30. https://doi.org/10.32636/01308521.2025-(77)-2-2 *(Здобувачем узагальнено матеріал, здійснено статистичну обробку даних та долучався до колективного формулювання висновків).*

Статті у журналах, що індексуються у наукометричних базах Scopus та Web of Science

6. Ivanyuk H., Yamelynets T., Papish I., Hnativ P., Pankiv Z., Bonishko O., Ivaniuk V., Haskevych O., **Baranskyi D.**, Avhustynovych M. Soil classification of Ukraine and its correlation with WRB (2022). *Soil Science Annual*. 2026. 77(1), 215263. doi.org/10.37501/soilsa/215263 *(Здобувачем здійснено пошук та узагальнення наукових джерел, підготовлено ілюстрації до статті та долучився до колективного формулювання висновків).*

Тези доповідей на наукових конференціях

7. **Баранський Д. В.** Проблема оптимальної системи удобрення соняшнику у зв'язку з розширенням посівних площ у Західному Лісостепу в умовах кліматичних змін. *«Актуальні проблеми агропромислового виробництва України: продовольча безпека в умовах воєнного часу і повоєнної відбудови країни»*: матеріали XI Всеукраїнської науково–практичної конференції молодих вчених (с. Оброшине, 10 листоп. 2022 р.). Львів–Оброшине. 2022. С 3–5. URL: https://surl.lu/xeznbu
8. **Баранський Д. В.** Здоров'я ґрунту за вирощування соняшнику: український досвід біологізації агроекосистеми. *Ґрунти, сталий розвиток та українське ґрунтознавство*: матеріали Міжнародної наукової конференції, присвяченої 120–річчю від дня народження Григорія Андрущенка. 24–26 квітня 2023. Львів–Дубляни: ЛНУП. С. 58–62. URL: https://link.lvet.edu.ua/PWrbEy
9. **Баранський Д. В.** Симбіотичні зв'язки – майбутнє агровиробництва. *Теорія і практика розвитку агропромислового комплексу та сільських територій*: матеріали XXIV Міжнародного науково – практичного форуму, 4–6 жовтня 2023 р. Львів: ЛНУП, 2023. С. 198–201. URL: https://link.lvet.edu.ua/0Img43
10. **Баранський Д. В.** Новітній крок в агрономії – мікробні консорціуми, як ключ до ефективного рільництва. *Сучасні технології вирощування екологічно безпечної плодоовочевої продукції, присвяченої 90–річчю від дня народження видатної селекціонерки часнику Лідії Ліщак*: матеріали II

Міжнародної науково–практичної конференції:. 28–29 березня 2024. Львів: ЛНУП. С. 117–121. URL: https://link.lvet.edu.ua/IK9VT4

11. **Baranskyi D. V.** Soil health and biodiversity: connections and interactions. *«Сучасні екoвиклики. Стратегії екологічної безпеки довкілля»*: матеріали Міжнародної науково–практичної конференції, присвяченій 25–річчю кафедри екології Львівського НУП. 22–23 травня 2024 р. Львів–Дубляни: ЛНУП, 2024. С. 113–115. URL: https://link.lvet.edu.ua/U0VX1R
12. Іванюк В. Я., **Баранський Д. В.** Особливості використання системи EXPRESS SUN для захисту соняшника від бур'янів. *Теорія і практика розвитку агропромислового комплексу та сільських територій*: матеріали XXV Міжнародного науково – практичного форуму, 2–4 жовтня 2024 р. Львів: ЛНУП, 2024. С. 272–275. URL: https://link.lvet.edu.ua/KK4ATs *(Здобувачем узагальнено матеріал, сформовано текст, здійснено статистичну обробку даних та узгоджено висновки).*
13. **Баранський Д. В.**, Паробецький Т. І., Дуда Н. Ю. Ґрунтова мікробіота та її вплив на вирощування соняшнику. *Мікробіологія в сучасному сільськогосподарському виробництві*: матеріали XVII наукової конференції молодих учених (м. Чернігів, 25 жовтня 2024 р.). Національна академія аграрних наук України. Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва. Чернігів:видавець Брагинець О. В. 2024. С. 15–16. URL: https://surl.li/fkspnb *(Здобувачем проведено аналіз та узагальнення наукових даних, сформовано текст)*
14. **Baranskyi D. V.** The impact of intensive farming on soil biota functioning under fluctuations of hydrothermal conditions. *«Наукові читання до 100–річчя від дня народження Філіп'єва Івана Давидовича – видатного вченого у галузі агрохімії та ґрунтознавства»*: матеріали науково–практичної конференції, присвяченої пам'яті доктора с.–г. наук, професора, Заслуженого діяча науки і техніки України, Філіп'єва Івана Давидовича. Одеса: ІКОСГ НААН. 2024. С. 19–21. URL: http://surl.li/wddxer

15. **Baranskyi D.V.**, Hnativ P. S.,. Ivaniuk V. Ya. Efficiency of microbiological preparations application to increase sunflower productivity under conditions of sufficient moisture. *Інноваційні технології у рослинництві*: матеріали міжнародної науково–практичної інтернет–конференції до 115–ої річниці з дня народження доктора сільськогосподарських наук, професора, член–кореспондента НАН України, Заслуженого діяча науки України Кияка Григорія Степановича, 30 квітня 2025 р. [Електронний ресурс]. Львів–Дубляни: Львівський НУВМБ ім. С. З. Ґжицького, Північний кампус. С. 18–20. URL: https://link.lvet.edu.ua/39abAV *(Здобувачем проведено оцінку впливу ґрунтових мікроорганізмів на доступність елементів живлення)*
16. Гнатів П. С., Качмар О. Й., Іванюк В. Я., **Баранський Д. В**. Зміни клімату в Україні та мезоклімату західного регіону. *Інноваційні технології у рослинництві*: матеріали міжнародної науково–практичної інтернет–конференції до 115–ої річниці з дня народження доктора сільськогосподарських наук, професора, член–кореспондента НАН України, Заслуженого діяча науки України Кияка Григорія Степановича, 30 квітня 2025 р. [Електронний ресурс]. Львів–Дубляни: Львівський НУВМБ ім. С. З. Ґжицького. Північний кампус. С. 23–25. URL: https://link.lvet.edu.ua/39abAV *(Здобувачем сформовано текст та узгоджено висновки)*
17. **Баранський Д. В.** Вплив мікробіологічних препаратів на формування архітоніки соняшнику. *«Інноваційні аспекти збереження і підвищення родючості ґрунтів у воєнний та повоєнний періоди»*: матеріали міжнародної науково–практичної конференції, присвяченої 60–річчю тривалого стаціонарного досліду Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН (с. Оброшине, 18 вересня 2025 р.). Оброшине–Львів. 2025. С. 12–14. URL: https://surl.lu/zjluok
18. **Баранський Д. В.** Агрокліматичні зміни як чинник диверсифікації культур заходу України. *Теорія і практика розвитку агропромислового комплексу та сільських територій:* матеріали XXVI Міжнародного науково–практичного форуму, 08–10 жовтня 2025 р. [Електронний ресурс]. Львів:

ЛНУВМБ ім.С.Ґжицького, 2025. С. 84–85. URL: https://link.lvet.edu.ua/m2TwFD

19. **Баранський Д. В**., Шаранюк М. Т., Рудий Р. В. Вплив ґрунтової мікробіоти на натуру зерна соняшнику. *Роль мікробіології в аграрному виробництві*: матеріали Спільної Всеукраїнської науково–практичної онлайн–конференції молодих учених (м. Чернігів і м. Київ, 23 жовтня 2025 р.) / Національна академія аграрних наук України, Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва; Національна академія наук України, Інститут мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного. Чернігів : видавець Агеєв В. О., 2025. С. 37–39. URL: https://salo.li/6a3C8E9 *(Здобувачем проведено польові та лабораторні дослідження, статистичне опрацювання результатів)*
20. **Баранський Д. В.**, Клипак М. П., Ботош Д. М. Ґрунтовий мікробіом – важливий фактор продуктивності соняшника в умовах змін клімату. *«Ґрунти в умовах викликів: деградація, відновлення та інновації для сталого майбутнього»*: матеріали міжнародної науково–практичної конференції, присвячено Всесвітньому дню ґрунтів (WSD). ДУ «Інститут охорони ґрунтів України» (27 листопада 2025 року). Київ. 2025. С. 134–136. URL: https://link.lvet.edu.ua/e8t3hn *(Здобувачем проведено аналіз та узагальнення наукових даних)*
21. **Баранський Д. В**., Бабій В. Т. Порівняльна оцінка ефективності мікрогранульованих і традиційних форм добрив при вирощуванні соняшнику. *Наукові засади підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва*: матеріали IX Міжнар. наук.–практ. конф., 28 листопада 2025 р. [Електронний ресурс]. Державний біотехнологічний ун–т. Електрон. дані. Харків, 2025. С. 44–46. URL: https://surl.li/pfjfdo *(Здобувачем проведено порівняльний аналіз, опрацьовано експериментальні дані)*

Додаток Е Акти про впровадження у навчальний процес та виробництво

Погоджено
Проректор з науково-педагогічної роботи та якості освіти
ЛНУВМБ імені С.З. Ґжицького
_____ О. Я. Микула
«28» січня 2026

Затверджую
Проректор з наукової роботи
ЛНУВМБ імені С.З. Ґжицького
_____ О. М. Федець
«28» січня 2026

АКТ

про впровадження результатів дисертаційного дослідження у навчальний процес

Цим актом засвідчується, що наукові розробки, які викладені в дисертаційній роботі Баранського Дмитра Васильовича «Система удобрення соняшнику на темно-сірому опідзоленому ґрунті в умовах Західного Лісостепу», підготовленої на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 Агрономія, використовуються в навчальному процесі у Львівському національному університеті ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Ґжицького, зокрема:

- опрацьовані дисертантом матеріали щодо оптимізації систем удобрення соняшнику та ефективності застосування різних форм мінеральних добрив використані при формуванні навчальних матеріалів до дисциплін «Системи удобрення польових культур» та «Рослинництво»;
- результати агрохімічного оцінювання темно-сірого опідзоленого ґрунту, аналіз змін вмісту елементів живлення та показників родючості ґрунту залежно від рівня удобрення використовуються при викладанні дисципліни «Аналітичний агрохімсервіс та управління якістю ґрунтів»;
- узагальнені дисертантом матеріали щодо екологічної оцінки застосування мікробіологічних препаратів, балансу елементів живлення та моніторингу стану ґрунтів використовуються у навчальному процесі під час викладання дисципліни «Екологічні основи застосування добрив і моніторинг родючості ґрунтів».

Також матеріали досліджень Дмитра Баранського включені в результати виконання кафедрою агрохімії та ґрунтознавства наукової тематики на 2021-2025 роки «Розробити екобезпечні прийоми удосконалення технологій вирощування культур, що забезпечують оптимальний врожай та відтворення родючості ґрунтів в умовах зміни мезоклімату на Заході України» (номер державної реєстрації 0121U109715).

в.о. декана факультету
агротехнологій та охорони довкілля, професор — Іван ШУВАР

завідувач кафедри
агрохімії та ґрунтознавства, доцент — Оксана ГАСЬКЕВИЧ

завідувач кафедри
технологій у рослинництві, доцент — Марія ТИРУСЬ

ЗАТВЕРДЖУЮ
Керівник ФГ Дзвін
_____Підвальний Є. Р.
«30» жовтня 2025 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

результатів дисертаційної роботи Баранського Дмитра Васильовича

«СИСТЕМА УДОБРЕННЯ СОНЯШНИКУ НА ТЕМНО-СІРОМУ ОПІДЗОЛЕНОМУ ҐРУНТІ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ»

30 жовтня 2025 року смт. Олесько

Цим актом підтверджуємо впровадження рекомендацій із дисертаційної роботи Баранського Дмитра Васильовича «СИСТЕМА УДОБРЕННЯ СОНЯШНИКУ НА ТЕМНО-СІРОМУ ОПІДЗОЛЕНОМУ ҐРУНТІ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ» у фермерському господарстві «Дзвін» за таким напрямом:

1. З метою підвищення врожайності соняшнику та ефективності використання мінеральних добрив у фермерському господарстві на площі 21 га застосовано систему удобрення, що передбачала внесення нітроамофоски під передпосівну культивацію у нормі $N_{60}P_{60}K_{60}$ у поєднанні з припосівним внесенням мікрогранульованого добрива у нормі $N_{4,4}P_{18,8}$ у рядок під час сівби. Прибавка врожаю насіння становила 0,21 т/га порівняно з традиційним фоном удобрення $N_{60}P_{60}K_{60}$. Чистий прибуток від впровадження ініційованої системи удобрення становив 4520 грн/га.

Від розробника рекомендацій:
аспірант кафедри агрохімії та ґрунтознавства
ЛНУВМБ імені С. З. Ґжицького
_____ Д. В. Баранський

Від господарства:
бухгалтер ФГ «Дзвін»
_____ Т. Б. Паляниця