

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису

ПАЛАЗЮК БОГДАН ОЛЕКСАНДРОВИЧ

УДК 633.11:631.5:631.811:631.16

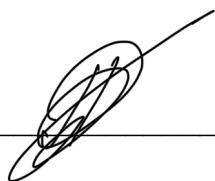
ДИСЕРТАЦІЯ
ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ
ОЗИМОЇ В УМОВАХ ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Спеціальність 201 Агрономія

Галузь знань 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



Б. О. Палазюк

Науковий керівник: Юрченко Світлана Олександрівна, кандидат
сільськогосподарських наук, доцент, завідувач кафедри селекції, насінництва і
генітики

Полтава 2026

АНОТАЦІЯ

Палазюк Б.О. Оптимізація технології вирощування пшениці м'якої озимої в умовах Лівобережного Лісостепу України. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 Агрономія (галузь знань 20 Аграрні науки та продовольство). Полтавський державний аграрний університет, Міністерства освіти і науки України, Полтава, 2026.

Дисертаційна робота присвячена науковому обґрунтуванню та практичній оцінці ефективності біостимуляторів як складової оптимізації технології вирощування пшениці м'якої озимої в умовах Лівобережного Лісостепу України.

Дослідження проводили у 2022–2025 рр. у двох локаціях Полтавського району, Полтавської області: на території науково-виробничого центру селекції та насінництва польових культур Навчально-наукового інституту агротехнологій, селекції та екології Полтавського державного аграрного університету та в Полтавській державній сільськогосподарській дослідній станції імені М. І. Вавилова Інституту свинарства і агропромислового виробництва НААН України.

Узагальнення даних за роки досліджень показало, що агрокліматичні умови характеризувалися нерівномірністю розподілу опадів упродовж вегетації та контрастністю режимів зволоження; критичним для формування врожайності в умовах зони був період квітень–травень, який мав вплив на рівень продуктивності в умовах досліджень.

Досліджено реакцію трьох сортів пшениці м'якої озимої Манжелія, Богдана, Алтіго на застосування біостимуляторів різного походження за різних способів використання. Оцінено вплив досліджуваних елементів технології на продуктивність, показники якості зерна, а також економічну й енергетичну ефективність вирощування.

Встановлено, що передпосівна обробка насіння біостимуляторами на основі мікроорганізмів підвищувала продуктивність посівів пшениці м'якої озимої.

Найефективнішим і найбільш стабільним за роками та сортами був варіант застосування біопрепарату БіоФосфор® (на основі *Bacillus megaterium*, *B. amyloliquefaciens*, *Trichoderma harzianum*), який забезпечив статистично достовірну прибавку врожайності 0,29–0,45 т/га. Препарат Органік-Баланс® (на основі консорціуму бактерій: *Bacillus velezensis* (*Bacillus subtilis*), *Agrobacterium pusense* (*Azotobacter chroococcum*), *Paenibacillus polymyxa*, *Enterococcus hirae* (*Enterococcus faecium*), *Lactobacillus delbrueckii* sp. *bulgaricus*) також забезпечував достовірний приріст урожайності на 0,17–0,24 т/га (4,3–6,3 %). Серед сортів найвищий рівень урожайності у досліді за роки досліджень формував сорт Алтіго, який перевищував інші сорти на 0,15–0,18 т/га. Формування показників якості зерна визначалося переважно умовами року, сортові особливості істотно впливали на вміст білка та сирієї клейковини, тоді як застосування біопрепаратів загалом не забезпечувало стабільних статистично достовірних змін показників якості та не призводило до підвищення класності зерна.

Доведено, що позакореневе внесення біостимуляторів на основі мікроорганізмів у фазу весняного кущення забезпечувало приріст продуктивності. Прибавка урожайності до контролю становила 0,51–0,68 т/га (7,2–8,7 %), максимальний ефект забезпечував Граундфікс®. Найкращі показники якості зерна в узагальненні формував сорт Алтіго. При цьому підвищення врожайності не супроводжувалося погіршенням показників якості зерна.

Показано, що застосування біостимуляторів на основі гумінових речовин Відновлення® та БіоСтимікс® без фону мінерального підживлення характеризувалося приростом урожайності 0,17–0,43 т/га (4,4–8,7 %). Водночас поєднання гумінових біостимуляторів з азотним живленням (N₆₈) забезпечувало приріст урожайності до контролю 1,45–1,64 т/га (29,5–42,7 %), а відносно варіанта лише з азотним живленням – 0,37–0,59 т/га (7,6–12,1 %). За показниками якості максимальний вміст білка та сирієї клейковини забезпечував варіант із внесенням азотного живлення, тоді як поєднання азоту з біостимуляторами на фоні зростання урожайності супроводжувалося зниженням масової частки білка і клейковини.

Економічна оцінка засвідчила доцільність використання біопрепаратів за умови оптимального співвідношення додаткових витрат і приросту продукції. За практично однакових виробничих витратах застосування передпосівної обробки насіння (22,9–23,4 тис. грн/га) максимальний економічний ефект забезпечував БіоФосфор[®], де рентабельність зростала до 28,7–29,9 %, а чистий дохід – до 6600,42–6888,67 грн/га.

Позакореневе застосування у фазу кущення найвищу економічну ефективність забезпечували БіоФосфор[®] та Граундфікс[®]: додатковий чистий дохід становив 3 039–3 819 грн/га, а приріст рентабельності – 8,0–12,0 % порівняно з контролем; сорт Алтіго забезпечував найвищу окупність технології (151–155 %).

Застосування біостимуляторів на основі гумінових речовин Відновлення[®] та БіоСтимікс[®] найбільш економічно виправдане у поєднанні з азотним підживленням: чистий дохід становив 18 810,21–19 102 грн/га (сорт Манжелія) та 19 428–19 818 грн/га (сорт Алтіго) за рентабельності 90–93 %.

Енергетична оцінка підтвердила доцільність застосування біостимуляторів різного походження у технології вирощування за рахунок приросту валової енергії врожаю. В разі передпосівної обробки насіння коефіцієнт енергетичної ефективності зростав до 1,46 (приріст 10,2 %), а середній приріст енергії у вирощеній продукції становив 3,6 ГДж/га. За позакореневого застосування біопрепаратів приріст валової енергії був максимальним у варіантах із БіоФосфор[®] та Граундфікс[®] і становив 1,5–2,1 ГДж/га. За використання біостимуляторів на основі гумінових речовин на фоні азотного живлення найбільший приріст енергії забезпечували варіанти застосування біостимуляторів, зокрема у сорту Алтіго – 4,7–5,0 ГДж/га.

За результатами проведених досліджень у ґрунтово-кліматичних умовах Лівобережного Лісостепу України встановлено доцільність упровадження біологізованих елементів технології вирощування пшениці м'якої озимої, що забезпечують підвищення врожайності, економічної та енергетичної ефективності виробництва.

У виробничих умовах рекомендується:

- застосовувати біопрепарат БіоФосфор[®] для передпосівної обробки насіння пшениці м'якої озимої з метою покращення фосфорного живлення рослин на початкових етапах органогенезу, активізації ростових процесів та формування оптимальної густоти стояння посівів;
- у фазу весняного кушення проводити позакореневе внесення біостимулятора мікробіологічного походження Граундфікс[®], що забезпечує підвищення продуктивної кущистості, збільшення маси зерна з колоса та формування максимальної врожайності;
- гумінові біостимулятори Відновлення[®] та БіоСтимікс[®] застосовувати у поєднанні з азотним підживленням, що сприяє підвищенню коефіцієнта використання азоту, збільшенню валової енергії врожаю та отриманню максимального економічного ефекту.

Упровадження запропонованих елементів технології вирощування пшениці м'якої озимої забезпечує зростання врожайності культури, підвищення чистого доходу та покращення показників енергетичної окупності виробництва в умовах Лівобережного Лісостепу України.

Ключові слова: пшениця м'яка озима, сорт, біопрепарати, мікроорганізми, біостимулятори, гумінові речовини, передпосівна обробка насіння, позакореневе внесення, урожайність, якість зерна, рентабельність, енергетична ефективність.

ABSTRACT

Palaziuk B.O. Optimization of the technology of growing soft winter wheat under the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. – Qualification scientific work as a manuscript.

The dissertation for obtaining the scientific degree of Doctor of Philosophy in specialty 201 “Agronomy” (field of knowledge 20 “Agricultural Sciences and Food”). Poltava State Agrarian University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Poltava, 2026.

The dissertation work is devoted to the scientific substantiation and practical evaluation of the effectiveness of biostimulants as a component of optimization of the technology of growing soft winter wheat under the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine.

The research was conducted in 2022–2025 in two locations of Poltava district, Poltava region: on the territory of the Scientific and Production Center of Selection and Seed Production of Field Crops of the Educational and Scientific Institute of Agrotechnologies, Selection and Ecology of Poltava State Agrarian University and at the Poltava State Agricultural Experimental Station named after M. I. Vavilov of the Institute of Pig Breeding and Agro-Industrial Production of NAAS of Ukraine.

The generalization of data over the years of research showed that agro-climatic conditions were characterized by uneven distribution of precipitation during the vegetation period and contrast of moisture regimes; the period April–May was critical for yield formation under the conditions of the zone, which influenced the level of productivity in the research conditions.

The response of three varieties of soft winter wheat Manzhelia, Bohdana, Altigo to the application of biostimulants of different origin under different methods of use was studied. The influence of the studied elements of technology on productivity, grain quality indicators, as well as economic and energy efficiency of cultivation was evaluated.

It was established that pre-sowing seed treatment with biostimulants based on microorganisms increased the productivity of soft winter wheat crops. The most effective and the most stable across years and varieties was the variant of application of the

biological preparation BioPhosphor® (based on *Bacillus megaterium*, *B. amyloliquefaciens*, *Trichoderma harzianum*), which provided a statistically significant yield increase of 0.29–0.45 t/ha. The preparation Organic-Balance® (based on a consortium of bacteria: *Bacillus velezensis* (*Bacillus subtilis*), *Agrobacterium pusense* (*Azotobacter chroococcum*), *Paenibacillus polymyxa*, *Enterococcus hirae* (*Enterococcus faecium*), *Lactobacillus delbrueckii* sp. *bulgaricus*) also provided a significant yield increase of 0.17–0.24 t/ha (4.3–6.3%). Among the varieties, the highest yield level in the experiment over the years of research was formed by the variety Altigo, which exceeded other varieties by 0.15–0.18 t/ha. The formation of grain quality indicators was mainly determined by the conditions of the year; varietal characteristics significantly influenced the protein and crude gluten content, while the use of biological preparations in general did not provide stable statistically significant changes in quality indicators and did not lead to an increase in grain class.

It was proven that foliar application of biostimulants based on microorganisms in the spring tillering stage provided an increase in productivity. The yield increase compared to control was 0.51–0.68 t/ha (7.2–8.7%), with the maximum effect provided by Groundfix®. The best grain quality indicators in general were formed by the variety Altigo. At the same time, the increase in yield was not accompanied by deterioration in grain quality indicators.

It was shown that the use of biostimulants based on humic substances Vidnovlennia® and BioStymix® without the background of mineral fertilization was characterized by a yield increase of 0.17–0.43 t/ha (4.4–8.7%). At the same time, the combination of humic biostimulants with nitrogen nutrition (N₆₈) provided a yield increase compared to control of 1.45–1.64 t/ha (29.5–42.7%), and relative to the variant with only nitrogen nutrition – 0.37–0.59 t/ha (7.6–12.1%). In terms of quality indicators, the maximum content of protein and crude gluten was provided by the variant with nitrogen application, while the combination of nitrogen with biostimulants against the background of yield increase was accompanied by a decrease in the mass fraction of protein and gluten.

The economic evaluation confirmed the feasibility of using biological preparations under the condition of an optimal ratio of additional costs and product increase. With practically identical production costs, the use of pre-sowing seed treatment (22.9–23.4 thousand UAH/ha) provided the maximum economic effect with BioPhosphor[®], where profitability increased to 28.7–29.9%, and net income – up to 6600.42–6888.67 UAH/ha.

Foliar application in the tillering stage provided the highest economic efficiency with BioPhosphor[®] and Groundfix[®]: additional net income amounted to 3,039–3,819 UAH/ha, and profitability increase – 8.0–12.0% compared to control; the variety Altigo provided the highest payback of the technology (151–155%).

The use of biostimulants based on humic substances Vidnovlennia[®] and BioStymix[®] is most economically justified in combination with nitrogen fertilization: net income amounted to 18,810.21–19,102 UAH/ha (variety Manzhelia) and 19,428–19,818 UAH/ha (variety Altigo) with profitability of 90–93%.

The energy evaluation confirmed the feasibility of using biostimulants of different origin in the cultivation technology due to the increase in gross energy of the yield. In the case of pre-sowing seed treatment, the energy efficiency coefficient increased to 1.46 (increase of 10.2%), and the average increase in energy in the grown products was 3.6 GJ/ha. With foliar application of biological preparations, the increase in gross energy was maximum in the variants with BioPhosphor[®] and Groundfix[®] and amounted to 1.5–2.1 GJ/ha. When using biostimulants based on humic substances against the background of nitrogen nutrition, the greatest increase in energy was provided by the variants of biostimulant application, in particular in the variety Altigo – 4.7–5.0 GJ/ha.

According to the results of the conducted research in the soil and climatic conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine, the expediency of introducing biologized elements of the technology of growing soft winter wheat has been established, which ensure an increase in yield, economic and energy efficiency of production.

In production conditions it is recommended:

- to apply the biological preparation BioPhosphor[®] for pre-sowing seed treatment of soft winter wheat in order to improve phosphorus nutrition of plants at the initial stages of organogenesis, activation of growth processes and formation of optimal plant density;

- in the spring tillering stage to carry out foliar application of the microbiological biostimulant Groundfix[®], which ensures an increase in productive tillering, an increase in grain weight per ear and the formation of maximum yield;

- to apply humic biostimulants Vidnovlennia[®] and BioStymix[®] in combination with nitrogen fertilization, which contributes to increasing nitrogen use efficiency, increasing the gross energy of the yield and obtaining maximum economic effect.

The implementation of the proposed elements of the technology of growing soft winter wheat ensures an increase in crop yield, an increase in net income and improvement of indicators of energy efficiency of production under the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine.

Keywords: winter wheat, variety, biological products, microorganisms, biostimulants, humic substances, pre-sowing seed treatment, foliar application, yield, grain quality, profitability, energy efficiency.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Публікації в наукових фахових виданнях України:

1. Юрченко С. О., Палазюк Б. О., Білокінь А. В. Вплив мікоризного препарату на урожайність пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.). *Таврійський науковий вісник*. Серія: Сільськогосподарські науки. 2024. № 39. С. 190–197. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.139.2.23> (Здобувач виконав обліки урожайності пшениці м'якої озимої за дії мікоризного препарату, провів статистичну обробку результатів.)
2. Палазюк Б. О., Юрченко С. О. Формування урожайності пшениці м'якої озимої залежно від сортових властивостей та впливу біостимуляторів на основі ризобактерій. *Аграрні інновації*. 2025. № 32. С. 167–174. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.32.24> (Здобувач провів експериментальні дослідження, узагальнив і проаналізував результати щодо впливу сортових властивостей та біостимуляторів на основі ризобактерій на урожайність пшениці м'якої озимої.)
3. Палазюк Б.О., Юрченко С.О. Формування якісних показників зерна пшениці м'якої озимої залежно від сортових особливостей та дії біостимуляторів на основі ризобактерій. *Сільське господарство та лісівництво*. 2025. № 39. С. 163–176. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2025-4-14df> (Здобувач провів польові та лабораторні дослідження, здійснив обробку експериментальних даних, проаналізував результати та сформулював висновки щодо впливу сортових особливостей і біостимуляторів на формування якісних показників зерна пшениці м'якої озимої.)
4. Палазюк Б.О., Юрченко С.О. Вплив біостимуляторів на врожайність та адаптивні властивості пшениці м'якої озимої. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 4. С. 23–29. <https://doi.org/10.31210/spi2025.28.04.03> (Здобувач провів польові дослідження, проаналізував вплив біостимуляторів на врожайність та адаптивні властивості пшениці м'якої озимої й узагальнив отримані результати.)

5. Юрченко С.О., Палазюк Б.О., Тронько А.В. Вплив біостимуляторів на урожайність і якість зерна пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.). *Таврійський науковий вісник*. 2025. № 146. С. 147–157 <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.146.2.20>. (Здобувач виконав обліки врожайності та визначення показників якості зерна пшениці м'якої озимої за дії біостимуляторів, провів статистичний аналіз результатів.)

Тези наукових конференцій, що засвідчують апробацію результатів.

6. Палазюк Б.О., Юрченко С.О. Шляхи підвищення ефективності виробництва зерна пшениці озимої. *Інноваційні технології в рослинництві – запорука сталого розвитку сільського господарства*: матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції присвяченої 90-річчю з дня народження В. К. Чуйка, 2 грудня 2022 р. м. Полтава, 2022. С. 40–42.

7. Палазюк Б.О., Юрченко С.О. Значення протруювання насіння в захисті посівів пшениці озимої від збудників хвороб і шкідників. *Сучасні аспекти і технології у захисті рослин*: матеріали міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 24 листопада 2022 р. м. Полтава, 2022. С. 38–41.

8. Палазюк Б.О., Юрченко С.О. Сорт як ключовий елемент технології вирощування пшениці озимої. *Хімія, біотехнологія, екологія та освіта*: збірник матеріалів VII Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 17–18 травня 2023 р. Полтава. 2023. С. 265–268.

9. Палазюк Б.О., Юрченко С.О. Застосування біостимуляторів росту у посівах пшениці озимої. *Сучасні напрями та досягнення селекції і насінництва сільськогосподарських культур*: матеріали I Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції, присвяченої 75-річчю заснування кафедри селекції, насінництва і генетики. Полтава: ПДАУ, 2023. С. 180–181.

10. Палазюк Б.О., Юрченко С.О. Використання електронних програм дистанційного моніторингу сільськогосподарських угідь у дослідній справі. *Урожайність та якість продукції рослинництва за сучасних технологій вирощування*: матеріали Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. присвяченої 90-річчю

з дня народження професора Г.П. Жемели (м. Полтава, 30 верес. 2023 р.). Полтава: ПДАУ, 2023. С. 232–234.

11. Палазюк Б. О., Юрченко С.О., Використання гранульованого торфу у посівах пшениці озимої. *Сільськогосподарська наука від «українського ротамстеду» до сьогодення*: збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції, 31 жовтня 2024 р., м. Полтава. С. 114–116.

12. Палазюк Б.О. Використання органічних добрив на основі торфу у посівах пшениці озимої. С. *Урожайність та якість продукції рослинництва за сучасних технологій вирощування*: матеріали Міжнар. наук.- практ. інтернет-конф. присвяченої пам'яті професора Г. П. Жемели (м. Полтава, 30 вересня 2024 р.). Полтава :ПДАУ, 2024. С. 118–120.

13. Юрченко С. О., Палазюк Б.О. Вплив мікоризного препарату на формування урожайності зерна пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.). *Аграрний бізнес: технології вирощування, зберігання, переробки зернових і олійних культур*: матеріали I міжнародної науково-практичної конференції, 22 квітня 2025 р. Полтава: ПДАУ, 2025. С. 21–23.

14. Yurchenko S. Palaziuk B. Formation of yield of soft winter wheat depending on varietal properties and the influence of biostimulants based on rhizobacteria. *Урожайність та якість продукції рослинництва за сучасних технологій вирощування*: матеріали Міжнар. наук.-практик. інтернет-конф. присвяченої пам'яті професора Г. П. Жемели (м. Полтава, 30 вересня 2025 р.). Полтава :ПДАУ, 2025. С. 144–145.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	16
РОЗДІЛ 1 АГРОТЕХНІЧНІ ОСНОВИ ЕФЕКТИВНОСТІ БІОПРЕПАРАТІВ ТА РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ У ТЕХНОЛОГІЯХ ВИРОЩУВАННЯ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ (огляд літератури)	23
1.1 Біостимулятори як чинник інтенсифікації агротехнологій та підвищення адаптивного потенціалу рослин в умовах абіотичних стресів.	24
1.2. Ефективність біостимуляторів на основі морських водоростей у технології виращування пшениці м'якої озимої.....	27
1.3. Значення біостимуляторів рослинного та амінокислотного походження у технології виращування пшениці м'якої озимої.	30
1.4. Гумінові біостимулятори у технології виращування пшениці м'якої озимої: ефективність та взаємодія з елементами живлення.	31
1.5. Мікробіологічні біостимулятори та мікоризні інокулянти у технології виращування пшениці м'якої озимої.....	34
1.6. Неорганічні та синтетичні біостимулятори у технології виращування пшениці м'якої озимої.....	47
Висновки до розділу 1.....	48
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИКА ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	50
2.1 Ґрунтово-кліматичні умови проведення досліджень.....	50
2.2. Характеристика досліджуваних сортів та біостимуляторів.....	62
2.3. Методика проведення досліджень.	65
Висновки до розділу 2.....	72
РОЗДІЛ 3 ЗАКОНОМІРНОСТІ ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ ЗА ВИКОРИСТАННЯ БІОСТИМУЛЯТОРІВ РІЗНОЇ ПРИРОДИ ТА СПОСОБІВ ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ	74
3.1. Вплив біостимуляторів на основі мікроорганізмів на врожайність пшениці озимої м'якої за передпосівної обробки насіння.	74
3.2. Вплив позакореневого застосування мікробних біостимуляторів у фазі кущення на урожайність пшениці озимої м'якої.	89
3.3. Ефективність застосування гумінових біостимуляторів в системі азотного живлення пшениці озимої.	102
Висновки до розділу 3.....	115

РОЗДІЛ 4 ЗАКОНОМІРНОСТІ ФОРМУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ ЗА ВИКОРИСТАННЯ БІОСТИМУЛЯТОРІВ РІЗНОЇ ПРИРОДИ ТА СПОСОБІВ ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ 117

4.1. Вплив біостимуляторів на основі мікроорганізмів на показники якості зерна пшениці озимої м'якої за передпосівної обробки насіння. 118

4.2. Вплив позакореневого застосування мікробних біостимуляторів у фазі кущення на показники якості зерна пшениці озимої м'якої. 129

4.3. Вплив гумінових біостимуляторів в системі азотного живлення на показники якості зерна пшениці озимої м'якої. 139

Висновки до розділу 4..... 148

РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ АГРОТЕХНІЧНИХ ЗАХОДІВ У ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ..... 150

5.1 Економічна оцінка застосування біостимуляторів..... 150

5.2. Енергетична оцінка застосування біостимуляторів..... 158

Висновки до розділу 5..... 167

ВИСНОВКИ..... 168

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ 171

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ..... 172

ДОДАТКИ 199

СПИСОК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

КУО/мл (КОЕ/мл) – Колонієутворююча одиниця на мілілітр

К – коефіцієнт енергетичної ефективності т/га — тонн з гектара

грн/га – гривень з гектара

PGPR (Plant Growth-Promoting Rhizobacteria) – це корисні ґрунтові бактерії, що мешкають у ризосфері (зоні коренів) і стимулюють ріст рослин.

МДж/га – мегаджоулів з гектара

ДСТУ – Державний стандарт України

НААН – Національна академія аграрних наук України

НІР₀₅ – найменша істотна різниця при 5 % рівні значущості

ГТК — гідротермічний коефіцієнт

N – азот

P – фосфор

K – калій

N₆₈ – норма внесення азоту в дозі 68 кг д.р./га

Σt° – сума активних температур

P мм – міліметрів опадів

°C – градусів Цельсія

R² – коефіцієнт детермінації

p – рівень значущості

АМ-гриби – арбускулярно-мікоризні гриби

ВСТУП

Актуальність теми. Пшениця м'яка озима займає провідне місце у структурі посівних площ і валових зборів зерна в Україні та є стратегічною культурою продовольчої безпеки держави й формування її експортного потенціалу. Стабільність виробництва високоякісного зерна пшениці визначає рівень забезпечення внутрішнього ринку продовольством і конкурентоспроможність аграрного сектору на світових ринках. У зв'язку з цим підвищення продуктивності культури за одночасного зростання економічної та енергетичної ефективності технологій її вирощування є одним із пріоритетних напрямів розвитку сучасного землеробства.

Питання вдосконалення технології вирощування пшениці м'якої озимої широко висвітлені у працях вітчизняних учених, зокрема В. В. Лихочвора, В. Ф. Камінського, В. В. Моргуна, В. В. Швартау, В. В. Кириленка, А. О. Рожкова, які обґрунтували теоретичні та практичні засади формування високопродуктивних агроценозів культури. Значний внесок у розвиток наукових основ застосування біостимуляторів у технологіях вирощування польових культур зробили В. В. Гангур, М. М. Маренич, С. О. Юрченко, С. М. Шакалій, а також зарубіжні дослідники P. du Jardin, Y. Rouphael, G. Colla та інші, які сформулювали сучасне уявлення про біостимулятори як ефективний інструмент підвищення адаптивності та продуктивності рослин.

Водночас в умовах Лівобережного Лісостепу України останніми роками спостерігається посилення нестабільності гідротермічних умов, що проявляється у нерівномірному розподілі опадів впродовж вегетаційного періоду, дефіциті вологи у критичні фази органогенезу та температурних коливаннях в осінньо-зимовий період. Такі зміни кліматичних чинників зумовлюють зниження реалізації генетичного потенціалу сортів, підвищення ризиків недобору врожаю та потребують удосконалення існуючих елементів технології вирощування.

У сучасних системах землеробства дедалі більшого значення набуває біологізація технологій, зокрема застосування препаратів на основі мікроорганізмів (*Bacillus*, *Azotobacter*, *Paenibacillus* тощо) та гумінових речовин. Їх використання

розглядають як перспективний напрям підвищення ефективності використання елементів живлення, оптимізації фізіолого-біохімічних процесів у рослинах, посилення стійкості до абіотичних стресів та стабілізації врожайності. Разом із тим, ефективність біостимуляторів істотно залежить від способу і строків застосування, поєднання з мінеральним живленням, сортових особливостей та конкретних ґрунтово-кліматичних умов, що потребує регіонально адаптованого наукового обґрунтування.

Недостатня узагальненість експериментальних даних щодо комплексного впливу біостимуляторів різного походження на продуктивність, якість зерна, економічні та енергетичні показники технології вирощування пшениці м'якої озимої в умовах Лівобережного Лісостепу України ускладнює формування ефективних виробничих рекомендацій.

У зв'язку з цим наукове обґрунтування доцільності та визначення оптимальних умов застосування біостимуляторів різного походження у технології вирощування пшениці м'якої озимої з урахуванням їх впливу на формування врожайності, показники якості зерна, економічну й енергетичну ефективність є актуальним науковим завданням, що має важливе теоретичне та практичне значення для агровиробництва регіону.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана відповідно до тематики наукових досліджень кафедри селекції, насінництва і генетики Полтавського державного аграрного університету, зареєстрованої в УкрІНТЕІ, за завданням: «Інноваційні прийоми підвищення продуктивності та поліпшення якості врожаю сільськогосподарських культур для цільового використання» (державний реєстраційний номер 0120U101840, період виконання 2020–2025 рр.); «Ефективність гумінових речовин та інгібіторів азоту в технологіях вирощування сільськогосподарських культур» (державний реєстраційний номер 0123U1012826, період виконання 2023–2027 рр.).

Матеріали дисертації формують наукове обґрунтування застосування біологічних препаратів і біостимуляторів у зональній технології вирощування пшениці м'якої озимої та визначають практичні підходи до підвищення

продуктивності й ефективності виробництва зерна в умовах Лівобережного Лісостепу України.

Мета і завдання дослідження. **Мета досліджень** – теоретичне обґрунтування та експериментальна перевірка ефективності застосування біостимуляторів різного походження і способів їхнього використання у технології вирощування пшениці м'якої озимої для оптимізації формування врожайності, якості зерна, а також підвищення економічної та енергетичної ефективності виробництва в умовах Лівобережного Лісостепу України

Для досягнення мети поставлено такі завдання:

- становити вплив передпосівної обробки насіння біостимуляторами мікробіологічного походження (на основі представників родів *Bacillus*, *Azotobacter*, *Paenibacillus*, *Enterococcus*, *Trichoderma*) на формування елементів структури врожаю та рівень продуктивності посівів;
- визначити ефективність позакореневого підживлення біопрепаратами мікробіологічного походження: *Bacillus*, *Azotobacter*, *Paenibacillus*, *Enterococcus*, *Trichoderma*) у фазу весняного кущення (ВВСН 21–23) на формування врожайності та показників якості зерна пшениці м'якої озимої;
- встановити та науково обґрунтувати закономірності впливу біостимуляторів на основі гумінових речовин за їх окремого та комбінованого застосування з азотними добривами шляхом позакореневого підживлення на формування елементів структури врожаю, показники якості зерна та рівень реалізації генетичного потенціалу сучасних сортів пшениці м'якої озимої;
- встановити сортову реакцію та стабільність ефекту біостимуляторів за контрастних гідротермічних умов вирощування;
- провести економічну та енергетичну оцінку застосування біостимуляторів у технології вирощування пшениці м'якої озимої та розробити науково обґрунтовані рекомендації виробництву.

Об'єкт дослідження – закономірності формування продуктивності та показників якості зерна пшениці м'якої озимої за впливу біостимуляторів різного

походження як елементів технології вирощування в ґрунтово-кліматичних умовах Лівобережного Лісостепу України.

Предмет дослідження – сорти пшениці м'якої озимої різного генетичного походження; біостимулятори на основі мікроорганізмів і гумінових речовин; способи та строки їх застосування (передпосівна обробка насіння, позакореневі обробки у фазу весняного кущення, використання на фоні азотного підживлення); показники структури врожаю, урожайності та якості зерна, а також економічні й енергетичні параметри ефективності технології вирощування в умовах Лівобережного Лісостепу України.

Методи дослідження. У ході виконання дисертаційної роботи для досягнення поставленої мети використовували комплекс загальнонаукових і спеціальних методів дослідження: польовий – для вивчення впливу біостимуляторів різного походження та способів їх застосування на ріст і розвиток рослин, формування елементів структури врожаю, рівень урожайності та показники якості зерна пшениці м'якої озимої в умовах Лівобережного Лісостепу України; лабораторний – для визначення фізико-хімічних і технологічних показників якості зерна з використанням стандартних аналітичних методик; порівняльно-розрахунковий – для визначення економічної та енергетичної ефективності застосування біостимуляторів у технології вирощування пшениці м'якої озимої; математично-статистичний – для оцінювання достовірності отриманих експериментальних даних, встановлення сили та характеру взаємозв'язків між показниками, що досліджували, з використанням методів дисперсійного та кореляційного аналізу.

Наукова новизна одержаних результатів.

Уперше в ґрунтово-кліматичних умовах Лівобережного Лісостепу України:

– теоретично обґрунтовано та експериментально доведено особливості впливу біостимуляторів різної природи і способів їх застосування (передпосівна обробка насіння, позакореневе внесення у фазу весняного кущення) на формування елементів структури врожаю та рівень продуктивності пшениці м'якої озимої;

– встановлено генотипову специфічність реакції сортів Манжелія, Богдана та Алтіго на застосування біостимуляторів за контрастних гідротермічних умов вегетації, що дозволило науково обґрунтувати диференційований підхід до їх використання з урахуванням біологічних особливостей сорту;

– науково обґрунтовано закономірності синергічної взаємодії біостимуляторів на основі гумінових речовин із азотним живленням та встановлено їхній комплексний вплив на формування показників якості зерна, а також параметри економічної й енергетичної ефективності технології вирощування;

– установлено економічну та енергетичну доцільність застосування біостимуляторів у технології вирощування пшениці м'якої озимої та визначено найбільш ефективні варіанти їх використання, які забезпечують оптимальне співвідношення між рівнем продуктивності, виробничими витратами та коефіцієнтом енергетичної ефективності.

Удосконалено науково-методичні підходи до обґрунтування способів застосування біостимуляторів різного генезису у технології вирощування пшениці м'якої озимої, які базуються на комплексному поєднанні агрономічної оцінки з економічними та енергетичними критеріями ефективності з урахуванням сортових особливостей і контрастних умов зволоження.

Набули подальшого розвитку наукові підходи щодо ролі строків і способів застосування препаратів на основі мікроорганізмів та гумінових речовин у стабілізації формування врожайності за нестійкого зволоження;

Практичне значення одержаних результатів, полягає у розробці та впровадженні удосконаленої технології вирощування пшениці м'якої озимої в умовах Лівобережного Лісостепу України, яка базується на оптимізації мінерального живлення шляхом використання біостимуляторів різної природи та комбінування їх з азотними добривами. Поєднання передпосівної обробки насіння препаратом BioNorma БіоФосфор та позакореневого підживлення стимулятором Граундфікс у фазу кущення забезпечило підвищення врожайності на 0,60–0,68 т/га, а поакореневе підживлення стимуляторами БіоСтимікс та Відновлення у баковій

суміші з N₆₈ – на 1,45–1,64 т/га порівняно з контролем навіть за контрастних умов зволоження.

Основні результати досліджень впроваджено в господарствах Полтавської області, зокрм в ФГ «Вектор-Агро» Кобеляцької ОТГ на площі 15 га, «Златопіль» Кременчуцького району на площі 8,6 га, ТОВ «ФОКС ТРЕЙД ІНВЕСТ» Полтавського району на площі 4,7 га, що забезпечило приріст урожайності пшениці озимої від 0,96 – 1,23 т/га, а також використовуються в освітньому процесі, як-от при викладанні дисциплін «Рослинництво», «Сільськогосподарська мікробіологія» та «Органічне землеробство», «Еколого-біологічне рослинництво», «Управління якістю продукції рослинництва Полтавського державного аграрного університету, Державного біотехнологічного університету (Додаток А1–А6).

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота виконана здобувачем самостійно. Автором обґрунтовано вибір напрямку досліджень, сформульовано мету та завдання роботи, розроблено програму і методику проведення експериментів; проведено польові та лабораторні дослідження, виконано обліки, статистичну обробку результатів, розрахунки економічної та енергетичної ефективності, узагальнено одержані дані, сформульовано висновки та практичні рекомендації. Основні положення та результати дисертаційної роботи відображено у наукових публікаціях за темою дослідження. У разі спільного виконання окремих етапів експериментальних робіт внесок співавторів зазначено у відповідних публікаціях.

Апробація результатів досліджень. Результати дисертаційного дослідження доповідалися та обговорювалися на засіданнях кафедри (щорічний звіт виконання плану), а також на Всеукраїнських і Міжнародних науково-практичних конференціях, симпозіумах та інтернет-конференціях аграрного спрямування, зокрема: Всеукраїнській науково-практичній інтернет-конференції *«Інноваційні технології в рослинництві – запорука сталого розвитку сільського господарства»*, присвяченій 90-річчю з дня народження В. К. Чуйка (2 грудня 2022 р., м. Полтава); Міжнародній науково-практичній інтернет конференції *«Сучасні аспекти і технології у захисті рослин»* (24 листопада 2022 р., м. Полтава); VII Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції *«Хімія, біотехнологія, екологія та*

освіта» (17–18 травня 2023 р. м. Полтава); I Всеукраїнській науково-практичній інтернет-конференції *«Сучасні напрями та досягнення селекції і насінництва сільськогосподарських культур»*, присвяченій 75-річчю заснування кафедри селекції, насінництва і генетики; Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. *«Урожайність та якість продукції рослинництва за сучасних технологій вирощування»*, присвяченій пам'яті професора Г. П. Жемели (30 вересня 2023–2025 рр., м. Полтава); Міжнародній науково-практичній конференції *«Сільськогосподарська наука від «українського ротамстеду» до сьогодення»* (31 жовтня 2024 р., м. Полтава).

Публікації. Експериментальні дані викладені у дисертаційній роботі опубліковано у 19 наукових працях, у тому числі 5 статей у фахових виданнях України, 14 публікацій у матеріалах наукових конференцій.

Структура та обсяг роботи Дисертація складається з анотації, вступу, 5 розділів, висновків, рекомендацій виробництву, списку використаних джерел та додатків. Обсяг дисертації 223 сторінки машинописного тексту, з яких 158 сторінок – основного. Робота містить 24 таблиці, 38 рисунків. Список використаних джерел охоплює 212 найменувань з яких іноземною мовою 115.

РОЗДІЛ 1
АГРОТЕХНІЧНІ ОСНОВИ ЕФЕКТИВНОСТІ БІОПРЕПАРАТІВ ТА
РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ У ТЕХНОЛОГІЯХ ВИРОЩУВАННЯ ПШЕНИЦІ
М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ
(огляд літератури)

Екологізація технологій вирощування пшениці озимої є важливим напрямом у сільському господарстві, адже вирощування сільськогосподарських культур в умовах сьогодення стикається з низкою викликів. По-перше, стрімке зростання чисельності населення світу, яке за прогнозами до 2050 року світу складатиме 9,1 мільярда, спонукає до пошуку шляхів досягнення продовольчої стабільності та екологічності продуктів харчування, що є важливою складовою існування людства [1, 2].

По-друге, зміни клімату або «кліматична криза», яка є наслідком антропогенної діяльності, зокрема і в сільському господарстві, спричиняють підвищення середньорічної температури повітря, нерівномірний розподіл опадів і зростання частоти посух та інших екстремальних явищ. Це порушує стабільність агроєкосистем і знижує ефективність традиційних технологій вирощування культур, що зумовлює потребу в адаптивних, ресурсозберігаючих та екологічно збалансованих підходах до ведення землеробства. Близько 14 % парникових газів у світі спричиняє аграрний сектор, що створює відчутний вуглецевий слід. Як наслідок відбувається підвищення вуглецевих викидів, що спричиняє глобальні кліматичні зміни [3–6].

По-третє, потрапляння різноманітних шкідливих сполук, які містяться в добривах та пестицидах, до навколишнього середовища, ґрунтів, поверхневих вод становить серйозну екологічну проблему. Мобільність цих елементів дозволяє їм досягати нецільових організмів та поширюватися у навколишньому середовищі. Водночас спостерігається зростання попиту на агрохімікати, що зумовлює їхнє надмірне використання у технологіях вирощування та формує залежність від цих

речовин, яка може мати негативний вплив на здоров'я населення та безпечність продуктів харчування [7–11].

Зменшення впливу абіотичних стресів, може бути досягнуте завдяки застосуванню біостимуляторів, які підвищують адаптивні можливості рослин [12–15]. Крім того, використання біологічних препаратів сприяє підвищенню ефективності засвоєння елементів живлення, що дозволяє оптимізувати норми мінеральних добрив [16–17]. Впровадження біологічних засобів захисту рослин також дає змогу частково зменшити пестицидне навантаження в агроценозах. Ефективність таких підходів доведена й у технологіях вирощування пшениці м'якої озимої [17–19].

1.1 Біостимулятори як чинник інтенсифікації агротехнологій та підвищення адаптивного потенціалу рослин в умовах абіотичних стресів.

Біостимулятори – це продукти переважно органічного або ж неорганічного походження, складовими яких є біоактивні речовини та/або мікроорганізми. Їхня функція полягає у стимуляції рослинного росту та позитивний вплив на продуктивність за рахунок покращення ефективності поглинання і засвоєння поживних речовин [20]. Вони покращують стійкість рослини до абіотичних стресів та мають позитивний вплив на якість урожаю [21]. Це сучасні засоби, які залежно від концентрації, можуть виступати як регуляторами росту так і поживними речовинами. Дані препарати набувають все більшого значення у питанні оптимізації використання мінеральних добрив, подолання рослиною абіотичних стресів у критичні періоди, зменшення фітотоксичної дії гербіцидів [22, 23].

Доступні на ринку біостимулятори класифікують за сировиною, яка використовується для їхнього виробництва. На даний час існує шість основних груп: морські водорості, гумінові речовини, білкові гідролізати, рослинні екстракти, неорганічні сполуки та мікроорганізми [22, 24, 25].

Найбільш дослідженим і реалізованим є використання морських водоростей в якості сировини для біостимуляторів [26, 27]. Домінуючими видами, які мають стимулюючий вплив на рослини, є: *Chlorella vulgaris*, *Acutodesmus dimorphus*,

Scenedesmus platensis, *Scenedesmus quadricauda*, *Dunaliella salina*, *Chlorella ellipsoidea*, *Chlorella infusionum*, *Chlorella vulgaris*, *Spirulina maxima* та *Calothrix elenkinii* [28, 29]. Але основна увага зосереджена на таких видах: *Ascophyllum nodosum*, *Ecklonia maxima* та *Kappaphycus alvarezii*, а також родах *Gracilaria spp* [29–32].

Гумінові речовини – це органічні сполуки природного походження, що утворюються в процесі розкладання рослинних і тваринних решток та містять значну кількість азоту й вуглецю. Залежно від значення рН їх розподіляють на три групи: гумінові речовини, розчинні в лужному середовищі, фульвокислоти – розчинні за всіх значень рН, гумін – нерозчинна форма, що залишається після екстрагування кислот і лугів, ульмінові сполуки, які у біостимуляторах сільськогосподарського призначення не є основними діючими компонентами. [33–36].

Білкові гідролізати отримують шляхом ферментативного або кислотного гідролізу білковмісної сировини, внаслідок чого утворюються амінокислоти та коротколанцюгові пептиди. Вони здатні активізувати фізіолого-біохімічні процеси в рослинах. Ці сполуки проникаючи через листову поверхню або кореневу систему, впливають на ефективність засвоєння поживних речовин, стимулюють ріст коренів, прискорюють синтез хлорофілу та посилюють антиоксидантний захист рослин [33, 37, 38].

Екстракти із частин рослинних: листя, плоди, стебла та квіти, багаті на біоактивні сполуки, здатні активувати фізіологічні процеси в рослинах і покращувати їхню продуктивність[22]. Екстракт коренів моркви, солодки, морінги олійної, завдяки високому вмісту поживних речовин, амінокислот, гормонів і антиоксидантів, ефективно стимулює ріст сільськогосподарських культур [26, 39].

Біостимулятори на основі мікроорганізмів мають в своїй основі бактерії, гриби-мікроміцети та арбоскулярні мікоризні гриби. Дані мікроорганізми виділяють з ґрунту, рослин та органічних матеріалів [40, 41]. Бактерії, що мають властивість стимуляції росту – це ризобактерії (*plant growth promoting bacteria*, PGPB), вони охоплюють такі роди: *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Acinetobacter*,

Arthrobacter, *Bacillus*, *Bradyrhizobium*, *Enterobacter*, *Rhodococcus*, *Rhizobium*, *Streptomyces*, *Ochrobactrum* та *Pseudomonas* [42–44]. За свідченням дослідників, в основі позитивної дії ризобактерій на рослину покладено принцип взаємного симбіотичного зв'язку, що в подальшому покращує доступність елементів живлення [22, 45, 46].

Серед представників з групи арбоскулярних мікоризних грибів (AMF) найбільш вивченими є *Rhizophagus spp.*, *Septoglomus viscosum*, *Septoglomus viscosum*, *Claroideoglomus etunicatum*, *Claroideoglomus claroideum* [47]. Встановлення симбіотичного взаємозв'язку мікоризних грибів з кореневою системою має позитивний вплив на продуктивність рослини [48, 49].

Широкого застосування також набуло використання біологічних препаратів на основі ендоефітного гриба *Trichoderma spp.*, що діють як біостимулятори та біофунгіциди: вони стимулюють ріст сільськогосподарських рослин через синтез фітогормонів і покращення живлення, а також пригнічують патогени завдяки мікопаразитизму, конкуренції та виділенню антимікробних речовин, одночасно активуючи імунітет рослини [50–52].

Деякі речовини синтетичного походження також можуть виступати біостимуляторами, оскільки діють як сигнальні молекули. Прикладом є фосфіти, які стимулюють ріст коренів та покращують засвоєння поживних речовин, що підвищує біомасу та стійкість рослин до абіотичних стресів. Вони активують гени, пов'язані з гомеостазом заліза і нітратредуктазою, які покращують газообмін, таким чином, і ефективність використання води. Це робить фосфіти перспективним засобом для підвищення врожайності в сучасному сільському господарстві [53]. Їхнє застосування дає змогу фермерам зменшити використання хімічних речовин, зокрема синтетичних азотних добрив, без негативного впливу на врожайність і вміст білка в зерні [54, 55].

Механізм дії біостимуляторів на рівні фізіології рослини досі вивчений недостатньо [26]. Це пов'язано з їх багатокомпонентним складом, що ускладнює аналітичні дослідження [56]. За іншими даними, дослідження цього механізму є тривалим і трудомістким процесом [57]. В агрономічних дослідженнях

біостимулятори застосовують на різних етапах вирощування: за передпосівної обробки насіння, обприскування листової поверхні, внесення в ґрунт або під час зрошення[58]. Також біостимулятори мають властивість зменшувати фітотоксичний вплив гербіцидів, водночас питання все ж залишається дискусійним, адже існують дослідження, які не підтверджують дану тезу [59]. Виявлено, що застосування комбінації гербіциду (кломазон + метрибузин) та біостимуляторів (PlonoStart, Aminoplant та Agro-Sorb Folium) може призводити до збільшення врожайності посівів пшениці на рівні 14,7%, залежно від біостимулятора, гербіциду, року та способу застосування (суміш або послідовно) [60].

З огляду слідує, що актуальним є вивчення ефективності застосування біостимуляторів на різних етапах вирощування сільськогосподарських культур, зокрема і пшениці озимої, а також аналіз впливу агротехнічних та екологічних чинників на їхню дію з урахуванням сучасних результатів досліджень.

1.2. Ефективність біостимуляторів на основі морських водоростей у технології вирощування пшениці м'якої озимої.

S. Stamatiadis та інші упродовж трьох років досліджували застосування екстракту морської водорості *Ascophyllum nodosum* із родини бурих водоростей на різних стадіях росту пшениці озимої. Найкращі результати спостерігались у разі внесення у фазі кущення, що сприяло збільшенню врожайності в середньому на 17%, за рахунок покращення засвоєння елементів живлення. Рівень впливу екстракту варіював за роками через мінливість погодних умов та особливості ґрунту. Було встановлено, що накопичення азоту в зерні лінійно корелювало з урожайністю, що вказувало на ключову роль азоту в дії біостимулятора [61].

G. Macra та F. Sala досліджували вплив різних норм застосування *Ascophyllum nodosum* – 500 г/л, на фоні різних доз азотних добрив. Виявлено, що біостимулятор позитивно впливає на врожайність пшениці озимої та підсилює засвоєння азотних добрив. У ході досліджень встановлено, що найбільш доцільним є застосування 2,5 л/га біостимулятора на фоні 188,4 кг д.р./га азоту [62]. Подібні

результати отримали J. Li та інші [63], які зазначають, що використання таких біопрепаратів дозволяє зменшити норми внесення азотних добрив на 20–30% у посівах пшениці озимої без втрати врожайності за рахунок покращення засвоєння азоту та підвищення активності ґрунтових ферментів. При цьому такі препарати мають певний позитивний вплив на біологічні та фізико-хімічні властивості ґрунту [64].

Ł. Łangowski та інші, досліджуючи *Ascophyllum nodosum*, наголошують на важливості точного складу та технології виробництва біостимуляторів. Завдяки цьому препарат значно покращив ріст пшениці та засвоєння азоту, сприяв збільшенню біомаси, вмісту амінокислот і активності генів, пов'язаних з азотним обміном, у порівнянні з двома іншими комерційними біостимуляторами [65].

У дослідженнях О. Соколовської-Сергієнко, встановлено, що позакореневе застосування мікродобрив-біостимуляторів на основі екстракту водоростей та амінокислот у посушливих умовах дозволило зберегти фотосинтетичний апарат пшениці озимої сорту Малинівка та знизити стресову реакцію рослин. Обробка препаратом на основі *Ascophyllum nodosum* забезпечила достовірне збільшення врожайності (на 15%), що свідчить про ефективність біостимуляторів в умовах дефіциту вологи [66]. У дослідженнях L. Somai-Jemmalі та інших зазначається, що екстракт *Ascophyllum nodosum* має здатність до індукування стійкості м'якої пшениці до *Zymoseptoria tritici*, пригнічуючи споруляцію патогена та активуючи захисні механізми рослин без прямої фунгіцидної дії [67].

В свою чергу С. Sîrбу досліджували біостимулятор на основі *Ascophyllum nodosum*, де в склад включені білкові гідролізати та гумінові речовини. Ними виявлено, що використання для позакореневого внесення 0,5% розчину біостимулятора дає змогу підвищити врожайність на 36,5 %. При цьому спостерігали збільшення вмісту хлорофілу в листках у порівнянні з варіантом, де препарат не застосовували [68].

А. Дубицький та інші у своїх дослідженнях відзначають, що застосування препаратів на основі гумінових речовин та використання *Ascophyllum nodosum* підвищувало вміст хлорофілу (a+b) у листках, що сприяло збільшенню кількості

зерен в колосі та масу 1000 зерен. Це дозволило підвищити урожайність культури на 52,3–59,4 % [69, 70].

Дослідження свідчать, що використання біологізованих систем удобрення, які включають соломку кормових бобів, мінеральні добрива ($N_{90}P_{60}K_{60}$ або $N_{150}P_{120}K_{120}$), біостимулятори (зокрема цитокініновмісний препарат на основі *Ascophyllum nodosum* з вмістом амідного азоту – 3 %, фосфору – 3 % та калію – 30 %) і гумусне добриво (що містить гумінові кислоти 19–21 %, фульвокислоти 3–5 %, органічну речовину до 30 %) забезпечує приріст урожайності пшениці озимої до 3,0 т/га порівняно з контролем. Водночас покращувалися елементи структури врожаю, а також якість зерна: вміст білка – до 12,2 %, клейковини – до 25,9 % [71].

Р. Findura та інші досліджували вплив біопрепаратів, в основу яких входять дегідратовані морські водорості, а саме: Neosol (активатор ґрунту), біостимулятор Explorer (активатор ризосфери) та АКЕО (активатор мінерального добрива, Olmix Group), на ґрунт та врожайність культур, зокрема пшениці озимої. На варіанті застосування біостимулятора Explorer дослідники зазначають прибавку на рівні 12,9 %, 4,56 т/га в порівнянні з 4,04 т/га на контрольній ділянці [72].

Позитивний вплив на схожість насіння, початковий ріст та урожайність пшениці має CO_2 -екстракт водорості *Spirulina platensis* з додаванням амінокислот та мікроелементів. Фітотоксичність у даного препарату не спостерігали. Крім того, екстракт продемонстрував антимікотичну активність проти 6 із 9 штамів грибкових патогенів, що підтверджувало його комплексну дію як біостимулятора і засобу біологічного захисту [73].

У дослідженні встановлено, що поєднання хітозану з біомасою мікроводоростей (*Nostoc piscinale*) позитивно впливає на вміст фотосинтетичних пігментів у пшениці навіть за зниження азотного живлення (50% від норми). Зокрема, суміш біостимуляторів забезпечила найвищий вміст хлорофілу (1,4 мг/г) та каротиноїдів (0,34 мг/г сирової маси), що перевищувало значення на контролі за умови повного внесення NPK (відповідно 1,29 та 0,30 мг/г). Це свідчить про потенціал комбінованого використання хітозану та мікроводоростей як ефективної біостимулюючої технології за зменшення дози азотних добрив [74]. М. Корхова та

інші доводять, що застосування суспензії хлорели за допосівної обробки насіння пшениці має позитивний вплив на продуктивність посівів та в середньому дозволяє отримувати додатково 0,22 т/га врожаю зерна культури [75].

У дослідженнях М. Lamnganbi та інших зазначається, що обробка рослин пшениці біопрепаратами на основі водоростей не призводила до істотних змін щодо продуктивності рослин, вони позитивно впливали на ефективність поглинання азоту, при цьому рід чи штамп водоростей значення не мали. Водночас відзначено, що є певний потенціал у напрямку застосування та розвитку ринку і наповнення номенклатурного переліку таких препаратів. [76].

1.3. Значення біостимуляторів рослинного та амінокислотного походження у технології вирощування пшениці м'якої озимої.

Е. Zaghloul та інші досліджували вплив на посіви пшениці триразового позакореневого застосування біостимуляторів, зокрема 2 % екстрату листя морінги, 2 % екстракту кореня солодки, 2 % екстракту імбиру, на фоні різних органічних добрив. У разі комплексного застосування біогумусу та триразового обприскування посівів 2 %-им екстрактом листя морінги відзначено збільшення урожайності зерна культури на 27 % [77].

С. Maksoud та співавтори зауважили, що використання екстракту з листя лавсонії безлистої (*Lawsonia inermis*) для обробки насіння та позакореневого підживлення пшениці озимої сприяло збільшенню продуктивності посівів. Так, найбільш ефективним виявилось позакореневе його застосування, яке забезпечило приріст урожаю біля 30 % [78].

Д. Волгін та В. Гавій досліджували вплив передпосівної обробки насіння пшениці озимої різними концентраціями (3 %, 6 %, 15 %, 30 %) екстракту із зерна вівса. Зазначено, що ефективність дії витяжки проявляється шляхом підвищення вмісту хлорофілів а і b у листках, зокрема на 26,6–58,9 % порівняно з контролем, а також збільшення площі листової поверхні. Найвищі значення зафіксовано за використання 3 %-го і 30 %-го розчинів [79].

За даними D. Gendaszewska та інших, застосування білкових біостимуляторів на основі колагену, кератину, саліцилату натрію та аскорбату титану сприяло підвищенню вмісту фотосинтетичних пігментів (хлорофілу та каротиноїдів) у листках пшениці озимої. Це може свідчити про позитивний вплив біостимуляторів на інтенсифікацію біохімічних процесів у листковому апараті рослин. Також встановлено, що ефективність екстракції пігментів значною мірою залежала від типу розчинника [80].

V. Maignan та інші зазначають, що застосування різних біостимуляторів на основі амінокислот в поєднанні з азотними добривами призводять до кратного збільшення врожайності (до 51,7 %) за рахунок збільшення озерненості колоса. Вони наголошують, що складно встановити за яким механізмом біостимулятори вплинули на підвищення урожайності, але дійшли висновку, що це відбувається за рахунок сильного впливу на розподіл азоту. Завдяки значному впливу біопрепаратів після стадії колосіння на поглинання та ефективність ремобілізації азоту, покращилась ефективність формування зерен та збільшилась їхня кількість в колосі. Також встановлено, що препарати, які досліджували, ефективно впливали на регуляцію синтезу білка в зерні пшениці. При цьому спостерігали зменшення вмісту альфа-гліадинів, покращення білкового складу зерна, підвищення стійкості до біотичних та абіотичних стресів [81–83].

Застосування біостимулятора, до складу якого входять амінокислоти (суміш аспарагінової кислоти, аргініну, гліцину та триптофану), в разі застосування 1,5 л/га на фоні використання компосту та азотних добрив, дозволяє підвищити урожайність на 0,9 та 1,36 т/га [84].

1.4. Гумінові біостимулятори у технології вирощування пшениці м'якої озимої: ефективність та взаємодія з елементами живлення.

М. М. Маренич, В. В. Гангур та інші зазначають, що використання препаратів на основі гумінових кислот дає змогу підвищити ефективність вирощування пшениці озимої на фоні застосування азотних добрив. Азотні добрива у вигляді аміачної селітри (200 кг/га) вносили поверхнево разом з гранульованим

препаратом 5R Soil boost (11 кг/га), а також поєднували із дворазовим застосуванням препарату 4R Foliar concentrate (2 кг/га), шляхом позакореневого підживлення у фазі кущення (ВВСН 23–28) та у фазі формування колоса (ВВСН 51–55). В разі комплексного застосування було відзначено максимальне підвищення урожайності, зокрема на 20–22 % (від 5,17–4,95 т/га до 6,32–6,10 т/га по двох сортах, які вивчали). На варіантах досліду, де вносили лише гранульований гуміновий препарат або проводили дворазове позакореневе підживлення, рівень урожайності склав, відповідно 5,75–5,37 т/га (8,5–11,2 % приросту до контролю) та 5,97–5,87 т/га (15,5–18,6 % приросту до контролю) [85, 86]. В іншій публікації авторів відзначено, що у разі обробки насіннєвого матеріалу гуміновими препаратами можливе підвищення врожайності до 28 %, хоча окремі сорти статистично достовірної приросту не демонстрували. Встановлено, що застосування таких препаратів покращує розвиток культури на початкових етапах органогенезу [87]. М. Новохацький також підтверджує ефективність гумінових речовин та відмічає збільшення маси зерна з колоса, маси 1000 насінин та середнього приросту врожайності до 30 % [88]. І. Гуляєва та інші спостерігали збільшення енергії проростання та інгібування токсичного впливу протруйника за умови обробки насіннєвого матеріалу гуміновими стимуляторами [89].

Г. Чугрій та О. Вінюков встановили, що обробка пшениці озимої гуматами «Росток» у різні фази вегетації підвищує висоту рослин, коефіцієнт продуктивного кушіння до 55,6 % та врожайність зерна до 3,8 т/га. Найкращі результати досягнуто у разі багаторазового внесення добрив, зокрема у фазах кущення, виходу в трубку та молочної стиглості. Комплексне застосування стимулює фізіологічні процеси та покращує формування врожаю [90]. За даними Е. Arslan та інших, гумінові кислоти не лише стимулювали ріст, а й молекулярно активували захисні механізми, тобто можуть підвищувати посухостійкість пшениці [91]. За результатами досліджень В. В. Гангур із співавторами дійшли висновків, що додавання гумінових стимуляторів до бакової суміші із протруйником Юнта квадро дозволяє збільшити врожайність пшениці озимої відносно контрольного варіанту: мінімальний приріст – 0,88 т/га або 18,4 %, а найбільший – 1,37 т/га або 29,9 % [92].

За результатами досліджень інших науковців встановлено, що ці речовини сприяють підвищенню ефективності застосування гербіцидів і посиленню захисної дії препаратів фунгіцидної дії [93]. Використання гуматів у суміші з пестицидами дозволяє зменшити норми внесення останніх без зниження їх ефективності. Урожайність у таких комбінаціях зростає в середньому на 30 % з фунгіцидами та протруйниками або в 1,8 раза з гербіцидами [94].

Ефективність застосування гумінових препаратів та азотних добрив підтверджують І. Короткова та В. Карасенко, відзначаючи збільшення продуктивного кущення на 17,1 %, маси зерен з рослини на 22,4 %, маси 1000 зерен на 11 % [95]. Підвищення врожайності становило 21 %, а рентабельність вирощування зерна культури 142 % [96].

У дослідженнях Р. Ning та інших зазначається, що позакореневе підживлення біостимуляторами у комплексі із цинком істотно впливало на концентрацію та біодоступність цього елементу живлення у зерні пшениці. Найбільший ефект забезпечили фульвокислоти та амінокислоти. Концентрація цинку в зерні перевищувала 45 мг/кг, що на 19–23 % більше порівняно з внесенням лише Zn. Фульвокислоти сприяли переважно накопиченню нерозчинного Zn, тоді як амінокислоти – як розчинного, так і нерозчинного (особливо за внесення 120 кг N/га). Крім того, Zn та амінокислоти підвищували вміст Fe до 46,7 мг/кг і N до 2,34 %, що вказує на загальне покращення поживної цінності зерна. Такі біостимулятори як екстракти морських водоростей та мікробні інокулянти не мали вираженого ефекту, що, ймовірно, пов'язано з видовими особливостями та способом внесення [97].

У гідропонному досліді S. Khan та інші вивчали вплив біостимулятора на основі гетерополіоксометалатів із гуміновими кислотами на зменшення фітотоксичного впливу селену у посівах пшениці. Застосування біостимулятора, особливо за кореневого внесення, сприяло збільшенню біомаси коренів та пагонів, зменшуючи прояви стресу, спричиненого селеном. Також відзначено покращену транслокацію селену з коренів у надземну частину та вплив на мінеральне

живлення й фітогормональний профіль. Таким чином, біостимулятор потенційно зменшував фітотоксичність селену [98].

1.5. Мікробіологічні біостимулятори та мікоризні інокулянти у технології вирощування пшениці м'якої озимої.

Польові дослідження 2022–2023 рр., які провели R. Górski та інші, показали, що застосування бактеріального препарату на основі *Azotobacter* та *Arthrobacter* у поєднанні з азотним мінеральним живленням забезпечувало найбільш виражений ефект. При цьому урожайність зерна збільшувалася в середньому на 17 %, кількість продуктивних стебел на 1 м² – на 15 %, довжина колоса – на 5 %, маса 1000 зерен – на 3 %. Використання препарату дозволило зменшити норму мінерального азоту на 33 % без зниження врожайності, що свідчить про доцільність інтегрованого застосування біопрепаратів у технології вирощування пшениці озимої [99].

А. Шувар та інші встановили, що застосування препарату на основі *Agrobacterium radiobacter* (0,4 л/т) для обробки насіннєвого матеріалу і речовин на основі *Azotobacter chroococcum* (0,6 л/га) та продуктів життєдіяльності грибів-мікроміцетів за позакореневого підживлення, сприяло підвищенню урожайності пшениці озимої сорту Фаворитка до 3,6–3,7 т/га, що на 0,4–0,5 т/га перевищувало контроль. Рівень рентабельності вирощування культури становив 115–135 % [100].

Дворічний польовий експеримент у виконанні Н. S. Saudy та інших показав, що поєднання гумінових речовин із 192 кг N/га та позакореневого підживлення амінокислотами, *Azotobacter* і дріжджами забезпечило активний ріст рослин та формування максимального врожаю пшениці. Зниження норми азоту до 144 кг/га у такій же комбінації дозволило зекономити 25 % добрив без втрати врожайності, підвищивши ефективність використання азоту [101].

У дослідженнях проведених в умовах Польщі, де спостерігалася висока засоленість (електропровідність насиченої ґрунтової витяжки до 44,8 г/л) ґрунтів, штам *Azotobacter chroococcum*, ізолюваний із ризосфери пшениці, показав високу ефективність у посиленні стійкості рослин до сольового стресу. Інокуляція насіння пшениці цим штамом за умов 11,7 г NaCl/л сприяла покращенню проростання

насіння на 130 %, вмісту хлорофілу *b* на 40 %. Бактерії успішно колонізують кореневу систему рослини і потенційно можуть бути використані як ефективний біоінокулянт для рекультивованих та засолених сільськогосподарських земель [102].

А. Давтяном та іншими встановлено, що обробка насіння препаратом на основі бактерій *Azotobacter* сприяла зростанню довжини надземної частини рослин пшениці на 20,9 см, підвищенню вмісту азоту в зерні на 1,9 %, вмісту сирого протеїну на 2,2–2,8 %, а також збільшенню розміру зерен і загальної врожайності культури. При цьому урожайність збільшилася на 0,2 т/га, що відповідає 8 % прибавки, за рівня урожайності 2,7 т/га [103]. В інших дослідженнях інокуляція насіння пшениці штамом *Azotobacter chroococcum* позитивно впливала на енергію проростання (зросла на 1–9 %), життєздатність насіння (на 2–8 %), а також забезпечила збільшення врожайності на 16 %, особливо за умов низького азотного живлення [104]. Дослідження проведені в умовах польового досліду УкрНДСКР ІЗР НААН свідчать, що інокуляція *Azotobacter chroococcum* сприяла покращенню параметрів структурних елементів урожаю озимої пшениці сорту Фаворитка, зокрема урожайність підвищилася на 10 %, маса 1000 зерен – на 7,5 %, довжина колоса – на 9,9 %, кількість зерен у колосі – на 9 %, а маса зерна з колоса – на 5,3 % [105].

О. О. Вінюков із співавторами стверджують, що фони живлення мають ключовий вплив на рентабельність вирощування пшениці озимої, але при цьому відзначають позитивний економічний ефект від використання препаратів на основі *Azospirillum brasilense* (азотфіксуючої бактерії), які формували урожайності зерна культури на рівні 4,5 т/га (плюс до контролю 66,7 %) на фоні мінерального живлення та 3,5 т/га (плюс до контролю 31,1 %) на фоні використання органічних добрив [106]. Застосування мікроорганізмів, зокрема *Azotobacter* spp., дозволяє збільшити вміст органічного вуглецю та загального азоту [107].

У Бразилії, в умовах зрошення інокуляція пшениці різних сортів бактеріальним препаратом на основі *Azospirillum brasilense* стимулювала накопичення макро- і мікроелементів у надземній масі. Зокрема, у сорту CD150

вміст В, Fe і Mn підвищився, відповідно, на 43,8, 49,9 і 22 %. У сорту CD1104 спостерігали підвищення В та Cu, відповідно, на 27,7 % і 57,4 %. Також у сорту CD150 зафіксовано збільшення накопичення азоту на 35,5 кг/га. Водночас урожайність залишалася стабільною, що свідчить про потенціал *A. brasilense* у підвищенні ефективності живлення без збільшення дози добрив [108].

М. Korkhova із співавторами виявили, що умови зволоження та передпосівна обробка насіння біологічними препаратами істотно впливали на польову схожість, виживаність рослин і формування елементів структури врожаю сортів м'якої озимої пшениці. Найкращі показники виживаності рослин спостерігали у разі обробки насіння препаратом на основі *Azotobacter chroococcum* за умов зрошення та препаратом на основі грибів *Glomus VS* та *Trichoderma Harzianum* без зрошення. Обробка *Azotobacter chroococcum* дозволила отримати прибавку урожайності на рівні 0,78 т/га [109].

Результати дослідження одержані в умовах ННПЦ Миколаївського НАУ свідчать про підвищення врожайності у варіантах сумісної обробки насіння препаратом на основі *Azotobacter chroococcum* та препаратом на основі *Bacillus subtilis*. Урожайність пшениці збільшилася на 0,17–0,52 т/га або на 3,1–9,4%. Найвищу врожайність формував сорт Дума одеська (6,09 т/га) [113]. Схожі результати наводить І. Смірнова, де застосування препарату на основі *Azotobacter chroococcum* дозволило отримати приріст врожайності зерна пшениці 0,36 т/га у середньому по на 10 сортах, тоді як *Bacillus subtilis* – 0,14 т/га, а комплексне застосування препаратів забезпечило збільшення зернової продуктивності культури на 0,56 т/га [114]. Застосування таких препаратів дозволяє формувати максимальні лінійні розміри рослин та накопичувати сиру та суху біомасу [115].

Н. Пінчук та інші підтверджують ефективність *Azotobacter chroococcum* за обробки насіння, що сприяло одержанню прибавки врожаю пшениці на рівні 0,48 т/га. Комплексне застосування біопрепаратів зумовлювало істотне збільшення урожайності, зокрема на 1,09–1,22 т/га за рахунок зростання густоти рослин на 13 шт/м², продуктивного кущення на 0,3 стебел/рослина, зменшення ураження кореневими гнилями на 3,9–5,8 %. Водночас також відзначено підвищення

зимостійкості на 2,7–4 %, покращення весняного кущення на 106 шт./м², збільшення кількості зерен на 2,9–3,4 шт./росл., маси зерена з колоса – на 0,43–0,46 г, маси 1000 зерен – на 5,9–6,1 г [110–112].

В. Game та інші зазначають, що обробка насіння пшениці комплексним біопрепаратом (*Azotobacter*, фосфат- та каліймобілізуючі бактерії) у поєднанні з повною дозою мінеральних добрив сприяла формуванню урожайності на рівні 4,4 т/га, що перевершило варіант із внесенням лише мінеральних добрив на 0,2 т/га. Також спостерігали збільшення кількості пагонів, висоти рослин, маси 1000 зерен і поліпшення мікробіологічної активності ґрунту. Використання лише біодобрив без мінерального живлення мало обмежену ефективність щодо врожайності, однак позитивно впливало на активність ризосферної мікрофлори, що вказує на потенціал поєданого застосування біологічних і речовин мінерального живлення [116].

Дослідження в Індії показали, що несення у ґрунт *Azotobacter* та фосфатмобілізуючих бактерій разом із 75 % норми азотних та фосфорних добрив дозволяє досягти врожайності пшениці, співставної з повною дозою мінерального живлення. Зокрема, використання рідких біопрепаратів (625–1250 мл/га) підвищувало врожайність зерна на 10–11 % порівняно з контролем (75 % застосованих добрив без біопрепаратів), а також покращувало поглинання макроелементів та мікробіологічну активність ґрунту. Внесення біопрепаратів у ґрунт виявилось ефективнішим, ніж обробка насіння, що підтверджує потенціал зниження дози добрив без втрати продуктивності [117].

І. Din та інші., зазначають, що інокуляція насіння пшениці штамми *Azospirillum* Er-20 та *Pseudomonas* K-1 у поєднанні з внесенням азоту у рівних частках з гною та сечовини (по 50 %) значно покращила показники росту, азотного живлення та підвищила врожайність зерна до 4,0 т/га. Зокрема, спостерігалася сильна кореляція врожайності з швидкістю росту культури ($r = 0,76$), фізіологічною ефективністю використання азоту ($r = 0,68$) та індексом врожаю азоту ($r = 0,72$), що свідчить про ефективне використання азоту [118].

Інокуляція штамми *Bacillus simplex* і *Bacillus pumilus* позитивно впливає на ріст і розвиток рослин пшениці озимої. Результати досліджень С. Oksel та інш.

щодо врожайності зерна свідчать про те, що відповідні штами здатні підвищувати її на 9,62–29,29 % завдяки збільшенню озерненості колоса. На думку авторів, зазначені речовини можуть слугувати альтернативою синтетичним хімічним добривам або сприяти зниженню обсягів їх застосування, через збільшення стійкості пшениці озимої до ґрунтових патогенів [119].

І. Дерев'янка зазначає, що ефективним є застосування біопрепарату на основі бактерій *Bacillus subtilis*, *Azotobacter vinelandii*, *Pseudomonas chlororaphis*, *Rhizobium*, *Bacillus megaterium*, молочнокислих бактерій і спор грибів *Trichoderma viride* разом з КАС-32 під час позакореневого підживлення. Таке поєднання забезпечувало найбільшу врожайність (до 4,3 т/га). Відзначено покращення якості зерна – підвищення білка на 6,3 % і клейковини на 15,6 %, збільшення кількості зерен у колосі та маси 1000 зерен [120].

В. Поліщук та Д. Коновалов зазначають, що використання продукту на основі життєдіяльності грибів-мікроміцетів у концентрації 1 г/л (насичені і ненасичені жирні кислоти, полісахариди, 15 амінокислот, аналоги фітогормонів цитокінінової та ауксинової природи), як елемента біологізації на фоні енергонасиченої технології вирощування, дозволило підвищити масу 1000 зерен та сформувати вихід кондиційного насіння на рівні 73,6–75,6 % [121]. В інших дослідженнях Д. Коновалов із співавторами зазначають, що поєднання вище зазначеного препарату з мікродобривом на основі цинку, марганцю, бору та інших мікроелементів сприяє істотному підвищенню продуктивності пшениці в умовах нестійкого зволоження. Урожайність насіння за комплексної обробки зростала до 5,8 т/га (0,7 т/га прибавки до контролю), вихід кондиційного насіння становив 78 % (прибавка 6%). Також спостерігали підвищення енергії проростання на 7 %, схожості на 6 % та маси 1000 зерен на 3,6 г. Отримані результати підтверджують ефективність застосування таких біоактивних речовин у поєднанні з мікроелементним живленням для підвищення урожайності та якості насіння пшениці озимої в умовах недостатнього зволоження [122].

Різні біостимулятори на основі *Azotobacter* sp. *Paenibacillus polymyxa*, *Bacillus mojavensis*; *Bacillus amyloliquefaciens*; *Bacillus megaterium*; *Trichoderma*

harzianum, які досліджували за окремого застосування та комплексного. У разі комплексного застосування відбувається накопичення водорозчинного вуглецю, гумінових речовин у ґрунті, активізуються мікробіологічні процеси (зокрема, вивільнення CO₂), покращується розкладання рослинних решток. Інтенсивність викидів CO₂ з ґрунту була вищою на початку та в середині вегетаційного періоду, а в кінці вирівнювалася [123].

Також проведено ряд демонстраційно-показових дослідів, де біостимулятор містив у своєму складі стимулюючі бактерії, мікоризні гриби, екстракти морських водоростей. J. Rukaitė із співавторами стверджують, що застосування біопрепарату із вище зазначеним складом дозволило заощадити 23–37,3 % азотних добрив [124]. G. A. El-Sorady та інші дійшли схожого висновку, що застосування бактеріальних інокулянтів дозволяє до 25 % зменшити використання мінеральних добрив [125].

С. Каленська та О. Гордина зазначають ефективність біопрепарату, до складу якого входять *Bacillus subtilis*, *Bacillus Azotofixans*, *Bacillus megaterium*. За застосування препарату урожайність збільшується на 0,87 т/га, у разі комплексного застосування з мікродобривами збільшення урожайності становило 0,92 т/га [126, 127].

У дослідженні Radzikowska-Kujawska D. та інших, підтверджується ефективність підвищення стійкості пшениці озимої до посухового стресу у разі застосування чотирьох комерційних біостимуляторів. Встановлено, що препарати на основі штамів *Bacillus sp.* і *Bacillus velezensis* мали найвиразніший позитивний вплив. Вони сприяли збереженню фотосинтетичної активності, зниженню ступеня пошкодження фотосинтетичного апарату та забезпечили продуктивність на 38 % вищу в порівнянні з контролем за умов водного дефіциту [128].

Дослідженнями встановлено, що застосування біостимуляторів сприяло збільшенню урожайності пшениці, особливо за системи no-till з покривними культурами. Найвищі показники врожайності (до 6,54 т/га) отримано за рахунок внесення комбінацій біостимуляторів на основі *Trichoderma sp.* та *Azotobacter sp.* Це підтверджує, що застосування біостимуляторів, особливо у поєднанні з

формами ресурсощадного землеробства, є ефективним підходом сталого вирощування пшениці [129].

Інокуляція пшениці (*Triticum aestivum* var. LG-Auriga) препаратом на основі бактерій *Methylobacterium symbioticum* у польових умовах (Італія, 2022–2023 рр.) за зменшеної дози азоту (130 кг/га) сприяла збереженню фотосинтетичної активності, підвищенню продигової провідності, ефективності фотосистеми II та уповільненню старіння листя. Біодобрення не впливало на врожайність, але покращувало якість зерна – зросло співвідношення глютеніну до гліадину та сила тіста [130].

С. Шакалій та інш. відзначають ефективність комплексного використання препарату на основі *Enterobacter nimipressuralis* та *Pseudomonas* за передпосівної обробки на фоні без добрив дозволило отримати прибавку 0,38 т/га зерна пшениці. У разі вирощування культури на фоні K_{59} урожайність підвищилася на 0,33 т/га, а за внесення добрив у дозі $N_{40}P_{59}K_{59}$ – 0,55 т/га [131].

Ефективність *Pseudomonas fluorescens* описують А. Баган та В. Гурба, які відзначають, що обробка ними насіннєвого матеріалу пшениці озимої дозволяє збільшити масу колоса на 10,1 %, кількість зерен у колосі на 8,1 %, масу зерен з колоса на 12 %, масу 1000 зерен на 7,0 %, урожайність на 7,2 %. Також зафіксовано посилення енергії проростання на 5,3 % [132].

Застосування у вигляді підживлення препарату (у складі: *Bacillus velezensis* (*Bacillus subtilis*), *Agrobacterium pusense* (*Azotobacter chroococcum*), *Paenibacillus polymyxa*, *Enterococcus hirae* (*Enterococcus faecium*), *Lactobacillus delbrueckii* sp. *bulgaricus*) за попередника чорний пар та дози мінеральних добрив $N_{64}P_{64}K_{64}$ дозволило сформувати урожайність 7,19 т/га, що на 1,67 т/га або на 30,3 % більше від контрольної ділянки [133].

Результати досліджень D. Chandra та A. Sharma демонструють виражений позитивний ефект оброблення насіннєвого матеріалу пшениці комплексом ризобактерій (*Ochrobactrum anthropi*, *Pseudomonas palleroniana* та *Pseudomonas fluorescens*), що дало змогу підвищити значення елементів структури урожайності:

масу 1000 зерен, кількість зерен в колосі та кількість продуктивних пагонів. У підсумку це призвело до зростання врожайності зерна на 74 % та виходу соломи.

У дослідженні А. Дацько та інших встановлено, що обробка насіння пшениці озимої мікробними препаратами сприяла підвищенню врожайності від 0,11 до 0,56 т/га або 2,1–10,4 %. Найвищу ефективність продемонстрував препарат в основі якого були бактерії з роду *Bacillus* або *Pseudomonas*. Його застосування забезпечило приріст урожайності зерна на рівні 0,56 т/га (10,4 %). Обробка біопрепаратами також позитивно вплинула на морфологічні показники колоса і сприяла кращій реалізації потенціалу рослин [134].

За даними Z. Wang та інших, інокуляція фосформобілізуєчими бактеріями (*Pseudomonas moraviensis*, *Bacillus safensis*, *Falsibacillus pallidus*), за вирощування культури на фоні фосфорного удобрення, забезпечила приріст урожайності пшениці на 14,4 % вищий відносно контролю. Крім того, інокуляція сприяла зростанню лабільної фракції фосфору в ґрунті на 122 % та зниженню стабільної на – 47%, а також підвищила біомасу й активність ґрунтових мікроорганізмів. Це свідчить про потенціал у підвищенні доступності фосфору та сталому збагаченні ґрунтів без необхідності збільшення норми мінеральних добрив [135].

Л. Шевченко та інші стверджують, що інокуляція насіннєвого матеріалу пшениці, за умови комбінованого застосування суспензій бактерій *Azospirillum sp.* та *Bacillus sp.*, сприяла одержанню приросту урожайності на рівні 0,7–0,8 т/га. Тоді як за застосування суспензій окремо, не досягнуто статистично достовірного приросту урожайності [136].

С. Заєць із співавторами зазначають, що використання препарату, який містить в своєму складі комплекс бактерій: *Azotobacter*, *Rhizobium*, *Bradyrhizobium Subtilis*, *Cereus*, *Megaterium*, *Lactobacillus*, *Trichoderma*, є найвигіднішим у порівнянні з іншими подібними продуктами та забезпечує додаткове одержання 0,98 т/га зерна, за рентабельності вирощування 101 % [137].

Як зазначає М. Поліщук інокуляція насіння біопрепаратами на основі *Agrobacterium radiobacter* та *Enterobacter nimipressuralis* сприяла збільшенню кількості рослин на 11,4–13,2 %. На фоні *Agrobacterium radiobacter* кущистість

зросла на 19,0 % порівняно з контролем, а висота рослин у фазу трубкування підвищилася на 3,3 % (33,2 см). Максимальна площа листкової поверхні досягала 46,1 тис. м²/га за сумісного застосування *Agrobacterium radiobacter* та *Enterobacter nimipressuralis*, що на 29,5 % більше, ніж на контролі. Фотосинтетичний потенціал підвищився до 267,4 тис. м²/га×діб (приріст 43,9 % до контролю) [138].

V. Hansen та інші встановили, що інокуляція пшениці озимої грибом *Penicillium bilaiae* та бактерією *Bacillus simplex* сприяла засвоєнню фосфору, магнію, марганцю та сірки в умовах низького вмісту фосфору в ґрунті. Комбіноване внесення інокулянтів виявилось ефективнішим за окреме, хоча істотного впливу на приріст біомаси не зафіксовано [139].

Також біопрепарати на основі екстракту морських водоростей, мінеральних олій, бактерій *Azotobacter vinelandii*, гумінових кислот можуть ефективно використовуватися для біорегенерації ґрунту. У результаті виробництва пшениці озимої може стати економічно вигіднішим: уже після першого року доходи фермерів можуть збільшитися на 4–11 %, після двох – на 3–17 %, а після трьох – на 7–40 % завдяки зниженню витрат та підвищенню ефективності системи живлення [140].

Л. Коломієць зазначає, що ефективність біопрепаратів не залежить від способу обробітку ґрунту, та наводить результати досліджень, де один з біопрепаратів містив активні штами азотфіксуючих, фунгіцидних, фосфор- та каліймобілізуювальних бактерій, фітогормонів, вітамінів і елементів мінерального живлення. Інший препарат містив *Bacillus velezensis*, *Agrobacterium pusense*, *Paenibacillus polymyxa*, *Enterococcus hirae* та *Lactobacillus delbrueckii sp. bulgaricus*. У разі проведення полицевого обробітку ґрунту на 20–22 см, застосування біопрепаратів сприяло збільшенню урожаю пшениці озимої на 0,84–0,90 т/га (29–30 %) порівняно з контролем, а за безполицевого – на 0,82–0,83 т/га (28 %) [141].

Бактерії (PGPR) мають не тільки ріст стимулюючу дію, а також входять до складу біофунгіцидів та біоінсектицидів, що дає змогу запобігти втратам урожаю пшениці озимої на рівні 0,76–0,79 т/га [142]. Г. Поспелова та інші у своїх

дослідженнях підтверджують захисні властивості таких препаратів і повідомляють про пролонгований ефект за впливом на структуру врожаю: продуктивна кущистість зросла на 10,3 %, озерненість – на 12,2 %, маса зерна з колосу – на 8,3 %. Виявлено фунгістатичний та елісаторний ефекти препаратів, що забезпечили технічну ефективність проти гнилей до 51,8 % [143].

О. Власюк доводить, що передпосівна обробка насіння пшениці озимої мікробними препаратами на основі *Bacillus velezensis*, *Agrobacterium pusense*, *Paenibacillus polymyxa*, *Enterococcus faecium* та *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, а також речовинами, що містять поліетиленоксиди, бурштиново-гуматний комплекс і сполуки з мультиштамовими композиціями *Bacillus subtilis*, *Azotobacter*, *Enterobacter*, *Enterococcus* і *Trichoderma spp.*, сприяє зростанню урожайності на 5,7–8,8 %. Комплексне застосування біопрепаратів (обробка насіння та листової поверхні, внесення у ґрунт) забезпечувало загальне підвищення врожайності на 2,6–9,2 % і зменшення ураження рослин кореневими гнилями (до 6,9–9,6 %) та борошнистою росою (до 60–64 % порівняно з 77–80 % у контролі). Найвищу ефективність спостерігали у разі застосування мікробно-грибної композиції із вмістом *Trichoderma lignorum* та *T. viride*, яка забезпечила приріст урожайності 0,24–0,45 т/га [144].

За результатами Д. Шейка встановлено, що в середньому за три роки приріст площі листків пшениці озимої становив 0,6–5,5 тис. м²/га залежно від способу використання мікробних препаратів, що володіють стимулюючим ефектом. Вихід сухої речовини у фазі цвітіння досягав 8,2 т/га, перевищуючи контроль на 0,9 т/га. Фотосинтетичний потенціал коливався в межах 0,79–0,88 тис. м²/га, а приріст урожайності в найкращих варіантах становив 0,9–1,0 т/га, за максимальної урожайності 6,4 т/га [145–147].

Щодо стійкості до патогенів посівів пшениці, у разі застосування PGPR (група корисних бактерій), Q. Zhang та інші описують, що *Bacillus amyloliquefaciens* має здатність до зменшення чисельності *Rhizoctonia cerealis*, грибкового патогену, що викликає ризоктоніозну стеблову гниль у злакових культур, особливо у пшениці та ячменю [148]. Біофунгіцид, розроблений на основі елісатора, позаклітинного

білка AsES, з гриба *Sarocladium strictum*, дозволяє знижувати захворюваність на 11 %, за ступеня ураження рослин 5 % [149].

Метааналіз, проведений J. Lamichhane та іншими, включав 396 досліджень і доводить, що використання бактеріальних біопрепаратів сприяло підвищенню схожості насіння на 7 % та контролю хвороб – на 55 %, збільшенню біомаси – на 53 % та врожайності культур – на 21 %. Біологічна обробка насіння, особливо з використанням азотфіксуючих і фосфатмобілізувальних бактерій, є ефективним інструментом сталого землеробства та дозволяє підвищити біологічну активність ґрунту, посилити рослинно-мікробну взаємодію, що дає змогу знизити використання мінеральних добрив і поліпшити фітосанітарний стан агроecosистем [150, 151].

М. Котляр та інші визначають ізолят *Ensifer adhaerens* LKM16 як високопродуктивний продуцент індол-3-оцтової кислоти. Застосування бактерійно-вільних культуральних рідин цих ізолятів для передпосівної обробки насіння сприяло стимуляції росту пшениці [152].

Арбускулярна мікориза (АМ) підвищує стійкість м'якої пшениці до посухи, покращуючи морфологічні показники, вміст хлорофілу, розчинних цукрів та активність антиоксидантних ферментів. АМ-інокуляція знижує окислювальний стрес і пошкодження мембран. Таким чином, АМ може слугувати ефективним біологічним засобом адаптації пшениці до посушливих умов [153].

С. Димитров та В. Саблук описують позитивний вплив препаратів, які застосовували для обробки насіння. Вони спостерігали підвищення урожайності культури після застосування препарату на основі везикулярно-арбускулярної мікоризи гриба *Tuber melanosporum* VITTAD, яке становило 0,63 т/га відносно контролю, а за використання препарату на основі гриба *Trichoderma harzianum* RIFAI – 0,9 т/га до контрольного варіанту. Препарат на основі бактерії *Bacillus subtilis* Cohn. засвідчив збільшення урожайності на рівні 0,3 т/га [154]. Дослідники зазначають, що збільшення урожайності відбувається за рахунок збільшення маси кореневої системи на 9,3–13,8 % та площі листової поверхні на 2,9–10,2 %. Встановлено тісний кореляційний зв'язок між розвитком кореневої системи і

листяним апаратом, що підтверджує ефективність застосування біопрепаратів для підвищення продуктивності рослин [155, 156].

N. Abdi та інші досліджували вплив арбускулярної мікоризи на пшеницю м'яку після інокуляції насіннєвого матеріалу. Автори спостерігали покращення морфологічних і фізіологічних показників, зокрема збільшення кількості листя на 5–35 %, кількість пагонів на 23–25 %, вміст хлорофілу на 7–10 %, накопичення розчинних цукрів на 14–33 %. Підвищена активність антиоксидантних ферментів та зниження перекисного окислення ліпідів при інокуляції АМ можуть сприяти кращій підтримці фізіологічних реакцій у рослин в умовах стресу від посухи [153].

М. Корхова та М. Панфілова, відзначають ефективність препарату на основі грибів роду *Glomus* для обробки насіння, що сприяло збільшенню урожайності на 0,39 т/га, але у цьому разі застосування препарату на основі *Azotobacter chroococcum* мало більший вплив, прибавка становила 0,53 т/га [157].

За результатами одержаними Ю. Мащенком із співавторами виявлено, що мікоризоутворювальні гриби роду *Glomus* sp. забезпечили приріст урожайності від 0,22 до 0,55 т/га за середнього рівня 5,03 т/га. Застосування біопрепарату також дозволило досягти найвищої урожайності у зерно-паро-просапній сівоzmіні за органо-мінеральної системи удобрення [158].

Наведені результати О. Вінюковим та Г. Чугрієм, показують, що незважаючи на наявність однакового базового компоненту (гриби роду *Glomus*), біологічна ефективність препаратів може відрізнятися за рахунок додаткового мікробного складу та технології виробництва. У цих дослідженнях насіння обробляли мікоризоутворювальними препаратами у рідкій та сухій формах. Суха форма забезпечила приріст урожайності у розмірі 1,0 т/га (12,5 %), тоді як рідка – лише 0,29 т/га (3,62 %). По-різному реагували препарати і на додавання до бакової суміші речовин на основі солей гумінових та фульвових кислот, які підсилили дію мікоризутовувального препарату у рідкій формі, прибавка врожаю становила 0,88 т/га (10,99 %), а за умови додавання до сухої форми – 0,59 т/га (7,37 %) [159].

Тривале застосування традиційних агротехнічних заходів, зокрема таких як глибокий полицевий обробіток ґрунту, мінеральне удобрення та монокультура,

негативно впливає на АМ-гриби, знижуючи їхню кількість та змінюючи видовий склад угруповань у бік рудеральних таксонів. Дослідження в довготривалому польовому експерименті засвідчили, що чисельність таких таксонів, як *Rhizophagus* і *Dominikia*, зменшується під впливом інтенсивного обробітку та добрив, але позитивно корелює зі стабільністю ґрунтових агрегатів і кругообігом поживних речовин у системах із мінімальним обробітком ґрунту. Попри це, у польових умовах урожайність пшениці не залежала від кількості АМ-грибів, а в тепличних позитивна дія АМ на біомасу рослин проявлялася лише за умов неудобренних і безорних варіантів. Таким чином, ефективність АМ-симбіозу залежить від типу агротехнологій, а його управління потребує комплексного підходу, що враховує не лише врожайність, а й екосистемні функції ґрунту [160].

У трирічному дослідженні R. Vidican та інших встановлено, що агрохімічні умови істотно впливають на колонізацію АМ кореневої системи пшениці озимої. Добрива зумовлюють значні коливання у частоті та інтенсивності колонізації, яка варіює в межах 76–98 % і 22–65 % відповідно. Найнижча інтенсивність (12 %) спостерігалася в разі переважання вмісту фосфору над азотом, тоді як за рівного співвідношення N:P цей показник досягав 38 %. Встановлено, що надлишок фосфору знижує мікоризний симбіоз: кожен додатковий кілограм фосфору зменшує частоту колонізації на 0,28 %, а інтенсивність – на 0,37 %. Оптимальні умови для мікоризації створюються за внесення рівних доз N і P восени та аміачної селітри навесні, що забезпечує колонізацію до 61 %. Застосування повторних помірних доз добрив сприяє формуванню потужного коренево-грибкового симбіозу, що є важливим для покращення взаємодії рослини з мікоризними грибами [161].

Поєднання біо- та органічних добрив істотно впливає на ріст, врожайність і якість зерна пшениці. Найкращі результати отримано за інокуляції насіння мікоризою та азотобактером у поєднанні з позакореневим підживленням гуміновою кислотою. Така комбінація забезпечила значне збільшення висоти рослин, швидкість росту, урожайність зерна до 5,56 т/га і поліпшення біохімічного складу, зокрема вмісту білка до 12,76 % і клейковини до 30,9 %. S. Lamtom та інші пояснюють, що це зумовлено ефективнішим засвоєнням поживних речовин завдяки

синергетичній дії біостимуляторів. Застосування гумінової кислоти разом з азотобактером і мікоризою також є перспективним напрямом підвищення продуктивності та якості пшениці [162].

1.6. Неорганічні та синтетичні біостимулятори у технології вирощування пшениці м'якої озимої.

Г. Чугрій зазначає, що препарат до складу якого входять: азот (80 г/л), магній (52 г/л) та сірка (38 г/л), марганець (10 г/л), бор (4 г/л), цинк (2 г/л), мідь (15 г/л), залізо (1,4 г/л), молібден (0,05 г/л), виявив позитивний ефект у разі комплексного застосування (обробка насіння та під час вегетації) у посівах пшениці озимої. Прибавка врожайності склала 3,1 т/га у порівнянні з контролем, за рівня урожайності 10,5 т/га [163].

J. Quezada та інші, провівши дослідження в умовах закритого ґрунту зазначають, що позакореневе внесення природного цеоліту на пшениці за нормами 100 %, 75 % і 50 % призвело до підвищення концентрації азоту в коренях на 10 %, особливо за мінімального азотного живлення. Водночас підвищилося співвідношення вмісту азоту в надземній масі порівняно з кореневою. Попри це, біомаса коренів зменшилась на 20 %. На рівні ґрунту спостерігали зростання активності ферментів, що мінералізують С і N. Це свідчить про здатність цеоліту підвищувати ефективність використання азоту за зниження фону удобрення [164].

У польовому дослідженні, на дослідній станції Agroscope (Швейцарія), встановлено, що позакореневе застосування біостимулятора на основі цеоліту забезпечувало середнє підвищення врожайності зерна пшениці озимої на 6,7% порівняно з контролем, незалежно від рівня азотного живлення. Зафіксовано підвищення індексу зростання виносу азоту з урожаєм, що вказує на поліпшення ефективності використання цього елементу живлення. Важливо, що внесення біостимулятора не спричиняло зменшення вмісту поживних речовин у зерні, що є характерним ризиком за підвищення врожайності.

Таким чином, застосування цеолітвмісного біостимулятора у посівах пшениці озимої може сприяти оптимізації азотного живлення, підвищенню продуктивності

культури та зменшенню потенційних екологічних втрат азоту, особливо за умов обмеженого внесення добрив [165].

В. Алмашова та С. Скок досліджували препарат на основі розчину полігуанідинів (синтетично-органічна речовина, гідрохлорид 18,6 г/л + фосфат 1,4 г/л). За триразової обробки посівів препаратом у фазі кущення (ВВСН 21–29), появи прапорцевих листків (ВВСН 37–39) та наливання зерна (ВВСН 71–75) прибавка становила 0,32 т/га, що становить 18 %. Із трьох досліджуваних строків найбільший ефект спостерігали при застосуванні у фазу кущення, прибавка становила 0,29 т/га, або 16 % до контрольного варіанту. Найменшу прибавку врожайності 0,07 т/га, або 4 % відносно контролю, фіксували у варіанті застосування препарату у фазу прапорцевого листа. У разі застосування препарату у фазу наливу зерна збільшення урожайності складало 0,08 т/га (4,5 %) відносно контролю. Автори супутньо встановили, що речовина, яку досліджували, є екологічно чистою та покращує стійкість рослин до хвороб [166].

Дані V. Tsygankova та інш. демонструють, що передпосівна обробка насіння біостимуляторами, що містять фітогормони ауксини, гібереліни та цитокініни, у концентраціях 50 та 75 мкл/л сприяє підвищенню стійкості пшениці озимої до сольового стресу. Обробка покращила фізіологічні показники: схожість насіння – до 69–75 %, довжина проростків – на 28–37 %, довжина коренів – на 41–42 %, площа листя – на 25–38 %, сира маса проростків – на 48–53 %, суха їх маса – на 37–46 % порівняно з контролем [167]. Також препарати на основі штаму *Streptomyces avermitilis* мають схожі властивості та діють як протектор для рослини пшениці на початкових фазах розвитку, що зазнають сольового стресу [168].

Висновки до розділу 1

Аналіз результатів вітчизняних і зарубіжних досліджень засвідчив, що біостимулятори різного походження є перспективним елементом сучасних технологій вирощування пшениці м'якої озимої, здатним підвищувати продуктивність культури, покращувати якість зерна та оптимізувати використання мінеральних добрив.

Встановлено, що препарати на основі морських водоростей, гумінових речовин, амінокислот, мікроорганізмів (*Azotobacter*, *Azospirillum*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Paenibacillus*, *Trichoderma*, мікоризні гриби) та синтетично-органічних сполук можуть забезпечувати приріст урожайності від 5 до 40 % і більше залежно від складу препарату, способу та строку застосування, фону живлення і гідротермічних умов року. Найбільш стабільні результати отримано за комплексного застосування біостимуляторів із мінеральними добривами, що сприяє підвищенню коефіцієнта використання азоту, фосфору та мікроелементів.

Доведено, що мікробіологічні інокулянти та мікоризні препарати здатні покращувати доступність елементів живлення, активізувати ґрунтову мікробіоту, підвищувати стійкість рослин до абіотичних і біотичних стресів, а також знижувати потребу в мінеральних добривах на 20–30 % без втрати врожайності. Гумінові препарати та амінокислотні біостимулятори позитивно впливають на формування фотосинтетичного апарату, структурні елементи врожаю і білковий склад зерна. Неорганічні та цеолітвмісні препарати сприяють оптимізації азотного живлення та зменшенню екологічних втрат азоту.

Разом із тим, ефективність біостимуляторів істотно варіює залежно від погодних умов, рівня мінерального живлення, способу застосування (передпосівна обробка насіння, позакореневі підживлення, ґрунтове внесення) та сортових особливостей пшениці. Механізми їх дії залишаються недостатньо з'ясованими, особливо в аспекті взаємодії з азотним живленням і реалізації генетичного потенціалу сортів у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах.

Отже, узагальнення наукових даних підтверджує доцільність подальших досліджень, спрямованих на обґрунтування оптимальних способів і строків застосування біостимуляторів різного походження у технології вирощування пшениці м'якої озимої в умовах Лівобережного Лісостепу України з урахуванням їх впливу на врожайність, якість зерна, економічну та енергетичну ефективність виробництва.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Ґрунтово-кліматичні умови проведення досліджень.

Дослідження виконували упродовж 2022–2025 рр. на базі науково-виробничого центру селекції та насінництва польових культур Навчально-наукового інституту агротехнологій, селекції і генетики Полтавського державного аграрного університету, що знаходиться в межах населеного пункту с. Бречківка Полтавського району Полтавської області, а також у польових умовах Полтавської державної сільськогосподарської дослідної станції імені М. І. Вавилова Інституту свинарства і агропромислового виробництва НААН України у межах м. Полтава. Польові та лабораторні дослідження проводили відповідно до програми наукових досліджень зазначених установ з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов Лівобережного Лісостепу.

Клімат Полтавської області характеризується як помірно континентальний із проявами нестійкого зволоження, відносно холодною зимою та спекотним, нерідко посушливим літнім періодом. Виникнення атмосферних опадів значною мірою пов'язане з переміщенням циклонів у північно-західному напрямку. Річна кількість опадів варіює від 580 мм у північно-західній частині області до 480 мм у південно-східній, що зумовлює просторову неоднорідність водозабезпечення території. У межах м. Полтава середня багаторічна сума опадів становить близько 545 мм на рік. За останні десятиліття відмічено тенденцію до збільшення річної кількості опадів приблизно на 60 мм.

Розподіл опадів упродовж року має виражений континентальний характер: найбільша їх частка припадає на літній період (близько 38 % річної норми), тоді як у зимові місяці випадає лише близько 18 %. Максимум опадів спостерігається у червні–липні (60–70 мм за місяць), мінімум – у вересні. За грудень–лютий сумарна кількість опадів становить близько 85 мм.

Середня річна температура повітря коливається в межах +7,0...+8,5 °С. Абсолютні максимуми досягають +37...+38 °С, а мінімальні значення можуть

знижуватися до $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$. Середньодобова температура найтеплішого місяця становить близько $+20,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, найхолоднішого – $-7\ldots-8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Перехід середньодобової температури через $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ відбувається орієнтовно наприкінці листопада восени та наприкінці березня навесні. Середня тривалість безморозного періоду становить 160–170 днів, а вегетаційний період – 197–219 днів.

Відносна вологість повітря змінюється від 58 % у серпні до 88 % у січні. У періоди посушливих явищ вона може знижуватися до 15–17 %, що у поєднанні з високими температурами сприяє розвитку атмосферної та ґрунтової посухи. Тривалість суховіїв становить 5–14 днів залежно від частини області.

Для аналізу агрометеорологічних умов використано офіційні дані Полтавської метеорологічної станції (WMO ID 33506), отримані через сервіс Meteostat. Дослідні ділянки першого місця спостережень розташовувалися у Полтавському районі на відстані 13 км від метеостанції, дослідні ділянки другої локації знаходились поряд з метеостанцією у радіусі 1 км (додаток Б.1).

Погодні умови вегетаційних періодів 2022–2025 рр. у зоні проведення досліджень (Лівобережний Лісостеп України, Полтавська область) характеризувалися переважно підвищеним температурним фоном із окремими коливаннями, що мали важливе значення для формування продуктивності пшениці м'якої озимої (Додаток Б1–Б3).

У 2022–2023 рр. осінній період відзначався температурним режимом, близьким до середніх багаторічних показників. Середньодобова температура у вересні становила $+12,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, у жовтні $+10,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, що забезпечило оптимальні умови для осіннього кущення та загартування рослин.

Найнижчу температуру повітря ($-14,9\text{ }^{\circ}\text{C}$) зафіксовано у січні та лютому, однак критично низьких температур для перезимівлі не спостерігали. Максимально високі температури у зимовий період відзначено у грудні $+9,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ та січні $+10,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, істотні температурні коливання потенційно створювали ризики перезимівлі пшениці озимої, у зв'язку з небезпекою початку передчасного відновлення вегетації. Однак проблем з перезимівлею у зоні спостережень впродовж зимового періоду 2022–2023 року не виявлено.

Весняно-літній період не мав критичних відхилень від багаторічних значень. Весняне відновлення вегетації відбулося 9 березня за стабільного переходу температури через $+5^{\circ}\text{C}$. Підвищення середньодобової температури відбувалось поступово, знижень температури повітря нижче 0°C не спостерігалось. Такі умови забезпечили задовільну перезимівлю пшениці озимої та стримували надмірне випаровування.

У 2023–2024 рр. температурний фон перевищував середні багаторічні значення, особливо у серпні–жовтні середньодобові температури перевищували норму на $1,5\text{--}2,2^{\circ}\text{C}$. Денні температури жовтня перевищували $+10^{\circ}\text{C}$, а нічні – в середньому мали значення $+6^{\circ}\text{C}$. Температурний режим листопаду був теплішим на $2,1^{\circ}\text{C}$, хоча в окремі дні мінімальні температури знижувалися до мінус $10,1^{\circ}\text{C}$. Перехід до від’ємних температур був різким, що потенційно могло впливати на процес загартування рослин. У зимовий період спостерігалися коливання температур із мінімумом до $-17,7^{\circ}\text{C}$ та відлигами у лютому (до $+10,7^{\circ}\text{C}$). Незважаючи на контрастність умов, пошкодження посівів не виявлено.

Навесні температурні умови поступово перевищували багаторічні значення. Відновлення вегетації було зафіксовано 6 березня. У березні максимальна температура складала $+20,9^{\circ}\text{C}$, у квітні – $+28,4^{\circ}\text{C}$. У травні температурний режим був близьким до багаторічних значень: середня температура становила $15,3^{\circ}\text{C}$ за норми $16,1^{\circ}\text{C}$. У червні спостерігали підвищення температурного фону до $+21,8^{\circ}\text{C}$, що на $2,0^{\circ}\text{C}$ перевищувало багаторічний показник, максимальні значення були зафіксовані на рівні $+31,2^{\circ}\text{C}$. Липень відзначався найбільш вираженим потеплінням: середня температура становила $25,2^{\circ}\text{C}$ за багаторічної норми $21,9^{\circ}\text{C}$, а максимальна досягала $+35,4^{\circ}\text{C}$. Однак, ознак теплового стресу не спостерігалось, негативного впливу високих температур на фазу цвітіння не виявлено.

Температурний режим 2024–2025 сільськогосподарського року характеризувався переважно вищими за норму показниками на початку осені. У серпні середньомісячна температура становила $+23,5^{\circ}\text{C}$, у вересні $+20,3^{\circ}\text{C}$, що перевищувало багаторічні значення. У жовтні та листопаді середньодобова температура залишалися близькою до норми.

Зимовий період: у січні середньомісячна температура становила $+1,8^{\circ}\text{C}$, у лютому $-5,2^{\circ}\text{C}$, з мінімальним значенням $-13,4^{\circ}\text{C}$. Весняний період вирізнявся поступовим підвищенням температури, березень мав вищі показники за середні багаторічні, а впродовж періоду квітень-травень істотного відхилення цього показника від середніх багаторічних значень не спостерігали. Варто зазначити, що як і у попередньому періоді спостережень 2023–2024 рр. у квітні відмічено температуру вище 25°C . Також негативним фактором, було настання приморозків у період з 8 квітня по 10 квітня, з температурою до -3°C . В цей час на виробничих посівах спостерігалось вимерзання та загибель рослин, що мало характер осередків (ураження на посівних площах). Однак на дослідних ділянках пошкодження рослин низькими температурами не було виявлено. У травні температурний режим був близьким до багаторічних значень: середньомісячна температура становила $14,7^{\circ}\text{C}$ за норми $16,1^{\circ}\text{C}$, при цьому максимальні значення досягали $+28,5^{\circ}\text{C}$. У червні середня температура була на рівні багаторічної, однак її максимум становив $+33,5^{\circ}\text{C}$. У липні спостерігали підвищення середньомісячної температури на $1,6^{\circ}\text{C}$, а максимальні значення досягали $+36,2^{\circ}\text{C}$. Ознак теплового стресу не спостерігали, однак, це призводило до скорочення проходження фаз, особливо дозрівання, що негативно позначилося на формуванні натури зерна (рис. 2.1).

Таким чином, в осінній період усіх років досліджень середня температура повітря перевищувала багаторічні значення, що в цілому свідчить про тепліші умови осінньої вегетації. Найбільш контрастні відхилення спостерігалися у вересні: відмічалось збільшення середньодобової температури на $+4,9^{\circ}\text{C}$. У жовтні–листопаді температурний фон здебільшого перевищував норму на $+1-2^{\circ}\text{C}$, що сприяло подовженню осінньої вегетації. Проаналізувавши відхилення середньодобової температури порівняно з багаторічними даними, виявлено що, зимовий період характеризувався вираженою тенденцією до потепління. Найбільші позитивні відхилення від середньодобової температури зафіксовано у січні на $+5,8^{\circ}\text{C}$ та лютому на $+5,1^{\circ}\text{C}$, тоді як у 2022–2023 рр. відхилення перевищували $+1,6$; $+2,8^{\circ}\text{C}$). Це свідчить про м'який характер зим із частими періодами відлиг.

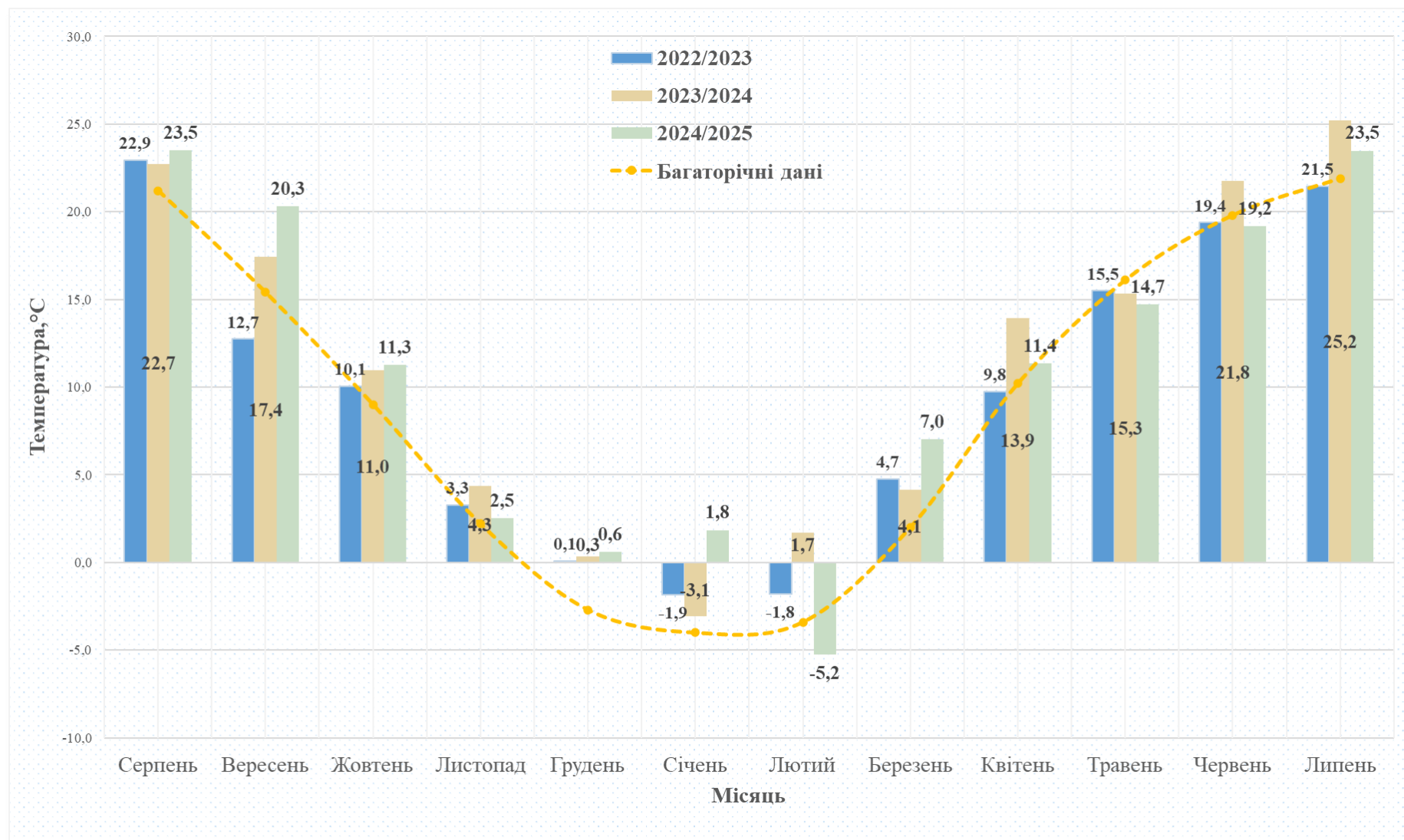


Рис. 2.1. Середньодобова температура повітря за 2022–2025 сільськогосподарський рік.

Збільшення середньодобової температури у зимові місяці створювало умови для нестійкого температурного режиму, що сприяло утворенню льодяної кірки за наявності снігового покриву та підвищувало ризик випрівання рослин. Крім того, короткочасні потепління могли зумовлювати часткове відновлення фізіологічної активності озимини, що в разі подальших морозів підвищувало ймовірність пошкодження і зрідження посівів (рис 2.2).

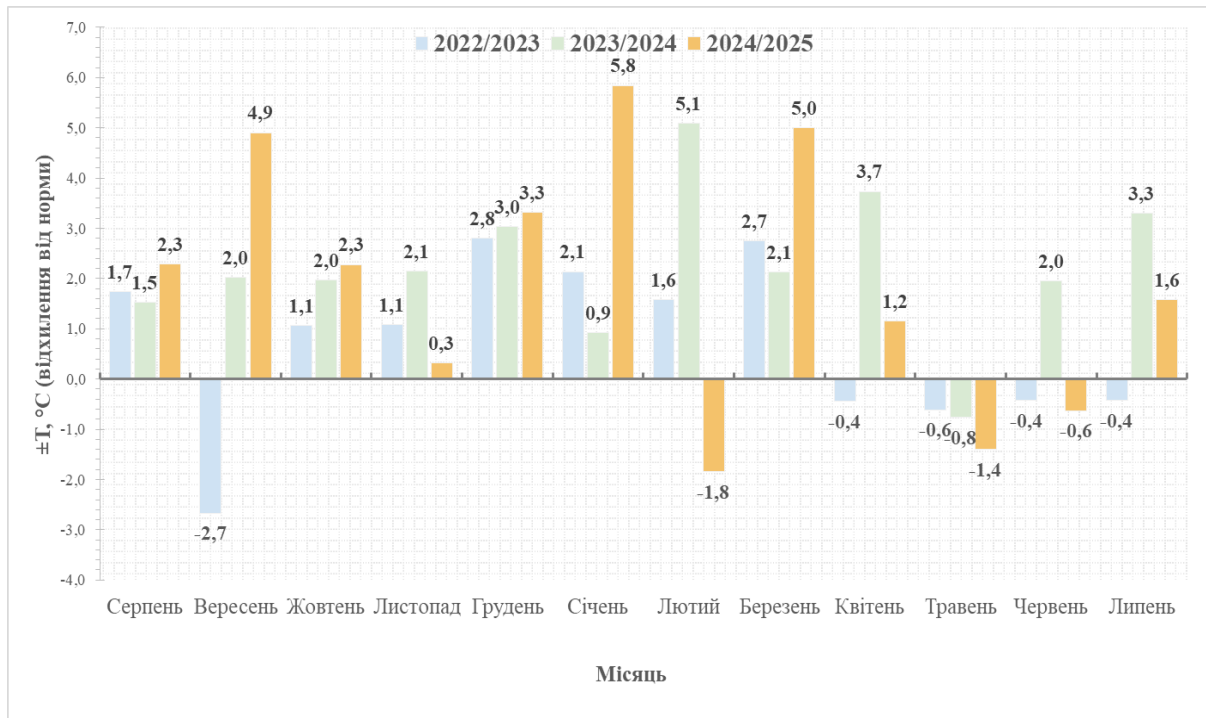


Рис. 2.2. Відхилення середньомісячної температури повітря від багаторічної норми у 2022–2025 рр., °С.

Розподіл кількості опадів вегетаційного періоду 2022–2023 рр. у серпні–жовтні опади були на рівні 83,0–72,0 мм, забезпечуючи оптимальне зволоження під час сівби та появи сходів пшениці озимої.

Взимку кількість опадів складала: у грудні – 83,9 мм, у лютому – 43,2 мм. Опади переважно випадали у вигляді дощу або мокрого снігу, тому стійкий сніговий покрив не формувався. У січні спостерігався дефіцит опадів, однак критичного впливу на стан посівів це не мало.

Весняний період істотно відрізнявся за розподілом опадів: у квітні сума опадів склала 107,7 мм, тоді як у травні їх кількість різко зменшилася до 25,9 мм. Однак запаси вологи, що нагромадилися внаслідок опадів попередніх місяців, були достатніми для формування найвищого рівня продуктивності за роки спостережень. Період червень–липень за кількістю опадів відповідав багаторічній нормі.

Осінній період 2023–2024 сільськогосподарського року характеризувався таким розподілом опадів: у вересні їх сума становила 50,7 мм, у жовтні – 86,4 мм, а в листопаді – 101,6 мм.

Зимовий період за зволоження був помірним. У грудні кількість опадів склала 68,2 мм, у січні – 51,8 мм, у лютому – 37,0 мм. У березні-квітні кількість опадів була меншою ніж багаторічні показники на 20,0–23,9 мм. Найменшу кількість опадів зафіксовано у травні 18,4 мм, після чого у червні їхня сума різко зросла до 78,0 мм.

У весняний період спостерігався суттєвий брак вологи у ґрунті, що спричинили високі температури та недостатня кількість опадів у березні-травні, це в свою чергу негативно вплинуло на формування урожаю у критичні фази розвитку. Загальну сума опадів за 2023–2024 рр. склала 612,2 мм.

2024–2025 сільськогосподарський рік мав істотні відхилення за рівнем зволоження відносно середніх багаторічних даних. Так, у серпні місяці кількість опадів склала 11,1 мм, а у вересні зафіксовано лише 3,9 мм опадів. За таких умов поява сходів зміщувалася на другу декаду жовтня, через відсутність вологи у посівному шарі 2–4 см, що негативно вплинуло на своєчасність проростання насіння (рис.2.3).

Сума опадів у жовтні склала 30,0 мм, тоді як у листопаді їхня кількість зросла до 66,6 мм, що позитивно вплинуло на перебіг осінньої вегетації рослин. Зимовий рівень атмосферних опадів залишався низьким і становив у середньому 12–37 мм на місяць, переважно у вигляді дощу.

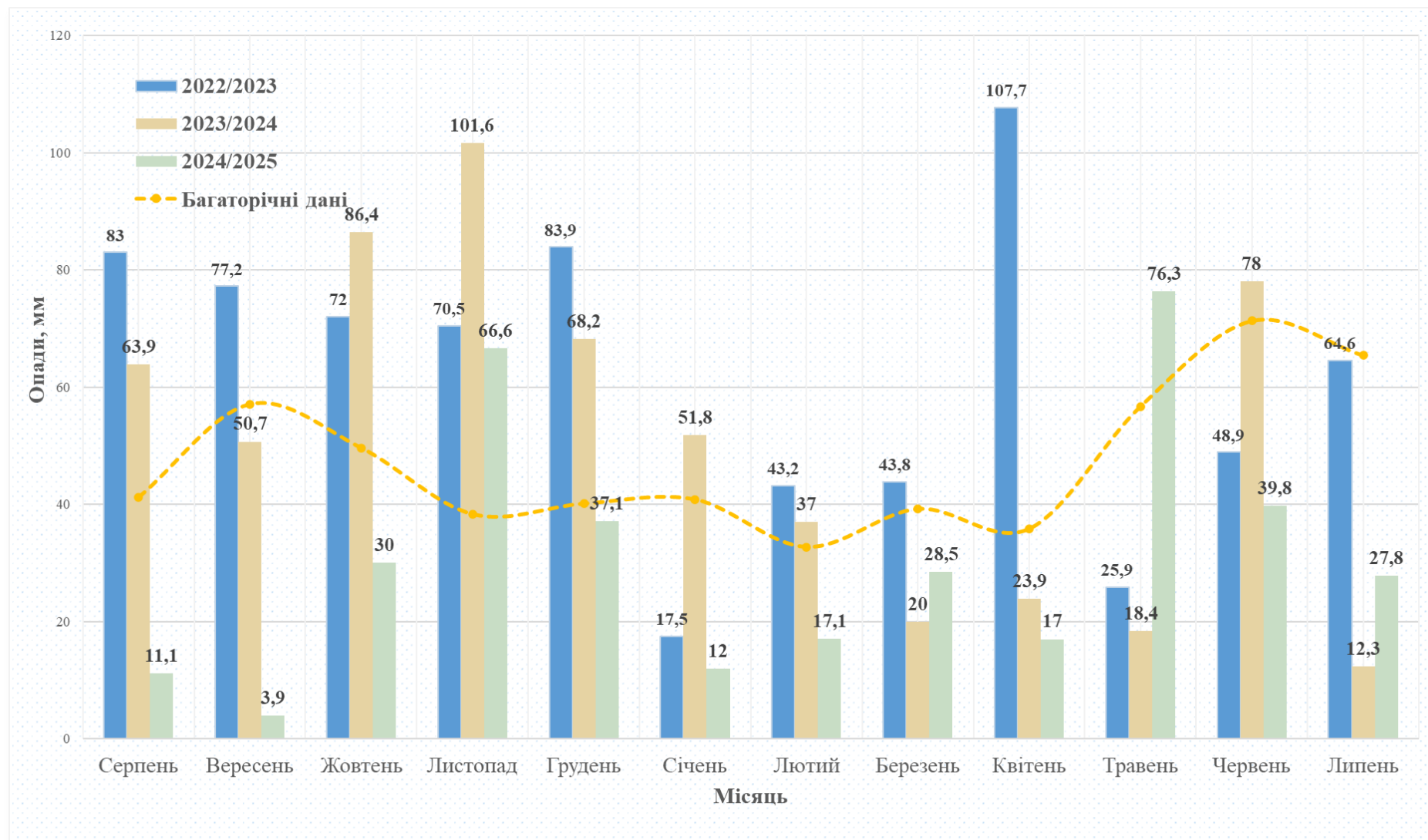


Рис.2.3. Сума опадів за 2022–2025 сільськогосподарський рік

У березні–квітні рівень опадів був нижчим за багаторічні значення та коливався від 28,5 мм у березні до 17,0 мм у квітні, що певною мірою обмежувало доступність вологи для рослин, та створювало стресові умови для посів.

Найбільша кількість опадів за весняний період зафіксована у травні 76,3 мм, що створювало сприятливі умови для активного росту рослин та формування елементів продуктивності. Надалі в літній період знову спостерігалася тенденція до зменшення зволоження: у червні зафіксована кількість опадів склала 39,8 мм.

Таким чином, за роки досліджень режим зволоження відзначався значною нерівномірністю та різкими коливаннями кількості атмосферних опадів відносно багаторічної норми. Осінній період 2022/2023 рр. характеризувався підвищеним зволоженням, що сприяло накопиченню продуктивної вологи та формуванню дружніх сходів, тоді як восени 2024/2025 рр. спостерігався виражений дефіцит опадів на 53 мм, що ускладнювало проростання насіння та початковий розвиток рослин (рис.2.4).

Найбільш нестійким був весняний період, коли в окремі роки фіксували як значне перевищення норми у квітні на 72 мм, так і різкий дефіцит опадів у березні–травні на 38 мм, що безпосередньо впливало на водозабезпечення рослин у критичні фази кущіння та виходу в трубку.

Якщо окремо розглянути кількість днів без опадів, то їх загальна кількість склала: 179 у 2022–2023 рр, 200 у 2023–2024 рр., 237 днів у 2024–2025 рр., що відображає тенденцію до зниження регулярності атмосферного зволоження у роки спостережень.

У періоді вегетації пшениці 2022–2023 років сухі періоди були відносно короткими. Більшість місяців характеризувалися 3–8 послідовними днями без опадів. Незважаючи на помірну сумарну кількість сухих днів, їх рівномірний розподіл не створював критичних умов для вологозабезпечення пшениці озимої.

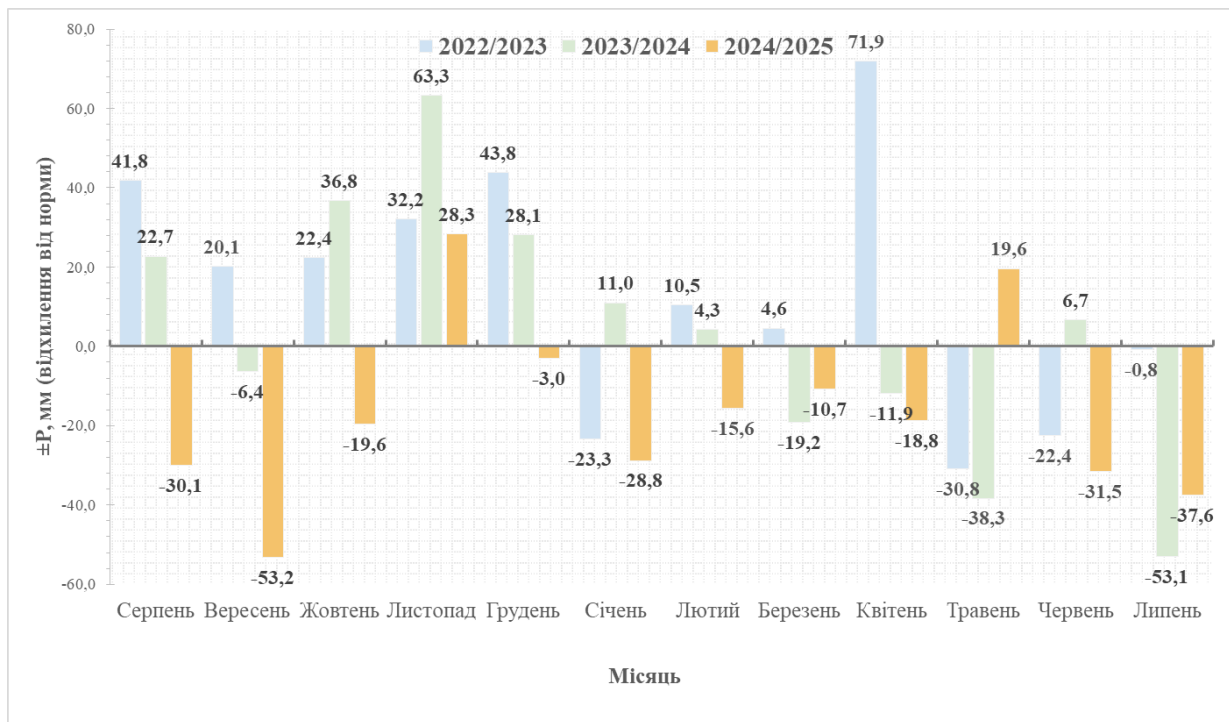


Рис. 2.4. Відхилення середньомісячної кількості опадів від багаторічної норми у 2022–2025 рр., мм.

У вегетаційному періоді 2023–2024 рр. вирізнявся значною кількістю днів без опадів. Найдовший безперервний сухий період досягав 20 днів у жовтні, що мало вплив на вологість ґрунту у період осіннього вегетації. У березні–квітні також спостерігалися тривалі відрізки без опадів 9–10 днів.

Найбільш сухим став період вегетаційного спостереження 2024–2025 рр. Упродовж серпня–жовтня тривалість окремих сухих періодів досягала 16–18 днів, а навесні до 19 днів у березні місяці.

Загалом отримані дані демонстрували тенденцію до збільшення частки днів без опадів та подовження сухих періодів упродовж трирічного циклу спостережень. Це може бути одним із факторів формування нестійкого вологозабезпечення та підвищення ризиків посушливих стресів на різних етапах розвитку пшениці озимої (рис.2.5).

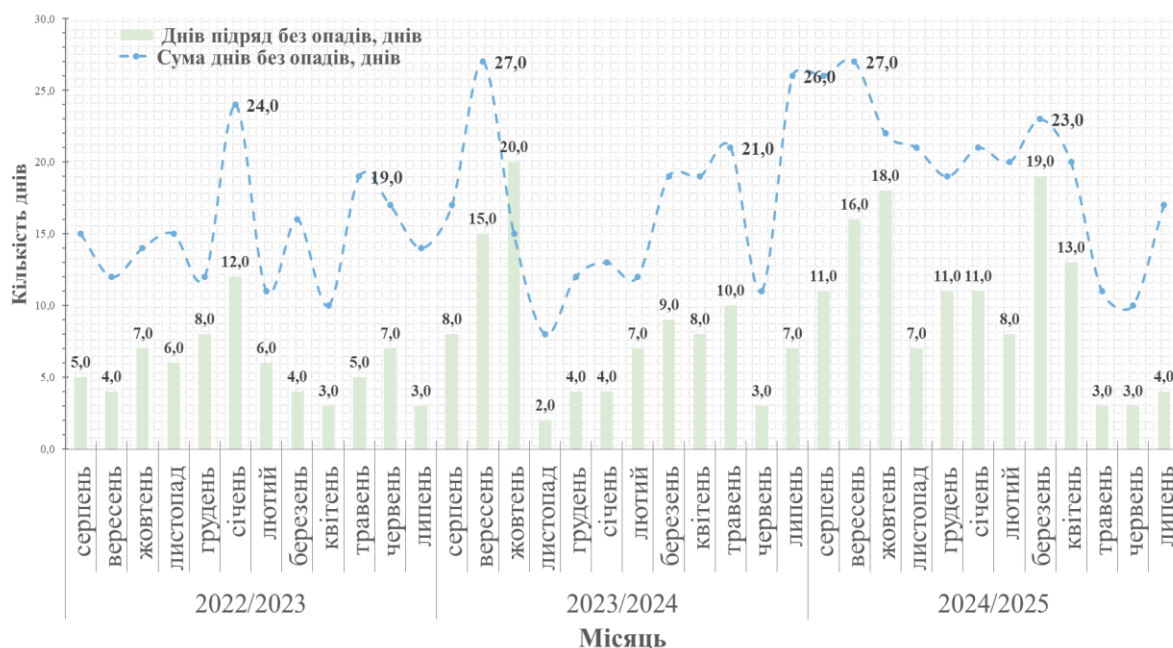


Рис. 2.5. Кількість днів без опадів та максимальна тривалість безперервних сухих періодів за роки 2022–2025 рр.

Показники гідротермічного коефіцієнта (ГТК) Селянинова узагальнюють взаємодію температурного режиму та кількості опадів і дозволяють об'єктивно оцінити умови зволоження у критичні періоди вегетації озимої пшениці (табл. 2.1). За отриманими даними встановлено суттєві відмінності рівня зволоження в осінній та весняно-літній періоди протягом трьох сезонів.

У 2022–2023 рр. осіння вегетація відбувалася за оптимального зволоження, тоді як у весняно-літній період переважав дефіцит вологи. У 2023–2024 рр. осінній період характеризувався оптимальним режимом зволоження, однак у весняно-літній період сформувалися посушливі умови (ГТК 0,56). У 2024–2025 вегетаційного періоду, протягом осінньої вегетації спостерігалася посуха, а весняно-літній період також характеризувався недостатнім зволоженням та посухою.

ГТК Селянінова та характеристика зволоження за роками досліджень.

Місяць	2022–2023		2023–2024		2024–2025	
серпень	1,17	Достатньо волого	0,91	Слабка посуха	0,15	Дуже сильна посуха
вересень	2,12	Надмірно волого	0,97	Достатньо волого	0,06	Дуже сильна посуха
жовтень	1,80	Надмірно волого	1,35	Достатньо волого	0,50	Сильна посуха
березень	0,02	Дуже сильна посуха	1,01	Достатньо волого	0,73	Середня посуха
квітень	0,91	Слабка посуха	0,40	Сильна посуха	0,08	Дуже сильна посуха
травень	0,59	Середня посуха	0,43	Сильна посуха	1,22	Достатньо волого
червень	0,84	Недостатнє зволоження	1,20	Оптимальне зволоження	0,69	Середня посуха
липень	0,97	Достатньо волого	0,16	Достатньо волого	0,38	Сильна посуха

($< 0,4$ – дуже сильна посуха, від $0,4$ до $0,5$ – сильна посуха, від $0,6$ до $0,7$ – середня посуха, від $0,8$ до $0,9$ – слабка посуха, від $1,0$ до $1,5$ – достатньо волого, $> 1,5$ – надмірно волого.)

Отже, упродовж 2022–2025 рр. агрокліматичні умови відзначалися теплими зимами та суттєвою нерівномірністю розподілу опадів у період вегетації. Умови вегетації 2022–2023 рр. вирізнялися найсприятливішими умовами, що дозволило отримати найвищу середню урожайність. У 2023–2024 та 2024–2025 рр. фіксувався дефіцит вологи у квітні–травні та подовжені періоди без опадів.

2.2. Характеристика досліджуваних сортів та біостимуляторів

У польових дослідженнях використано три сорти пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.), що відрізняються за генетичним походженням, морфологічними ознаками та типом адаптивності, що дозволило здійснити комплексну оцінку їх реакції на застосування біостимуляторів різної природи дії.

Сорт Манжелія, створений у Науково-виробничому центрі селекції та насінництва польових культур Полтавський державний аграрний університет методом гібридизації з подальшим індивідуальним доббором. Належить до середньостиглої групи та рекомендований для вирощування в умовах Лісостепу і Степу України. У дослідженні використовувався як адаптивний сорт цінного напряму використання з метою оцінки реакції на біостимуляційні заходи за помірного рівня агрофону. Морфологічно характеризується формуванням пірамідального остистого колоса з крупною видовженою зернівкою. Відзначається високою зимостійкістю (9 балів), достатньою посухостійкістю (7–8 балів), стійкістю до вилягання та осипання зерна. Проявляє підвищену толерантність до комплексу основних грибних хвороб (8–9 балів), що зумовлює його адаптивний потенціал у стресових умовах вирощування [169].

Сорт Богдана створений у Миронівському інституті пшениці імені В. М. Ремесла НААН України та належить до середньостиглих сортів із широкою екологічною пластичністю. У роботі використаний як високопродуктивний генотип інтенсивного типу, чутливий до рівня мінерального живлення та технологічних елементів вирощування, що дозволило оцінити ефективність біостимуляторів у системі інтенсифікації виробництва. Сорт характеризується високою зимостійкістю (8–9 балів), посухостійкістю (7–8 балів) та стійкістю до вилягання. Відзначається комплексною толерантністю до основних грибних хвороб (7–9 балів) [170].

Сорт Алтіго. Оригінатор – компанія Limagrain Europe, внесений до Державного реєстру сортів рослин України з 2016 року [171]. Належить до ранньостиглої групи та рекомендований для вирощування в умовах Полісся, Лісостепу і Північного Степу України. У дослідженні використаний як

високопродуктивний сорт інтенсивного типу з підвищеним потенціалом реалізації врожайності. Морфологічно належить до остистого різновиду, формує короткостеблові рослини, характеризується високою адаптивністю до загущених посівів. Відзначається підвищеною посухостійкістю (9 балів), достатньою зимостійкістю (7 балів) і стійкістю до вилягання (8 балів). Толерантний до основних грибних хвороб (7–8 балів).

В програмі досліджень використовували біостимулятори різного походження, що відрізнялися за природою діючої речовини та особливостями впливу на рослини.

Таким чином, залучені сортів різного типу інтенсивності та адаптивності дозволило всебічно оцінити ефективність біостимуляторів за контрастних генетичних моделей формування продуктивності.

BTU™ АзотХелп® – це бактеріальний концентрат на основі живих клітин *Azotobacter chroococcum*, доповнений комплексом біологічно активних продуктів їх життєдіяльності (амінокислоти, вітаміни, фітогормони, природні фунгіцидні метаболіти). Загальна чисельність життєздатних мікроорганізмів становила не менше $1 \cdot 10^9$ КУО/см³, препаративна форма: рідка суспензія кремового–коричневого забарвлення. Згідно опису виробника характеризується здатністю до активної біологічної фіксації атмосферного азоту, синтезу фітогормональних речовин та покращення азотного й мінерального живлення рослин. Дія мікроорганізмів сприяє покращенню схожості насіння, формуванню розвиненої кореневої системи, підвищенню стійкості рослин до стресових факторів і зміцненню імунного статусу посівів. Препарат регламентований для передпосівної обробки насіння, кореневого та позакореневого підживлення, а також у системах фертигації. Норма застосування: 0,3–1 л/1 т насіння, або 0,3–1 л/1 га.

BioNorma™ БіоАзот® – комплекс мікробних азотофіксуючих організмів: вільноживучі бактерії *Azotobacter chroococcum* та *Azotobacter vinelandii*, а також асоціативні ризобактерії *Azospirillum brasilense* і *Azospirillum lipoferum*. Мікроорганізми забезпечують біологічну фіксацію атмосферного азоту, покращують азотне живлення рослин і стимулюють розвиток кореневої системи.

Робоча концентрація активних мікроорганізмів становила $1 \cdot 10^9$ КУО/мл, препаративна форма – рідка. Застосовується для обробки насіння, ґрунту та розсади. Норма застосування: 0,5–1 л на 1 т насіння, 1–10 л/1 га ґрунту.

BioNorma™ БіоФосфор® – бактеріально-грибний концентрат, до складу якого входять ґрунтові спорові бактерії *Bacillus megaterium*, *Bacillus amyloliquefaciens* та мікроміцети *Trichoderma harzianum*. Відповідно до опису виробника застосовується для покращення фосфорного живлення культур, активізування процесу засвоєння фосфору з ґрунтових запасів і мінеральних добрив, а також для стимуляції ростових процесів кореневої системи. Регламентований для обробки насіння, внесення в ґрунт. Препаративна форма: рідкий концентрат зі вмістом не менше 1×10^9 КУО/мл життєздатних мікроорганізмів. Норма витрат: 0,5–1 л/1 т насіння, 1–10 л/1 га ґрунту.

BTU™ Органік-баланс® – це мікробіологічний препарат на основі комплексу азотфіксуючих мікроорганізмів, фосфор- і каліймобілізуючі бактерії, а також штами з антагоністичною активністю щодо фітопатогенів (*Bacillus velezensis* (*Bacillus subtilis*), *Agrobacterium pusense* (*Azotobacter chroococcum*), *Paenibacillus polymyxa*, *Enterococcus hirae* (*Enterococcus faecium*), *Lactobacillus delbrueckii sp. bulgaricus*) Згідно характеристик загальна чисельність життєздатних клітин бактерій-продуцентів становить не менше $1,0 \times 10^9$ КУО/см³. Препаративна форма концентрат суспензії. Дія препарату спрямована на покращення мінерального живлення рослин за рахунок біологічної фіксації азоту та мобілізації сполук фосфору і калію. Регламентована норма застосування: 0,8–1,5 л/1 т насіння, 0,2–0,5 л/1 га

BTU™ Граундфікс® – багатокомпонентний бактеріальний препарат ґрунтових мікроорганізмів, зокрема *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium var. phosphaticum*, *Azotobacter chroococcum*, *Enterobacter sp.* та *Paenibacillus polymyxa*. Згідно характеристики загальна чисельність життєздатних мікроорганізмів становила 0,5– $1,5 \times 10^9$ КУО/см³, препаративна форма – рідкий концентрат. Дія препарату спрямована на мобілізацію важкодоступних сполук фосфору та калію, біологічну фіксацію атмосферного азоту, активізацію мікробіологічних процесів у ґрунті та

покращення фітосанітарного стану. Регламентована норма застосування: 0,5–1,5 л/га.

Bioinvest AgroTM БіоСтимікс[®] біостимулятор на основі солей гумінових кислот та вільних амінокислот, дія препарату спрямована на підвищення стійкості до абіотичних стресів (посухи, заморозків, перепадів температури) та хвороб бактеріальної і змішаної бактеріально-грибної природи. Препарат отриманий шляхом керованого мікробного гідролізу. Норма застосування: 1 л/га

Smart Grow[®] Відновлення[®] біостимулятор на основі фульвокислот, фулерену та бурштинової та амінооцтової кислот. Дія препарату спрямована на стимуляцію імунної системи та підвищення стійкості до стресових факторів. Норма застосування: 1–2 л/га

2.3. Методика проведення досліджень.

Для досягнення поставленої мети та реалізації завдань дисертаційної роботи дослідження проводили у трьох польових дослідках. Досліди закладали відповідно до методики наукових досліджень в агрономії [172, с. 500-503; 173 с.4].

Дослід 1. Оцінка ефективності біостимулятора на основі мікроорганізмів за передпосівної обробки насіння.

Польовий дослід було закладено у Полтавській державній сільськогосподарській дослідній станції імені М. І. Вавилова Інституту свинарства і агропромислового виробництва НААН України.

Агрохімічні показники орного шару (0–30 см) характеризувалися гідролітичною кислотністю на рівні 1,9–3,4 мг-екв/100 г ґрунту. Вміст гумусу коливався в межах 2,46–3,44 %, реакція ґрунтового розчину (рН сольової витяжки) становила 5,8–5,9. Забезпеченість рухомими формами фосфору перебувала на рівні 14–22 мг/100 г ґрунту, легко гідролізованого азоту – 4,40–7,92 мг/100 г, обмінного калію 15–21 мг/100 г ґрунту. Сума ввібраних основ становила 23–31 мг-екв/100 г ґрунту.

Дослід проводили за двофакторною схемою: фактор А – сорт, фактор В – варіант застосування біостимулятора. У дослідженні використовували сорти: Манжелія, Богдана, Алтіго.

Експеримент закладено за двофакторною схемою.

Фактор А – сорт:

1. Манжелія
2. Богдана
3. Алтіго

Фактор В – варіант обробки насіння біостимуляторами:

1. Контроль (обробка насіння водою)
2. VTU™ АзотХелп® (1 л/т насіння)
3. BioNorma™ БіоАзот® (1 л/т насіння)
4. BioNorma™ БіоФосфор® (1 л/т насіння)
5. VTU™ Органік-баланс® (1 л/т насіння)

Таким чином, дослід включав 15 комбінацій (3 сорти $\times$ 5 варіантів обробки), що дозволило оцінити як індивідуальну реакцію сортів на застосування мікробних препаратів, так і встановити характер їх взаємодії (А $\times$ В) (Додаток В1).

Передпосівну обробку насіння здійснювали в день висіву. Норма застосування біопрепаратів становила 1,0 л/т насіння, витрата робочого розчину – 10 л/т.

Дослід закладали у 4-разовій повторності. Площа елементарної ділянки становила 13 м², облікової 10 м². Розміщення ділянок рендомізоване. Сівбу проводили рядковим способом з міжряддям 15 см за норми висіву 5,0 млн. схожих насінин/га. Технологія вирощування пшениці м'якої озимої була типовою для зони досліджень, окрім елементів, що вивчалися у досліді. Облік урожайності проводили суцільним методом.

Дослід 2. Оцінка ефективності біостимуляторів на основі мікроорганізмів за позакореневого застосування у період весняного кущення (ВВСН 21–23). Дослід було закладено у науково-виробничому центрі селекції та насінництва польових культур Навчально-наукового інституту агротехнологій, селекції і

генетики Полтавського державного аграрного університету. Орний шар ґрунту характеризувався вмістом легкогідролізованих форм азоту на рівні 12,03–12,64 мг/100 г ґрунту. Вміст рухомого фосфору, становив 10,25–12,96 мг/100 г ґрунту, а обмінного калію – 17,32–19,87 мг/100 г ґрунту. Щільність ґрунту перебувала в межах 1,06 – 1,16 г/см³.

Досліджували сорти пшениці м'якої озимої: Манжелія, Богдана, Алтіго. Дослід проводили за двофакторною схемою: фактор А – сорт, фактор В – варіант застосування біостимулятора.

Фактор А (сорт):

1. Манжелія;
2. Богдана;
3. Алтіго.

Фактор В (варіант обробки біостимуляторами):

1. Контроль (обробка водою, 1 л/га);
2. VTU™ АзотХелп® (1 л/га);
3. BioNorma™ БіоАзот® (1 л/га);
4. BioNorma™ БіоФосфор® (1 л/га);
5. VTU™ Граундфікс® (1 л/га).

Таким чином, дослід включав 15 комбінацій (3 сорти × 5 варіантів технології), що дало змогу оцінити як окрему дію біостимуляторів і азотних добрив, так і їх сумісний ефект (Додаток В2).

Позакореневе внесення біопрепаратів проводили навесні у фазу весняного кущення (ВВСН 21–22). Норма внесення препарату становила 1,0 л/га, витрата робочого розчину: 200 л/га.

Повторність дослідів 4-разова. Метод розміщення ділянок рендомізоване. Площа елементарної ділянки становила 13 м², облікової 10 м².

Попередник – чорний пар. Сівбу проводили у III декаді вересня у оптимальні строки селекційною сівалкою КЛЕН-1,5, з нормою висіву 5,0 млн схожих насінин/га, ширина міжрядь 15 см, на глибину загортання насіння 3 см. Загалом технологія вирощування пшениці м'якої озимої була типовою для зони досліджень,

окрім елементів, що вивчалися у досліді. Облік урожайності проводили суцільним методом.

Дослід 3. Оцінка ефективності застосування біостимуляторів на основі ґумінових речовин на фоні азотного живлення.

Польовий дослід закладено на базі Навчально-наукового інституту агротехнологій, селекції і генетики Полтавського державного аграрного університету. Об'єктом досліджень були сорти пшениці м'якої озимої Манжелія та Алтіго. Дослідження проводили за двофакторною схемою: фактор А – сорт, фактор В варіант технології (біостимулятор та/або азотні добрива). Дослід складався із 6 варіантів. Для удобрення використовували аміачну селітру з нормою внесення 200 кг/га (N_{68}). Вносили методом розкидуванням по мерзлоталому ґрунту.

Дослід 3 закладено за двофакторною схемою з метою встановлення ефективності застосування біостимуляторів окремо та у поєднанні з азотними добривами на формування врожайності пшениці озимої (Додаток В3).

Фактор А – сорт:

1. Манжелія
2. Алтіго

Фактор В – варіант обробки (біопрепарати та азотне живлення):

1. Контроль (обробка водою, 1 л/га)
2. Bioinvest Agro™ БіоСтимікс® (1 л/га)
3. Smart Grow® Відновлення® (1 л/га)
4. Азотні добрива (N_{68})
5. Bioinvest Agro™ БіоСтимікс® (1 л/га) + N_{68}
6. Smart Grow™ Відновлення® (1 л/га) + N_{68}

Позакореневе внесення біостимуляторів проводили у фазу ВВСН 21-23 (весняне кущення). Робочий розчин готували з розрахунку 1 л препарату на 200 л води (витрата робочої рідини 200 л/га).

Сівбу здійснювали селекційною сівалкою КЛЕН-1,5 у I декаді жовтня. Норма висіву становила 5,2 млн схожих насінин/га, глибина загортання — 3 см. Технологія вирощування пшениці м'якої озимої у досліді дублювала загальноприйняту для

зони досліджень, окрім елементів, що вивчалися у досліді. Для обліку урожаю використовували суцільний метод з наступним перерахунком на стандарту вологість.

У межах проведення польового експерименту здійснювали комплекс агробіологічних спостережень, обліків та лабораторних аналізів відповідно до загальноприйнятих методик польового досліджу.

1. Агрохімічну характеристику ґрунту на полі досліджу визначали у шарі 0–40 см. Вміст нітратного та амонійного азоту визначали за модифікованою методикою ННЦ ІГА ім. О.Н. Соколовського згідно з ДСТУ 4729:2007 «Якість ґрунту. Визначання нітратного і амонійного азоту» [174].

Вміст рухомих форм фосфору та калію визначали за методом Чирикова відповідно до ДСТУ 4115:2002 [175]. Активну кислотність ґрунту (pH) визначали у водній суспензії згідно з «ДСТУ ISO 10390:2007 “Якість ґрунту. Визначання pH» [176]. Вміст гумусу визначали за Тюрніним у модифікації ННЦ ІГА [177].

2. Облік густоти стояння рослин визначали після сходів культури та перед збирання на кожній ділянці площею 0,25 м², попередньо помічені для спостережень, згідно з методикою Мойсейченка В. Ф. та Єщенко В. О. .

Густоту стояння рослин розраховували за формулою:

$$\Gamma = \frac{n}{S} \times 10\,000$$

де: n – кількість рослин на пробній площадці,

S – площа пробної площадки, м²,

10 000 – коефіцієнт переходу в гектари.

Польову схожість розраховували за формулою:

$$Пс = \frac{\Gamma}{Нв} \times 100$$

де Пс – польова схожість (%),

Γ – фактична густина стояння рослин (тис. шт./га),

Нв – норма висіву (млн шт./га).

Додатково на полі висівали кожен рік по кожному сорту 100 насінин у чотирикратній повторності. Польову схожість вираховували за формулою:

$$P_c = \frac{\sum ni}{N \times r} \times 100$$

P_c — польова схожість, %.

$\sum ni$ — загальна кількість пророслих насінин у всіх повторностях;

N — кількість насінин у одному повторенні (100 шт.);

r — кількість повторень (4); [178].

3. Фенологічні спостереження мали на меті фіксацію росту та розвитку культури проводили відповідно до вимог «Методики державного сортовипробування сільськогосподарських культур», а також згідно з міжнародною уніфікованою шкалою BBCH за Meier U. Відмічали наступні фази органогенезу: сходи (BBCH 10), кущення (BBCH 21–29), вихід у трубку (BBCH 30–32), колосіння (BBCH 51–59), цвітіння (BBCH 61–69), молочна, воскова та повна стиглість (BBCH 71–89). Початок фази розвитку фіксували за умови переходу 10% рослин, а повну фазу — при досягненні 75% рослин, відповідно до вимог [179, 180].

4. Рівень урожайності визначали суцільним методом обмолоту для кожної облікової ділянки з перерахунками маси на стандартні показники вологості та чистоти відповідно до рекомендованої методики [183].

5. Натуру зерна визначали згідно вимог ДСТУ ГОСТ 10840:2019 за допомогою літрової пурки ПХ-1 після попереднього просівання зразка через сито з отворами 6 мм. Мірку об'ємом 1 л заповнювали зерном із використанням падаючого тягарця (450 г) для його рівномірного ущільнення, після чого зважували з точністю до 0,5 г. Визначення проводили у двох повтореннях, допустима розбіжність — не більше 5 г. Результати записували з точністю до 1 г [184].

6. Масу 1000 зерен визначали відповідно до вимог ДСТУ 4138:2002. Відбирали вручну від кожного варіанта проби по 500 зерен. Зважували на лабораторних вагах із точністю 0,01 г. Розраховували за формулою:

$$M_{1000} = \frac{m_{500} \times 1000}{500}$$

Де: M_{1000} — маса 1000 зерен, г; m_{500} — маса 500 зерен, г. Для кожного варіанту обчислювали середнє значення серед двох паралельних вибірок [185].

7. Масову частку сирої клейковини в зерні пшениці озимої м'якої визначали згідно ДСТУ ISO 21415-1:2009 шляхом відмивання тіста з борошна, одержаного після розмелювання очищеного зерна. Наважку борошна масою 25 г замішували з 14 мл води (18–20 °C) до однорідного тіста, витримували 20 хв для набухання білків, після чого відмивали клейковину у воді до повного видалення крохмалю. Повноту відмивання контролювали органолептично та йодною пробою. Відмиту клейковину віджимали і зважували з точністю до 0,01 г. Масову частку сирої клейковини виражали у відсотках до наважки (одержану масу множили на 4). Допустиме відхилення при контрольних визначеннях – не більше 2 %. [186].

8. Вміст сирого протеїну в зерні пшениці озимої визначали інфрачервоним спектроскопічним методом. Визначали на інфрачервоному аналізаторі ІНФРАСКАН, відповідно до вимог ДСТУ 4117:2007 [187].

9. Статистичний аналіз експериментальних даних проводили методами з використанням програм Microsoft Excel та Statistica 12.0 [188–190].

10. Розрахунок ГТК розраховували за формулою:

$$\text{ГТК} = \frac{\sum r}{0,1 \times \sum T}$$

де: $\sum r$ – кількість опадів за період із температурою вище 10°C ,

$\sum T$ – сума температур, що перевищують +10°C [191, 192].

11. Економічну ефективність досліджуваних елементів технології вирощування пшениці м'якої озимої визначали на основі детальних розрахунків виробничих показників із використанням технологічних карт, складених відповідно до прийнятих у господарствах зони досліджень нормативів. У процесі оцінювання враховували фактичні ціни на матеріально-технічні ресурси, оплату праці, енергетичні витрати та тарифні ставки, що діяли в період проведення експерименту.

Вартість валової продукції розраховували на підставі середніх біржових цін на зерно пшениці озимої м'якої, сформованих у 2023-2025 рр. Виробничі витрати визначали за статтями технологічної карти з урахуванням норм витрат насіння, мінеральних добрив, засобів захисту рослин, паливно-мастильних матеріалів,

амортизаційних відрахувань та інших прямих і непрямих витрат, характерних для агроформувань відповідної природно-кліматичної зони.

На основі одержаних даних обчислювали собівартість продукції, умовно чистий дохід, рівень рентабельності та коефіцієнт економічної ефективності, що дало змогу здійснити порівняльний аналіз досліджуваних технологічних варіантів і встановити найбільш економічно доцільні елементи оптимізованої технології вирощування озимої пшениці [193, 194].

12. Енергетичну ефективність досліджуваних елементів технології вирощування пшениці озимої оцінювали шляхом співставлення енергетичного виходу з урожаєм зерна та сукупних енерговитрат на його формування. Розрахунки проводили за загальноприйнятою методикою енергетичного аналізу в аграрному виробництві, а нормативи енерговитрат на виконання технологічних операцій та застосування матеріальних ресурсів (паливно-мастильні матеріали, добрива, насіння тощо) визначали згідно з науково-практичними рекомендаціями та нормативними довідниками [194, 195].

Висновки до розділу 2

1. Ґрунтові умови дослідних ділянок були придатними для вирощування пшениці м'якої озимої та відповідали типовим умовам Лівобережного Лісостепу України, що забезпечило репрезентативність експериментальних даних і можливість їх практичного використання в агровиробництві.

2. Агрокліматичні умови періодів досліджень відрізнялися між собою за показниками гідротермічних умов, зокрема сумарний осінній ГТК становив: 1,54; 1,01; 0,17, а весняно-літній 0,81; 0,56; 0,60 відповідно до вегетаційних періодів, що свідчить про те, що умови років досліджень відрізнялися між собою та мали вплив на формування продуктивності та показники якості.

3. У дослідженнях використовували сучасні сорти пшениці м'якої озимої, внесені до Державного реєстру сортів рослин України: Манжелія, Богдана та Алтіго, адаптовані до умов зони досліджень. Це дало змогу комплексно оцінити

формування продуктивності та показників якості зерна залежно від сортових особливостей і впливу на рослини, досліджуваних біостимуляторів.

4. Дослідження проводили у науково-виробничому центрі селекції та насінництва польових культур, Навчально-наукового інституту агротехнологій, селекції і генетики, Полтавського державного аграрного університету, та на базі Полтавської державної сільськогосподарської дослідної станції імені М. І. Вавилова Інституту свинарства і агропромислового виробництва НААН України. Схеми дослідів і методика відповідали меті та завданням роботи та забезпечували порівняння ефективності біостимуляторів за різних способів застосування (передпосівна обробка насіння, позакореневі обробки у фазу весняного кущення, використання біостимуляторів на фоні азотного живлення), що дозволило встановити закономірності їх дії у взаємодії з умовами року та сортовими особливостями

5. Використані методи математичної статистики дали можливість здійснити обробку експериментальних даних, встановити достовірні результати та зробити обґрунтовані висновки.

РОЗДІЛ 3

ЗАКОНОМІРНОСТІ ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ ЗА ВИКОРИСТАННЯ БІОСТИМУЛЯТОРІВ РІЗНОЇ ПРИРОДИ ТА СПОСОБІВ ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ

Урожайність пшениці озимої м'якої формується за впливу комплексу чинників, серед яких основним є агрокліматичні умови року, сортові особливості та елементи технології вирощування. Реалізація генетичного потенціалу сортів значною мірою залежить від умов зволоження у критичні періоди вегетації та рівня забезпечення рослин елементами живлення.

3.1. Вплив біостимуляторів на основі мікроорганізмів на врожайність пшениці озимої м'якої за передпосівної обробки насіння.

Формування врожайності пшениці м'якої озимої зумовлюється комплексною взаємодією генотипових особливостей сорту, агроекологічних умов та елементів технології вирощування. Реалізація потенціалу продуктивності культури безпосередньо пов'язана зі станом і розвитком основних елементів структури врожаю – продуктивної кущистості, кількості зерен у колосі, маси зерна з колоса та маси 1000 зерен. Саме ці показники відображають інтенсивність формування генеративних органів і характеризують реакцію рослин на рівень мінерального живлення та застосування біологічно активних препаратів.

Передпосівна інокуляція насіння біостимуляторами мікробного походження є одним із напрямів удосконалення біологізованих технологій вирощування. Її ефективність пов'язана з активізацією розвитку кореневої системи, підвищенням доступності елементів живлення та регуляцією фізіолого-біохімічних процесів на початкових етапах органогенезу. У подальшому це впливає на диференціацію генеративних органів і формування структурних компонентів урожаю.

Аналіз середніх за 2023–2025 рр. даних свідчить про істотний вплив сортових особливостей та варіантів передпосівної обробки насіння біостимуляторами на формування елементів структури врожаю пшениці озимої м'якої, що підтверджується значеннями HP_{05} (табл. 3.1) (Додаток Г1–Г4).

**Елементи структури врожаю пшениці озимої м'якої залежно від дії
біостимуляторів за передпосівної обробки насіння, середнє за 2023-2025 рр.**

Сорт (фактор А)	Варіант обробки насіння (фактор Б)	Кількість продуктивних стебел, шт./рослини	Кількість зерен в колосі, шт.	Маса зерна з колоса, г	Маса 1000 зерен, г
Манжелія	Без обробки (контроль)	1,29	21,2	0,94	38,6
	АзотХелп®	1,38	22,1	1,13	40,5
	БіоАзот®	1,33	23,6	1,11	39,8
	БіоФосфор®	1,41	25,4	1,26	38,7
	Органік- баланс®	1,43	24,7	1,18	41,2
	Середнє ($\bar{x}$)	1,37	23,4	1,13	39,8
Богдана	Без обробки (контроль)	1,25	24,6	0,97	39,0
	АзотХелп®	1,34	25,1	1,12	38,5
	БіоАзот®	1,36	24,8	1,06	38,7
	БіоФосфор®	1,41	28,5	1,17	40,7
	Органік- баланс®	1,46	27,1	1,21	39,6
	Середнє ($\bar{x}$)	1,364	26,02	1,11	39,3
Алтіго	Без обробки (контроль)	1,31	26,2	1,17	37,4
	АзотХелп®	1,42	27,8	1,21	38,5
	БіоАзот®	1,48	26,3	1,24	36,7
	БіоФосфор®	1,51	29,1	1,34	41,2
	Органік- баланс®	1,42	28,0	1,26	40,8
	Середнє ($\bar{x}$)	1,43	27,5	1,24	38,9
НІР ₀₅	Фактор А	0,04	0,82	0,04	1,25
	Фактор Б	0,06	1,06	0,05	1,62

За показником продуктивної кущистості перевагу мав сорт Алтіго (1,43 шт./рослину), який достовірно перевищував сорти Манжелія (1,37 шт./рослину) та Богдана (1,364 шт./рослину), оскільки різниця між середніми значеннями перевищувала HP_{05} для фактора А (0,04 шт.). Серед варіантів обробки насіння найбільший ефект забезпечили препарати БіоФосфор® та Органік-баланс®, де приріст продуктивних стебел порівняно з контролем становив 0,12–0,20 шт./рослину, що перевищувало HP_{05} для фактора Б (0,06 шт.).

Кількість зерен у колосі була максимальною у сорту Алтіго (27,5 шт.), що істотно перевищувало показники сорту Манжелія (23,4 шт.). Найбільш виражений вплив серед препаратів мав БіоФосфор®, застосування якого забезпечило формування 25,4–29,1 шт. зерен в колосі залежно від сорту. Приріст відносно контролю становив 3,8–4,3 шт. зерен і значно перевищував HP_{05} для фактора Б (1,06 шт.), що свідчить про статистично достовірний ефект.

Аналогічна закономірність простежувалася і за показником маси зерна з колоса. Найвищі значення зафіксовано у варіанті з БіоФосфор® (1,17–1,34 г), що на 0,20–0,29 г перевищувало контроль і було достовірним за HP_{05} (0,05 г). Серед сортів найбільшу масу зерна з колоса сформував Алтіго (1,24 г у середньому), що достовірно перевищувало інші генотипи.

Маса 1000 зерен варіювала в межах 36,7–41,2 г. Найвищі значення спостерігалися у варіантах із застосуванням Органік-баланс® та БіоФосфор®. У окремих випадках приріст порівняно з контролем становив понад 2,0 г, що перевищувало HP_{05} для фактора Б (1,62 г). Сортові відмінності за цим показником були менш вираженими і в більшості випадків не перевищували HP_{05} (1,25 г).

Аналіз структури дисперсії засвідчив різну ступінь впливу досліджуваних факторів на формування окремих елементів структури врожаю пшениці озимої м'якої (табл., 3.2).

Найбільший вплив на формування кількості продуктивних стебел мали умови року – 43,0 %, що свідчить про значну залежність процесу кушіння від гідротермічного режиму вегетаційного періоду. Частка впливу варіанту обробки насіння становила 31,3 %, що характеризує вагому роль біостимуляторів у

формуванні продуктивного стеблостою. Внесок сорту був порівняно меншим – 9,6 %, тоді як на взаємодію факторів та інші неконтрольовані чинники припадало 15,3 %.

Таблиця 3.2

Вплив досліджуваних факторів на формування елементів структури врожаю пшениці озимої м'якої, %

Фактор	Частка впливу, %			
	Кількість продуктивних стебел	Кількість зерен в колосі	Маса зерна з колос	Маса 1000 зерен
Рік	43,0	65,6	34,2	33,5
Сорт	9,6	26,7	21,4	12,0
Варіант обробки насіння	31,3	29,1	36,2	42,4
Взаємодія та інші фактори	15,3	9,8	8,2	12,1

Формування кількості зерен у колосі найбільшою мірою визначалося умовами року (65,6 %), що підкреслює високу чутливість процесів диференціації та редукції генеративних органів до забезпеченості вологою та температурного режиму. Частка впливу сорту становила 26,7 %, що свідчить про істотну роль генотипових особливостей у формуванні озерненості колоса. Вплив варіанту обробки насіння був дещо меншим (29,1 %), тоді як взаємодія факторів – 9,8 %.

За показником маси зерна з колоса домінував варіант обробки насіння (36,2 %), що підтверджує ефективність застосування біостимуляторів у покращенні мінерального живлення та наливу зерна. Частка впливу року становила 34,2 %, сорту – 21,4 %, тоді як взаємодія та інші чинники забезпечили 8,2 % загальної варіації.

Формування маси 1000 зерен найбільшою мірою залежало від варіанту обробки насіння (42,4 %), що свідчить про істотний вплив біологічно активних

препаратів на процес наливу зерна. Умови року визначали 33,5 % варіації, тоді як сортові особливості – 12,0 %. Частка взаємодії та інших факторів становила 12,1 %.

Дані, представлені в табл. 3.3, підтверджують наявність достовірного впливу досліджуваних факторів на формування врожайності пшениці озимої. Встановлено, що продуктивність культури визначалась генетично зумовленими особливостями сортів (фактор А), варіантами передпосівної інокуляції насіння біопрепаратами (фактор Б), а також специфікою гідротермічного режиму впродовж вегетаційних періодів років досліджень.

При цьому рівень мінливості врожайності залежно від умов року та варіантів передпосівної обробки насіння характеризувався різною амплітудою у досліджуваних сортів. Так, коефіцієнт варіювання у сорту Манжелія становив 10,4 %, у сорту Алтіго – 11,6 %, що свідчить про помірну чутливість цих генотипів до зміни гідротермічних умов і технологічного чинника. Водночас сорт Богдана відзначався нижчим рівнем варіабельності ($V = 4,6 \%$), що характеризує його як більш стабільний за реакцією на варіанти обробки насіння в різні роки досліджень.

Отже, отримані значення коефіцієнта варіювання підтверджують диференційовану сортову реакцію на поєднану дію факторів «умови року $\times$ передпосівна обробка насіння», що має важливе значення для обґрунтування адаптивності та технологічної пластичності сортів.

У 2023 році відмічено максимальний рівень реалізації продуктивного потенціалу пшениці озимої м'якої за весь період досліджень. Урожайність залежно від поєднання факторів варіювала в межах 3,92–4,74 т/га: мінімальне значення отримано у сорту Манжелія на контролі, тоді як максимальне – у сорту Богдана за застосування БіоФосфор®. Розмах варіації становив 0,82 т/га, що свідчить про істотну диференціацію показників під впливом сортового та технологічного чинників за відносно сприятливих гідротермічних умов.

У середньому по сортах у 2023 році передпосівна обробка насіння біопрепаратами забезпечила позитивний приріст урожайності пшениці озимої м'якої порівняно з контролем (рис. 3.1).

Таблиця 3.3

**Рівень урожайності пшениці озимої залежно від сорту та варіанту
обробки насіння біопрепаратами, т/га (2023 - 2025 рр.).**

Сорт (фактор А)	Варіант обробки насіння (фактор Б)	Рік			Середнє за 2023- 2025 рр.	± до контролю
		2023	2024	2025		
Манжелія	Без обробки (контроль)	3,92	3,32	3,69	3,64	-
	АзотХелп®	4,23	3,23	3,71	3,72	0,08
	БіоАзот®	4,27	3,31	3,67	3,75	0,11
	БіоФосфор®	4,40	3,69	4,18	4,09	0,45
	Органік- баланс®	4,31	3,40	3,92	3,88	0,24
	Середнє ($\bar{x}$)	4,22	3,39	3,83	3,81	-
Богдана	Без обробки (контроль)	4,13	3,23	3,61	3,66	-
	АзотХелп®	4,26	3,19	3,64	3,69	0,03
	БіоАзот®	4,05	3,25	3,58	3,63	-0,03
	БіоФосфор®	4,74	3,44	3,99	4,06	0,4
	Органік- баланс®	4,39	3,38	3,80	3,86	0,2
	Середнє ($\bar{x}$)	4,31	3,30	3,72	3,78	-
Алтіго	Без обробки (контроль)	4,39	3,34	3,82	3,85	-
	АзотХелп®	4,55	3,41	3,79	3,92	0,07
	БіоАзот®	4,42	3,36	3,81	3,86	0,01
	БіоФосфор®	4,58	3,69	4,14	4,14	0,29
	Органік- баланс®	4,57	3,48	4,00	4,02	0,17
	Середнє ($\bar{x}$)	4,50	3,46	3,91	3,96	-

2023 рік: НІР₀₅: фактор А=0,16 т/га; фактор Б=0,20 т/га; фактор А×Б=0,35 т/га.

2024 рік: НІР₀₅: фактор А=0,13 т/га; фактор Б=0,17 т/га; фактор А×Б=0,30 т/га.

2025 рік: НІР₀₅: фактор А=0,12 т/га; фактор Б=0,16 т/га; фактор А×Б=0,27 т/га.

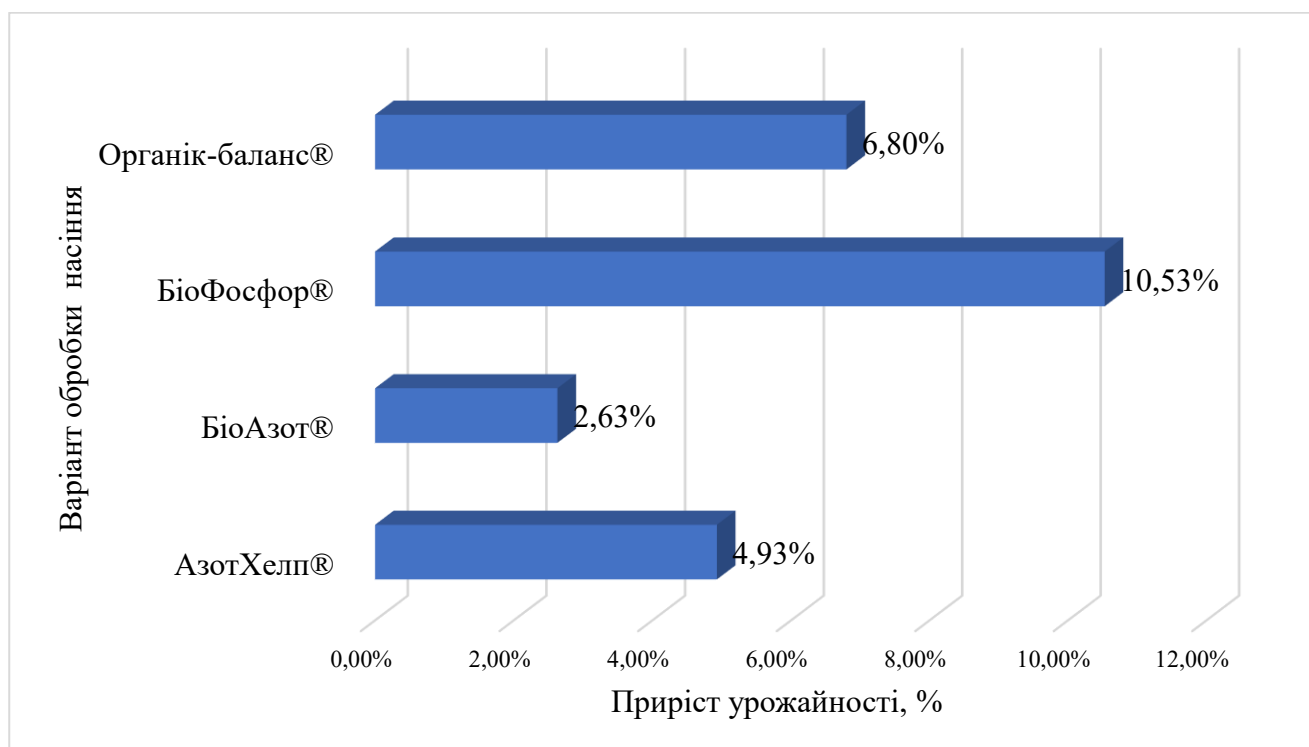


Рис 3.1. Приріст урожайності пшениці озимої м'якої залежно від варіанту обробки насіння біопрепаратами, 2023 р.

Найвищу ефективність продемонстрував препарат БіоФосфор®, середній приріст від застосування якого становив 10,53 %, що свідчить про виражений стимулюючий вплив на формування продуктивності культури.

Застосування препарату Органік-баланс® забезпечило приріст урожайності на рівні 6,80 %, що також характеризує його як ефективний елемент технології передпосівної інокуляції. Помірний ефект отримано за використання АзотХелп® – 4,93 %. Найменший приріст урожайності відмічено у варіанті з препаратом БіоАзот® – 2,63 %.

Таким чином, у сприятливих умовах 2023 року найбільш результативним у середньому по сортах був фосформобілізуючий препарат, що підтверджує доцільність його застосування в системі оптимізації технології вирощування пшениці озимої.

У 2024 році спостерігалось зниження врожайності в усіх варіантах дослідів, що характеризує обмежену реалізацію генетичного потенціалу сортів. Показники змінювалися в межах 3,19–3,69 т/га: найменшу врожайність зафіксовано у сорту

Богдана за обробки АзотХелп®, найбільшу – у сорту Алтіго за застосування БіоФосфор®. Амплітуда варіювання зменшилася до 0,50 т/га, що вказує на нівелювання дії технологічного чинника в умовах менш сприятливого вегетаційного періоду.

Результати, представлені на рис. 3.2, свідчать про диференційований вплив передпосівної обробки насіння біопрепаратами на формування врожайності пшениці озимої м'якої у 2024 році.

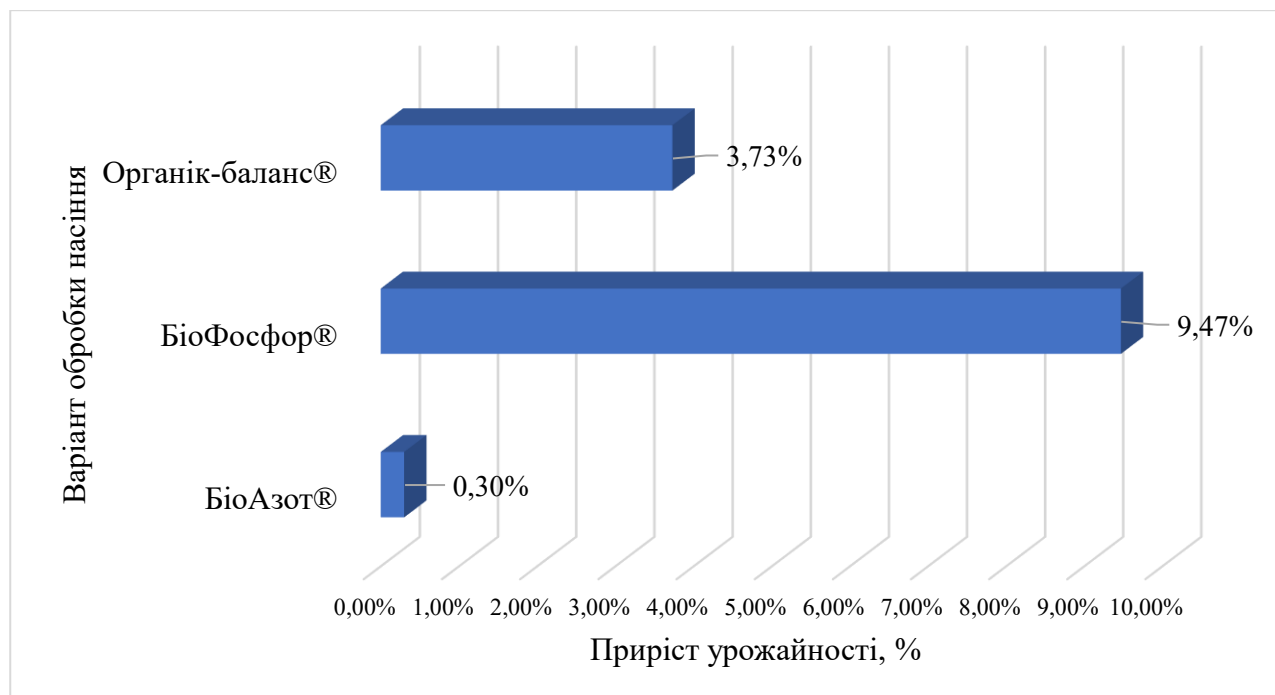


Рис. 3.2. Приріст урожайності пшениці озимої м'якої залежно від варіанту обробки насіння біопрепаратами, 2024 р.

Встановлено, що за менш сприятливих гідротермічних умов ефективність досліджуваних препаратів була неоднаковою та залежала від їх функціональної спрямованості. Найвищий середній приріст урожайності по сортах забезпечив препарат БіоФосфор® – 9,47 %, що вказує на його високу результативність у системі передпосівної інокуляції навіть за обмеженої реалізації генетичного потенціалу культури. Застосування препарату Органік-баланс® сприяло підвищенню врожайності на 3,73 %, що характеризує його як помірно ефективний технологічний прийом у даних умовах.

Натомість використання препарату БіоАзот® забезпечило мінімальний приріст – 0,30 %, що свідчить про слабо виражений стимулюючий ефект у 2024

році. Тоді як використання АзотХелп® супроводжувалося зниженням урожайності на 0,50 % порівняно з контролем, що свідчить про відсутність стимулюючої дії за умов відповідного року вирощування.

Отже, в умовах зниженого рівня продуктивності найбільш стабільний позитивний вплив на формування врожаю пшениці озимої забезпечував фосформобілізуючий препарат, що підтверджує доцільність його включення до системи оптимізації технології вирощування культури.

У 2025 році рівень урожайності був проміжним і коливався в діапазоні 3,58–4,18 т/га. Мінімальне значення відзначено у сорту Богдана за застосування БіоАзот®, максимальне – у сорту Манжелія при використанні БіоФосфор®. Різниця між варіантами становила 0,60 т/га, що свідчить про помірну диференціацію показників залежно від поєднання генотипових і технологічних факторів у даному році. Результати, представлені на рис. 3.3, свідчать про збереження позитивного впливу передпосівної обробки насіння біопрепаратами на формування врожайності пшениці озимої м'якої у 2025 році, однак ефективність препаратів була неоднаковою.

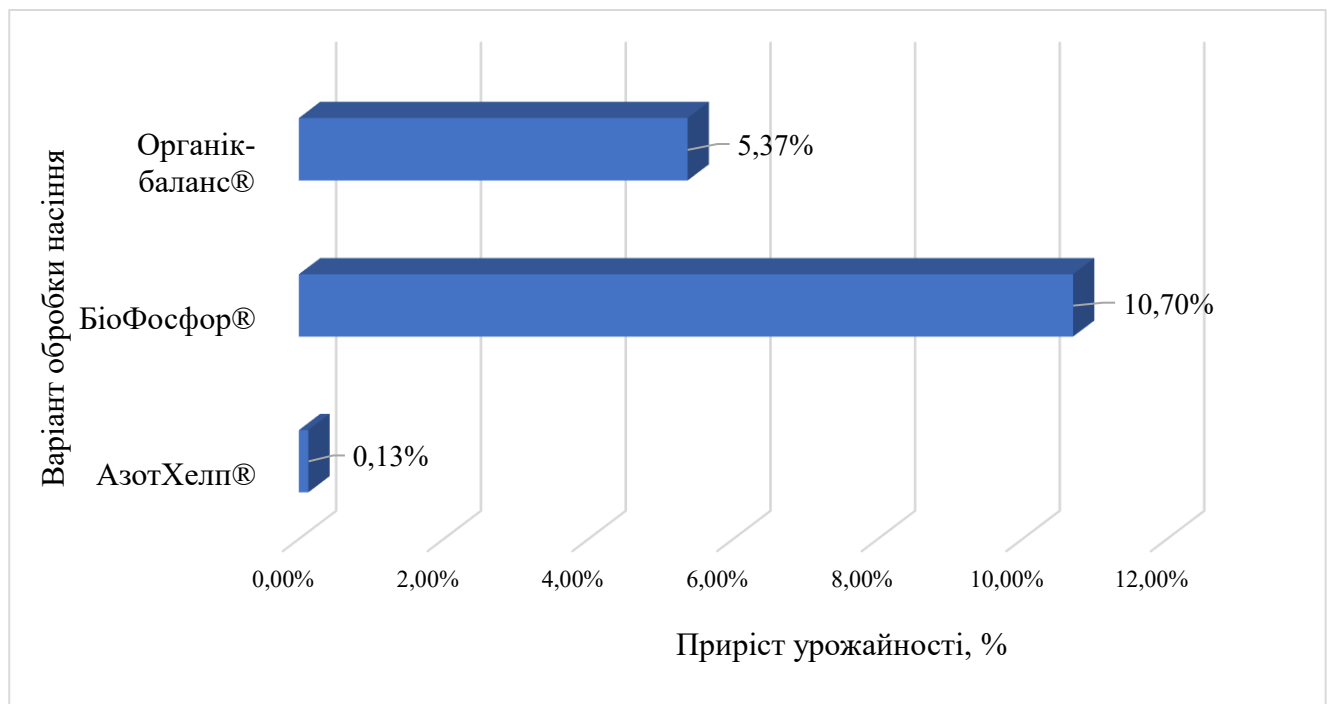


Рис. 3.3. Приріст урожайності пшениці озимої м'якої залежно від варіанту обробки насіння біопрепаратами, 2025 р.

Найвищий середній приріст урожайності по сортах забезпечив препарат БіоФосфор® – 10,70 %, що підтверджує його стабільну та виражену стимулюючу дію на продукційний процес культури. Отриманий результат свідчить про високу ефективність фосформобілізуєчого механізму дії препарату в умовах 2025 року. Застосування препарату Органік-баланс® сприяло підвищенню врожайності на 5,37 %, що характеризує його як технологічно доцільний елемент передпосівної інокуляції з помірним рівнем ефективності. Натомість використання препарату АзотХелп® забезпечило мінімальний приріст урожайності – лише 0,13 %, що свідчить про практично нейтральний вплив на формування врожаю в умовах даного року. Натомість застосування БіоАзот® супроводжувалося зниженням урожайності на 0,60 % порівняно з контролем, що вказує на відсутність позитивного ефекту та можливу залежність результативності препарату від погодних умов або сортових особливостей. Таким чином, у 2025 році, як і в попередні роки досліджень, найбільш результативним виявилось застосування препарату БіоФосфор®, що підтверджує доцільність його інтеграції в систему оптимізації технології вирощування пшениці озимої. Середні показники врожайності сортів пшениці озимої м'якої за роками досліджень свідчать про виражену залежність реалізації продуктивного потенціалу від умов вегетаційного періоду (рис 3.4).

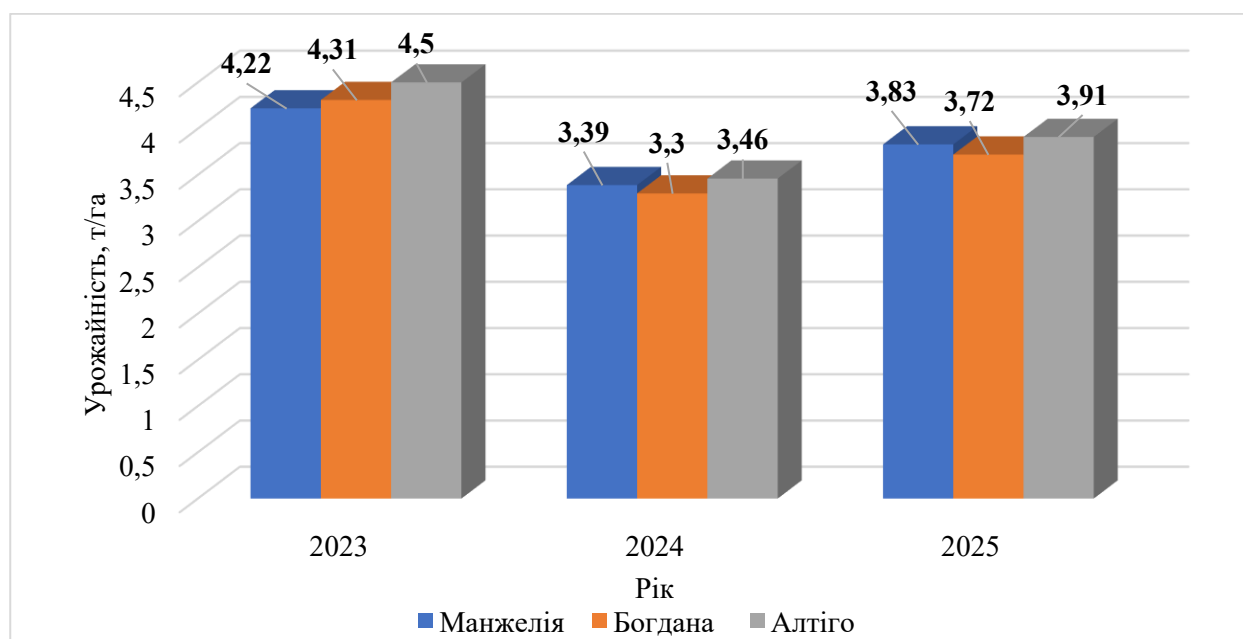


Рис. 3.4. Середня врожайність сортів пшениці м'якої озимої за роками досліджень 2023-2025 рр., т/га.

У 2023 році сформовано найвищий рівень урожайності в усіх досліджуваних генотипів: сорт Манжелія забезпечив 4,22 т/га, Богдана – 4,31 т/га, Алтіго – 4,50 т/га. У 2024 році спостерігалось істотне зниження показників продуктивності, які становили відповідно 3,39; 3,30 та 3,46 т/га, що свідчить про обмежену реалізацію генетичного потенціалу сортів за менш сприятливих гідротермічних умов. У 2025 році рівень урожайності мав проміжний характер і становив 3,83 т/га у сорту Манжелія, 3,72 т/га – Богдана та 3,91 т/га – Алтіго.

У середньому за 2023–2025 рр. найвищу продуктивність забезпечив сорт Алтіго (3,96 т/га), тоді як сорти Манжелія та Богдана сформували відповідно 3,81 і 3,78 т/га. Отримані результати свідчать про перевагу сорту Алтіго за рівнем реалізації врожайного потенціалу в умовах досліду та підтверджують значний вплив погодних чинників року на формування продуктивності культури.

Аналіз отриманих даних свідчить, що формування врожайності пшениці озимої зумовлене комплексною дією досліджуваних факторів, частка впливу яких є неоднаковою (рис 3.5).

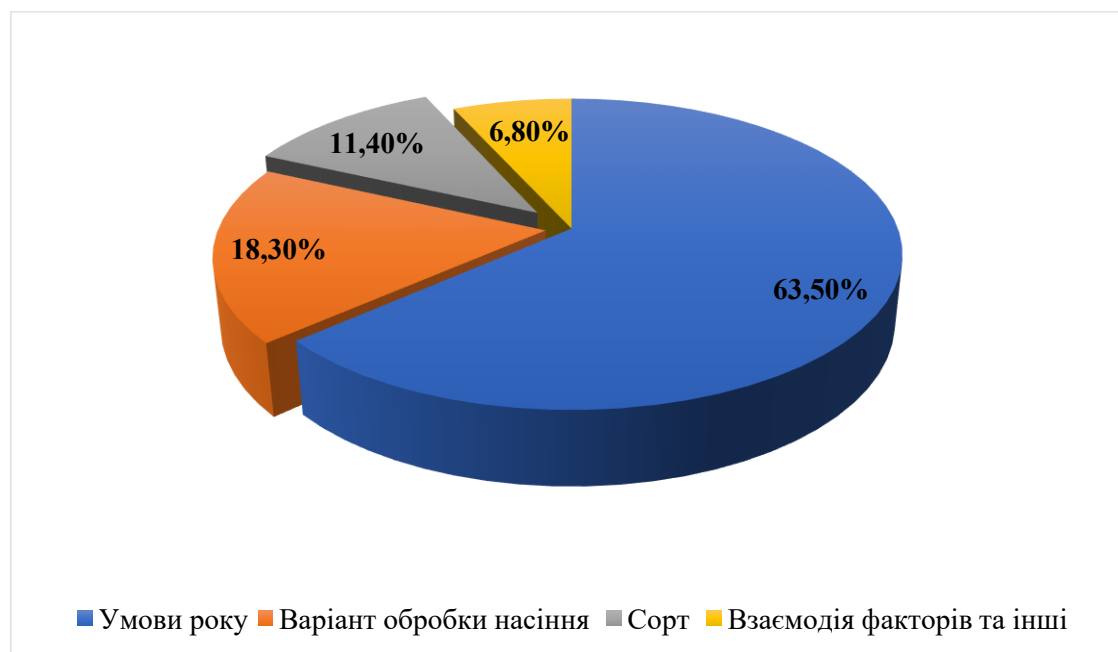


Рис. 3.5. Структура впливу факторів на формування врожайності пшениці озимої м'якої, %

Провідну роль у формуванні продуктивності відігравали умови року, частка яких у загальній варіації врожайності становила 63,50 %. Це підтверджує

визначальний вплив гідротермічного режиму вегетаційного періоду на реалізацію генетичного потенціалу сортів та ефективність технологічних прийомів.

Вплив варіанту передпосівної обробки насіння біопрепаратами становив 18,30 %, що свідчить про суттєву роль даного технологічного чинника у регулюванні рівня продуктивності культури. Отримані результати підтверджують доцільність використання біопрепаратів як інструменту оптимізації технології вирощування.

Частка сортових особливостей у структурі загальної мінливості врожайності становила 11,40 %, що характеризує генотип як статистично значущий, проте менш домінуючий фактор порівняно з погодними умовами.

На частку взаємодії факторів та інших неконтрольованих чинників припадало 6,80 %, що відображає специфічність реакції сортів на технологічні заходи в різні роки вирощування.

Таким чином, формування врожайності пшениці озимої має виражений поліфакторний характер із домінуванням впливу погодних умов, тоді як технологічні елементи, зокрема передпосівна інокуляція насіння, виступають вагомим резервом підвищення продуктивності культури.

Отже, за результатами трирічних досліджень (2023–2025 рр.) встановлено, що передпосівна інокуляція насіння біостимуляторами мікробного походження істотно впливає на формування елементів структури врожаю та рівень продуктивності пшениці озимої м'якої.

Найбільш виражений позитивний ефект зафіксовано у варіанті застосування препарату БіоФосфор®. За його використання показник продуктивної кущистості зростав до 1,41–1,51 шт./рослину, що перевищувало контроль на 0,12–0,20 шт. ($HP_{05} = 0,06$ шт.). Кількість зерен у колосі збільшувалася до 25,4–29,1 шт., або на 3,8–4,3 шт., більше порівняно з контролем ($HP_{05} = 1,06$ шт.). Маса зерна з колоса досягала 1,17–1,34 г, що забезпечувало достовірний приріст 0,20–0,29 г ($HP_{05} = 0,05$ г).

За показником маси 1000 зерен максимальні значення (до 41,2 г) встановлено у варіантах із застосуванням БіоФосфор® та Органік-баланс®, де приріст відносно

контролю становив 2,0–3,8 г і перевищував NIP_{05} (1,62 г), що свідчить про достовірність отриманих відмінностей.

У середньому за 2023–2025 рр. найвищий рівень урожайності забезпечив сорт Алтіго – 3,96 т/га, що перевищувало показники сортів Манжелія (3,81 т/га) та Богдана (3,78 т/га). Максимальне значення врожайності (4,74 т/га) зафіксовано у 2023 році у сорту Богдана за застосування БіоФосфор®.

Середній приріст урожайності від використання БіоФосфор® становив 10,53 % у 2023 р., 9,47 % у 2024 р. та 10,70 % у 2025 р., що підтверджує стабільність та високу ефективність препарату в різних гідротермічних умовах. Органік-баланс® забезпечував підвищення врожайності на 3,73–6,80 %, тоді як АзотХелп® і БіоАзот® характеризувалися нестабільною результативністю (від –0,60 до +4,93 % залежно від року).

Дисперсійний аналіз показав, що варіація врожайності на 63,5 % зумовлювалася умовами року, на 18,3 % – варіантом передпосівної обробки насіння, на 11,4 % – сортовими особливостями та на 6,8 % – взаємодією факторів. Для окремих елементів структури врожаю домінуючими були: умови року – щодо кількості зерен у колосі (65,6 %) та продуктивної кущистості (43,0 %); варіант обробки насіння – щодо маси 1000 зерен (42,4 %) та маси зерна з колоса (36,2 %).

Результати кореляційного аналізу свідчать про наявність тісного взаємозв'язку між рівнем урожайності пшениці озимої та основними елементами структури врожаю.

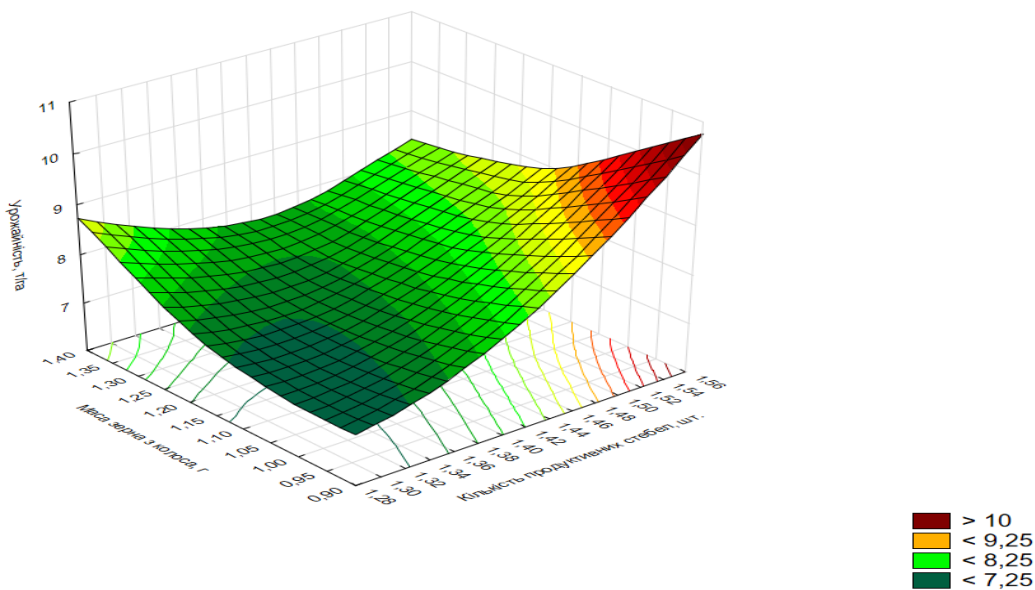
Встановлено, що між урожайністю та кількістю продуктивних стебел спостерігається високий позитивний кореляційний зв'язок ($r = 0,80$), що свідчить про значну роль формування продуктивного стеблостою у забезпеченні високого рівня врожайності культури. Це підтверджує, що збільшення густоти продуктивних стебел безпосередньо впливає на підвищення кількості колосків на одиниці площі, а відповідно – на загальний вихід зерна.

Досить тісний зв'язок встановлено також між урожайністю та кількістю зерен у колосі ($r = 0,78$), що вказує на важливу роль генеративної продуктивності колоса у формуванні врожаю. Збільшення озерненості колоса сприяє підвищенню

потенційної продуктивності рослин, оскільки саме цей показник визначає кількість зерен, що формуються на одному генеративному органі.

Помірний позитивний зв'язок виявлено між урожайністю та масою зерна з колоса ($r = 0,64$). Це свідчить про те, що показники наливу зерна мають істотний, хоча і дещо менший вплив на формування врожайності порівняно з показниками структури стеблостою та озерненості колоса. Аналогічна закономірність встановлена і для маси 1000 зерен ($r = 0,61$), що характеризує інтенсивність процесів наливу та формування крупності зерна.

Отримані результати узгоджуються з даними тривимірної моделі поверхні відгуку, яка демонструє, що максимальні значення врожайності формуються за оптимального поєднання високої кількості продуктивних стебел, маси зерна з колоса, маси 1000 зерен (рис 3.6). Саме синергічна дія цих структурних елементів забезпечує найефективнішу реалізацію продуктивного потенціалу рослин.



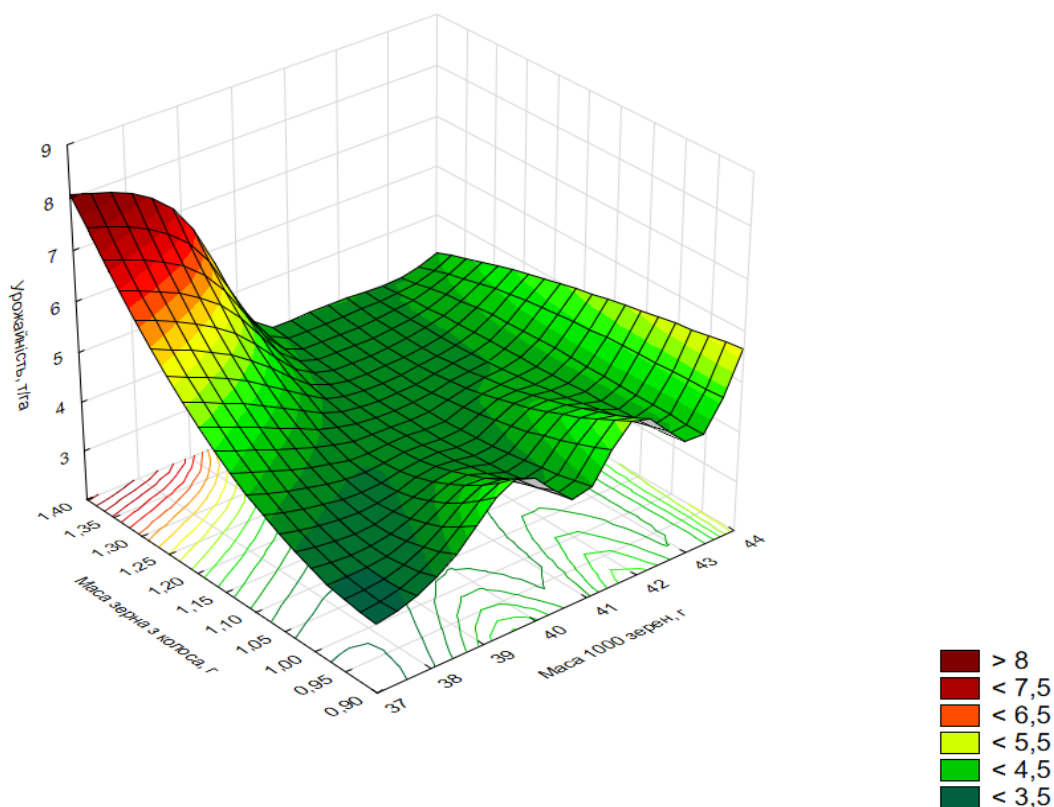


Рис. 3.6. Моделі залежності урожайності пшениці озимої від елементів структури врожаю, середнє за 2023-2025 рр.

Таким чином, проведений кореляційний аналіз підтверджує, що формування врожайності пшениці озимої має комплексний характер, проте найбільше значення мають показники продуктивної кущистості та озерненості колоса, які визначають потенційну кількість зерна на одиниці площі.

З практичної точки зору отримані результати дозволяють рекомендувати спрямування технологічних заходів на оптимізацію густоти продуктивного стеблостою та підвищення озерненості колоса, зокрема шляхом раціонального застосування регуляторів росту. Реалізація таких заходів сприятиме підвищенню ефективності використання елементів живлення, покращенню процесів формування генеративних органів та, як наслідок, стабільному зростанню врожайності пшениці озимої в умовах сучасних технологій вирощування.

3.2. Вплив позакореневого застосування мікробних біостимуляторів у фазі кушення на урожайність пшениці озимої м'якої.

Позакореневе застосування біостимуляторів на основі мікроорганізмів розглядається як один із перспективних напрямів оптимізації технології вирощування пшениці озимої. Механізм їх дії пов'язаний із активізацією фізіолого-біохімічних процесів у рослинах, покращенням засвоєння елементів живлення, стимуляцією розвитку генеративних органів та підвищенням стійкості до абіотичних і біотичних стресових чинників. У результаті це може суттєво впливати на формування окремих структурних компонентів урожаю пшениці м'якої озимої.

У таблиці 3.4 наведено результати оцінки елементів структури врожаю пшениці озимої м'якої залежно від сортових особливостей та варіантів позакореневого застосування біостимуляторів (Додаток Г5–Г8).

За показником продуктивної кущистості встановлено істотну перевагу сорту Алтіго (1,49 шт./рослину), який достовірно перевищував сорти Манжелія (1,39 шт./рослину) та Богдана (1,40 шт./рослину), оскільки різниця між середніми значеннями (0,09–0,10 шт./рослину) перевищувала HP_{05} для фактора А (0,05 шт./рослину). Водночас відмінності між сортами Манжелія та Богдана були статистично незначущими.

Застосування біопрепаратів (фактор Б) сприяло підвищенню інтенсивності кушіння порівняно з контролем. Найбільший приріст забезпечили БіоФосфор® і Граундфікс®, де збільшення становило 0,10–0,15 шт./рослину, що перевищує HP_{05} (0,06 шт./рослину) і свідчить про достовірний ефект позакореневого підживлення.

Маса 1000 зерен варіювала в межах 38,2–43,4 г. Сорт Алтіго сформував найвищі середні значення (41,9 г), що достовірно перевищувало Манжелію (39,8 г), оскільки різниця перевищувала HP_{05} для фактора А (1,5 г). За фактором Б найбільш виражений ефект відмічено у варіантах із БіоФосфор® та Граундфікс®, де приріст становив 2,0–4,0 г відносно контролю, що перевищує HP_{05} (1,7 г) і є статистично значущим.

**Елементи структури врожаю пшениці озимої м'якої залежно від дії
біостимуляторів за позакореневого застосування,
середнє за 2023-2025 рр.**

Сорт (фактор А)	Варіант обробки насіння (фактор Б)	Кількість продуктивних стебел, шт./рослини	Кількість зерен в колосі, шт.	Маса зерна з колоса, г	Маса 1000 зерен, г
Манжелія	Без обробки (контроль)	1,30	21,5	0,95	38,2
	АзотХелп®	1,38	22,6	1,25	39,7
	БіоАзот®	1,37	22,4	1,24	39,2
	БіоФосфор®	1,43	24,8	1,32	39,8
	Граундфікс®	1,45	25,6	1,35	42,2
	Середнє ($\bar{x}$)	1,39	23,4	1,22	39,8
Богдана	Без обробки (контроль)	1,31	22,0	1,06	38,4
	АзотХелп®	1,40	24	1,26	40,6
	БіоАзот®	1,38	23,8	1,25	41,4
	БіоФосфор®	1,44	26,9	1,33	41,1
	Граундфікс®	1,46	27,6	1,36	40,8
	Середнє ($\bar{x}$)	1,40	24,9	1,25	40,5
Алтіго	Без обробки (контроль)	1,42	26,3	1,12	39,9
	АзотХелп®	1,48	27,9	1,23	41,6
	БіоАзот®	1,47	27,5	1,22	41,5
	БіоФосфор®	1,52	29,3	1,35	43,1
	Граундфікс®	1,54	29,8	1,38	43,4
	Середнє ($\bar{x}$)	1,49	28,2	1,26	41,9
НІР ₀₅	Фактор А	0,05	0,7	0,04	1,5
	Фактор Б	0,06	0,9	0,06	1,7

Аналіз структури варіації елементів продуктивності пшениці озимої м'якої (табл. 3.5) засвідчив різний рівень впливу досліджуваних факторів на формування компонентів структури врожаю.

Найбільшу частку варіації більшості показників зумовлювали умови року – 33,0–45,4 %, що підтверджує значну залежність процесів кушіння, диференціації генеративних органів та наливу зерна від гідротермічного режиму вегетаційного періоду. Найбільш чутливим до погодних умов виявився показник кількості зерен у колосі (45,4 %).

Таблиця 3.5.

**Вплив факторів на формування елементів структури врожаю
пшениці озимої м'якої, %**

Фактор	Частка впливу, %			
	Кількість продуктивних стебел	Кількість зерен в колосі	Маса зерна з колоса	Маса 1000 зерен
Рік	38	45,4	35,2	33
Сорт	14,6	27,7	17,4	23,6
Варіант обробки	32,3	21,1	37,2	29,3
Взаємодія та інші фактори	15,1	5,8	10,2	14,1

Сортові особливості забезпечували 14,6–27,7 % загальної варіації. Найбільше генотип впливав на кількість зерен у колосі (27,7 %) та масу 1000 зерен (23,6 %), що свідчить про генетичну зумовленість цих ознак. Вагомим технологічним чинником був варіант обробки, частка впливу якого становила 21,1–37,2 %. Найбільший його вплив відмічено на масу зерна з колоса (37,2 %) та кількість продуктивних стебел (32,3 %), що підтверджує важливу роль застосування біостимуляторів у регулюванні процесів росту та наливу зерна. Частка взаємодії факторів та інших чинників становила 5,8–15,1 %, що відображає специфічність реакції сортів на технологічні прийоми за різних погодних умов. Дані, представлені в табл. 3.6, свідчать про статистично достовірний вплив досліджуваних факторів на

У 2023 році відзначено найвищу реалізацію врожайного потенціалу. Урожайність залежно від поєднання факторів варіювала в межах 7,46–8,44 т/га: мінімальне значення отримано у сорту Манжелія на контролі, максимальне – у сорту Алтіго за застосування Граундфікс®.

Розмах варіації становив 0,98 т/га, що перевищує $НІР_{05}$ для взаємодії факторів (0,32 т/га) та свідчить про істотний вплив комплексу «сорт × біопрепарат» за сприятливих погодних умов. Найбільший приріст відносно контролю забезпечили препарати Граундфікс® (0,60–0,68 т/га) та БіоФосфор® (0,51–0,58 т/га), що істотно перевищувало $НІР_{05}$ для фактору Б (0,18 т/га).

У 2024 році спостерігалось загальне зниження врожайності, що характеризує обмежену реалізацію генетичного потенціалу сортів за менш сприятливого гідротермічного режиму. Показники змінювалися від 6,45 т/га (Богдана, контроль) до 8,15 т/га (Алтіго, Граундфікс®). Водночас застосування біопрепаратів забезпечувало достовірний приріст урожайності, який перевищував $НІР_{05}$ для фактора Б (0,16 т/га), що підтверджує їх технологічну ефективність навіть у стресових умовах.

У 2025 році рівень урожайності мав проміжний характер (7,19–8,21 т/га). Максимальні показники знову сформував сорт Алтіго за застосування Граундфікс® (8,21 т/га), із приростом 0,68 т/га відносно контролю ($НІР_{05} = 0,34$ т/га). Стабільно високий ефект продемонстрував також препарат БіоФосфор®.

У середньому за 2023–2025 рр. найвищу врожайність забезпечив сорт Алтіго – 7,97 т/га, тоді як Манжелія та Богдана сформували відповідно 7,41 і 7,44 т/га. Отримані результати свідчать про вищу адаптивність та продуктивний потенціал сорту Алтіго в умовах дослідів.

Результати, представлені на рис. 3.7, свідчать про виражений позитивний вплив застосування біопрепаратів на формування врожайності пшениці озимої м'якої у 2023 році. За сприятливих гідротермічних умов усі досліджувані препарати забезпечили приріст урожайності порівняно з контролем, однак рівень їх ефективності суттєво різнився.

Найвищий приріст урожайності зафіксовано у варіанті із застосуванням препарату Граундфікс® – 8,90 %, що свідчить про його найбільшу результативність серед досліджуваних біопрепаратів. Висока ефективність може бути зумовлена комплексним механізмом дії препарату, спрямованим на мобілізацію фосфору і калію, біологічну фіксацію азоту та активізацію ґрунтової мікробіоти.

Застосування препарату БіоФосфор® забезпечило приріст урожайності на рівні 7,53 %, що також характеризує його як високоефективний елемент технології. Отриманий результат підтверджує значну роль оптимізації фосфорного живлення у формуванні продуктивності культури, особливо в період диференціації генеративних органів та наливу зерна.

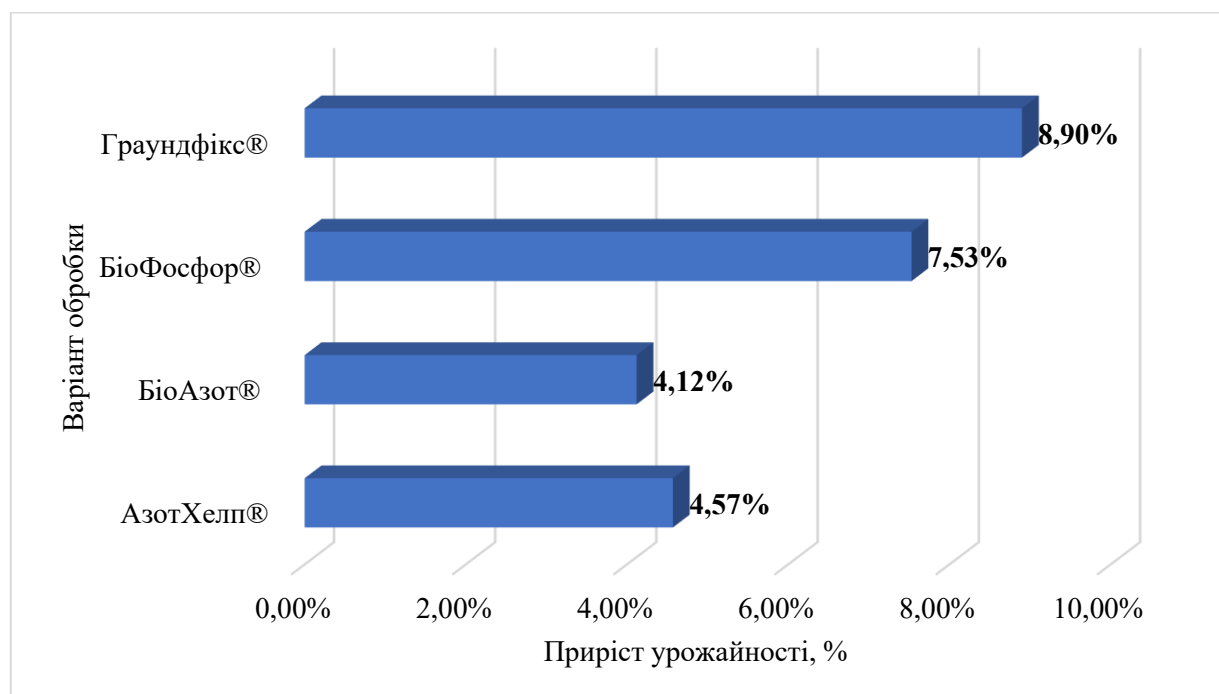


Рис. 3.7. Приріст урожайності пшениці озимої м'якої залежно від варіанту обробки біопрепаратами, 2023 р.

Менший, але також позитивний ефект отримано за використання препаратів АзотХелп® (4,57 %) та БіоАзот® (4,12 %). Їх дія пов'язана переважно з біологічною фіксацією атмосферного азоту та стимуляцією ростових процесів, що сприяє покращенню азотного живлення рослин, однак за умов достатнього природного забезпечення азотом або високої врожайної реалізації їх вплив може бути менш вираженим.

Таким чином, у 2023 році найбільш ефективними виявилися препарати комплексної та фосформобілізуючої дії, які забезпечили приріст урожайності на рівні 7,5–8,9 %. Отримані результати підтверджують доцільність застосування багатокомпонентних мікробних препаратів у технології вирощування пшениці озимої м'якої для підвищення ефективності використання елементів живлення та реалізації генетичного потенціалу сортів.

Результати, наведені на рис. 3.8, свідчать про збереження позитивного впливу біопрепаратів на формування врожайності пшениці озимої м'якої у 2024 році, однак рівень ефективності був дещо нижчим порівняно з попереднім роком, що узгоджується з менш сприятливими гідротермічними умовами вегетаційного періоду.

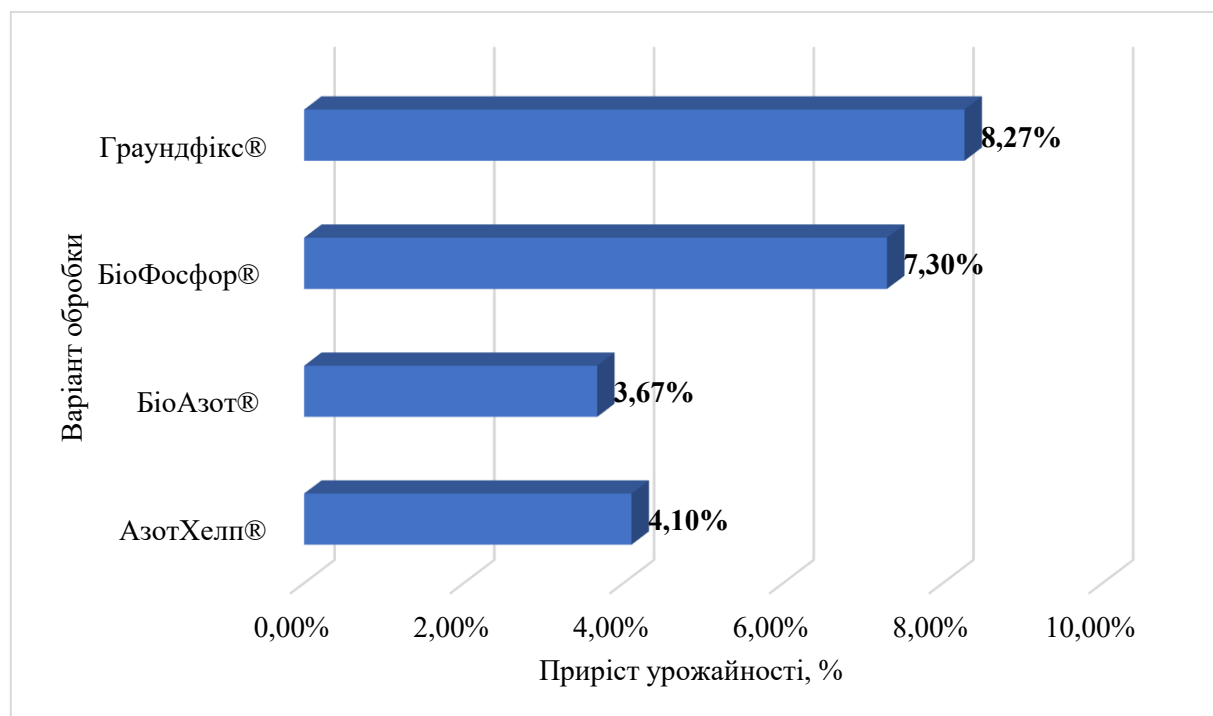


Рис. 3.8. Приріст урожайності пшениці озимої м'якої залежно від варіанту обробки біопрепаратами, 2024 р.

Найвищий приріст урожайності забезпечив препарат Граундфікс® – 8,27 %, що підтверджує його стабільну та виражену дію за різних погодних умов. Комплексний механізм впливу препарату, спрямований на мобілізацію фосфору і калію, біологічну фіксацію азоту та активізацію мікробіологічних процесів у ґрунті, сприяв підвищенню рівня реалізації продуктивного потенціалу культури навіть за обмеженої вологозабезпеченості.

Застосування препарату БіоФосфор® забезпечило приріст урожайності на рівні 7,30 %, що свідчить про високу ефективність фосформобілізуючої дії та значну роль оптимізації фосфорного живлення у формуванні врожаю.

Менш виражений, проте позитивний ефект отримано у варіантах із застосуванням АзотХелп® (4,10 %) та БіоАзот® (3,67 %). Дія азотфіксуючих мікроорганізмів у складі цих препаратів сприяла покращенню азотного живлення, однак їх результативність була більш залежною від погодних умов року, що відобразилося у відносно нижчому прирості врожайності.

Результати, наведені на рис. 3.9, підтверджують наявність достовірного впливу варіантів обробки біопрепаратами на формування врожайності пшениці озимої м'якої у 2025 році. Встановлено, що всі досліджувані препарати забезпечили позитивний приріст урожайності порівняно з контролем, однак рівень їх ефективності був неоднаковим.

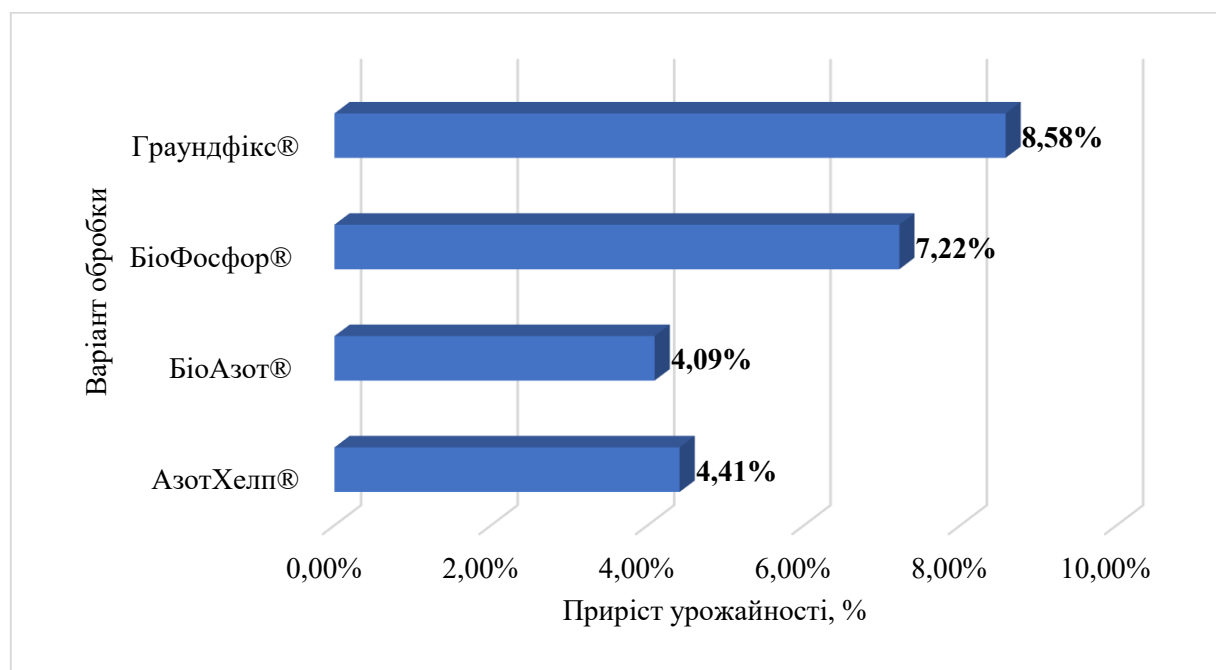


Рис. 3.9. Приріст урожайності пшениці озимої м'якої залежно від варіанту обробки біопрепаратами, 2025 р.

Найвищий приріст урожайності отримано у варіанті застосування препарату Граундфікс® – 8,58 %, що свідчить про його стабільно високу результативність та комплексний характер дії. Поєднання азотфіксуючих, фосфор- і каліймобілізуючих мікроорганізмів сприяло активізації ґрунтових біологічних процесів, покращенню

мінерального живлення рослин і, як наслідок, підвищенню рівня реалізації їх генетичного потенціалу.

Застосування препарату БіоФосфор® забезпечило приріст урожайності на рівні 7,22 %, що підтверджує ефективність мобілізації важкодоступних форм фосфору у формуванні генеративних органів та процесах наливу зерна.

Препарати АзотХелп® та БіоАзот® забезпечили приріст урожайності відповідно 4,41 % і 4,09 %. Їхня дія, пов'язана з біологічною фіксацією атмосферного азоту та стимуляцією ростових процесів, сприяла покращенню азотного живлення рослин, однак ефективність була менш вираженою порівняно з багатоконпонентними препаратами.

Середні показники врожайності сортів пшениці озимої м'якої за 2023–2025 рр. свідчать про істотну залежність рівня реалізації продуктивного потенціалу як від генотипових особливостей, так і від гідротермічних умов року вирощування (рис. 3.10).

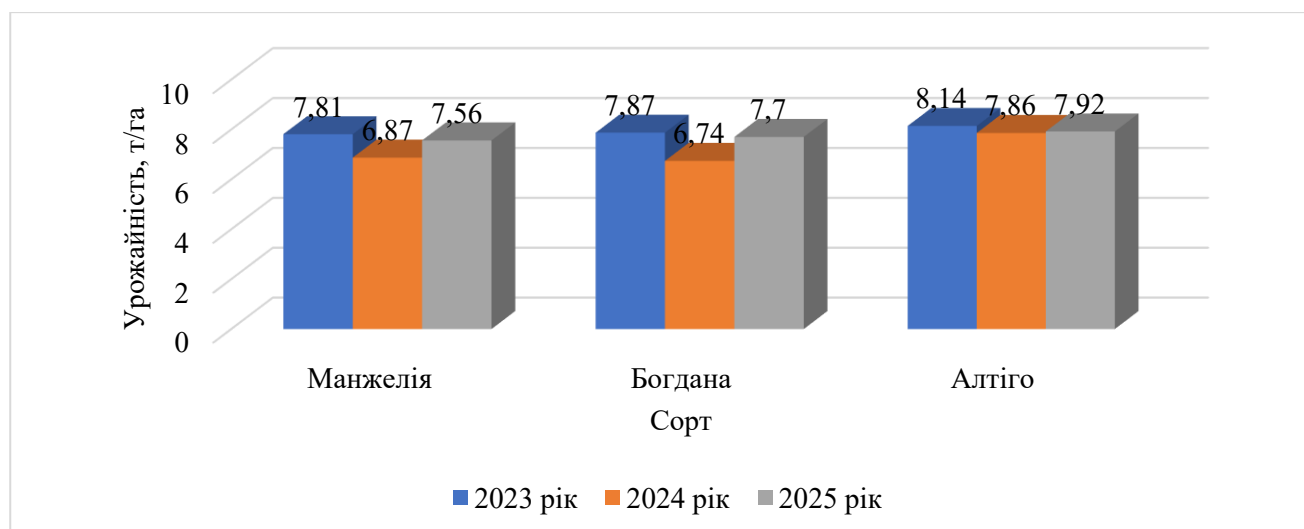


Рис. 3.10. Середня врожайність сортів пшениці м'якої озимої за роками досліджень 2023-2025 рр., т/га.

У 2023 році сформовано найвищий рівень урожайності за весь період досліджень. Сорт Алтіго забезпечив 8,14 т/га, що перевищувало сорт Богдана на 0,27 т/га та сорт Манжелію на 0,33 т/га. Різниця між Манжелією та Богданою була мінімальною – 0,06 т/га, що свідчить про близький рівень їх продуктивності за сприятливих умов року.

У 2024 році відбулося зниження врожайності в усіх сортів. Найвищий показник знову сформував сорт Алтіго – 7,86 т/га, що було на 1,12 т/га більше порівняно з Богданою (6,74 т/га) та на 0,99 т/га більше, ніж у Манжелії (6,87 т/га). Різниця між Манжелією та Богданою становила 0,13 т/га. Порівняно з 2023 роком зниження врожайності склало: у Манжелії – 0,94 т/га (12,0 %), у Богдани – 1,13 т/га (14,4 %), у Алтіго – 0,28 т/га (3,4 %). Менша амплітуда зниження у сорту Алтіго свідчить про його вищу адаптивність до менш сприятливих умов.

У 2025 році рівень урожайності мав проміжний характер. Сорт Алтіго сформував 7,92 т/га, що перевищувало Манжелію (7,56 т/га) на 0,36 т/га та Богдану (7,70 т/га) на 0,22 т/га. Порівняно з 2024 роком приріст урожайності становив: у Манжелії – 0,69 т/га, у Богдани – 0,96 т/га, у Алтіго – 0,06 т/га, що свідчить про часткове відновлення продуктивності за більш сприятливих умов.

У середньому за 2023–2025 рр. найвищу врожайність забезпечив сорт Алтіго – 7,97 т/га. Він перевищував Манжелію (7,41 т/га) на 0,56 т/га та Богдану (7,44 т/га) на 0,53 т/га. Різниця між Манжелією та Богданою становила лише 0,03 т/га, що характеризує їх як близькі за рівнем середньої продуктивності.

Таким чином, аналіз міжрічної та міжсорткової варіабельності свідчить про перевагу сорту Алтіго за стабільністю та рівнем реалізації врожайного потенціалу. Найбільша диференціація між сортами проявилася у 2024 році (до 1,12 т/га), тоді як у більш сприятливих умовах 2023 року різниця між генотипами була менш вираженою. Отримані результати підтверджують визначальний вплив умов року та водночас демонструють різний рівень адаптивності досліджуваних сортів.

Дисперсійний аналіз структури формування врожайності пшениці озимої м'якої (рис. 3.11) засвідчив переважаючий вплив умов року, частка яких у загальній варіації становила 38,2 %. Це підтверджує визначальну роль гідротермічного режиму вегетаційного періоду у реалізації продуктивного потенціалу культури.

Сортові особливості забезпечили 22,8 % варіації врожайності, що свідчить про істотне значення генотипу у формуванні рівня продуктивності та його адаптивних властивостей. Внесок варіанту обробки біопрепаратами

становив 17,5 %, що характеризує досліджуваний технологічний прийом як статистично значущий чинник регулювання врожайності.

Частка взаємодії факторів складала 10,4 %, що відображає специфічність реакції сортів на застосування біопрепаратів за різних погодних умов. Інші неконтрольовані чинники забезпечували 11,1 % загальної мінливості показника.

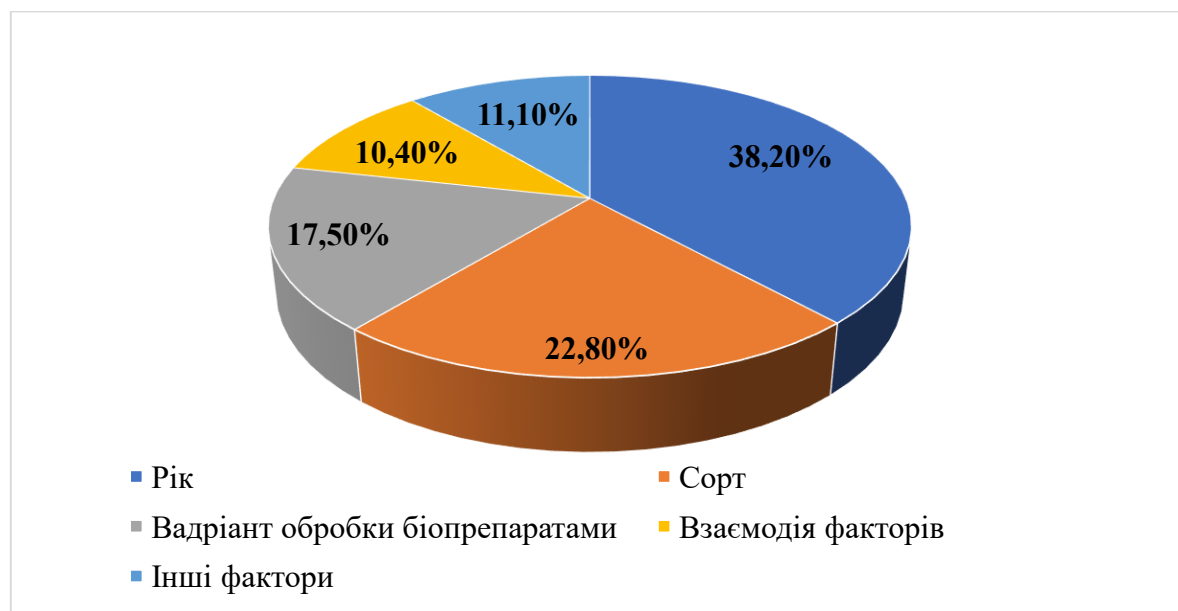


Рис. 3.11. Структура впливу факторів на формування врожайності пшениці озимої м'якої, %.

Проведений кореляційний аналіз дозволив встановити характер взаємозв'язків між урожайністю пшениці озимої м'якої та основними елементами структури врожаю за умов застосування біостимуляторів на основі мікроорганізмів у фазі весняного кушення (ВВСН 21–23) (рис. 3.12). Отримані результати свідчать про наявність тісних позитивних кореляційних залежностей, що підтверджує визначальну роль структурних елементів продуктивності у формуванні врожайності культури.

Найбільш тісний зв'язок встановлено між урожайністю та кількістю продуктивних стебел ($r = 0,98$), що свідчить про ключову роль продуктивної кущистості у формуванні врожаю. Збільшення кількості продуктивних стебел безпосередньо підвищує густоту продуктивного стеблостою і, відповідно, кількість колосків на одиниці площі. Така закономірність пояснюється стимулюючим впливом мікробних біостимуляторів на розвиток кореневої системи,

інтенсифікацію фізіолого-біохімічних процесів та підвищення життєздатності пагонів кушення.

Високий кореляційний зв'язок встановлено також між урожайністю та масою зерна з колоса ($r = 0,96$), що свідчить про значну роль процесів наливу зерна у формуванні кінцевої продуктивності культури. Під впливом біостимуляторів на основі мікроорганізмів відбувається активізація мінерального живлення рослин, поліпшення засвоєння азоту, фосфору та інших елементів живлення, що сприяє інтенсивнішому накопиченню асимілянтів у зерні та збільшенню його маси.

Досить тісний позитивний зв'язок встановлено між урожайністю та масою 1000 зерен ($r = 0,89$), що характеризує важливу роль процесів наливу та формування крупності зерна. Застосування мікробних препаратів сприяє підвищенню фотосинтетичної активності рослин і більш ефективному використанню поживних речовин, що забезпечує формування повноцінного та виповненого зерна.

Порівняно з іншими елементами структури врожаю дещо слабший, але статистично значущий зв'язок встановлено між урожайністю та кількістю зерен у колосі ($r = 0,68$). Це свідчить про те, що озерненість колоса формується за впливу не лише технологічних прийомів, а й генетичних особливостей сорту та погодних умов у період диференціації генеративних органів.

Аналіз просторових моделей поверхні відгуку підтверджує отримані закономірності та демонструє, що максимальний рівень урожайності формується за поєднання високої кількості продуктивних стебел, маси зерна з колоса, кількості зерен в колосі та маси 1000 зерен, що забезпечує найповнішу реалізацію продуктивного потенціалу рослин пшениці озимої м'якої.

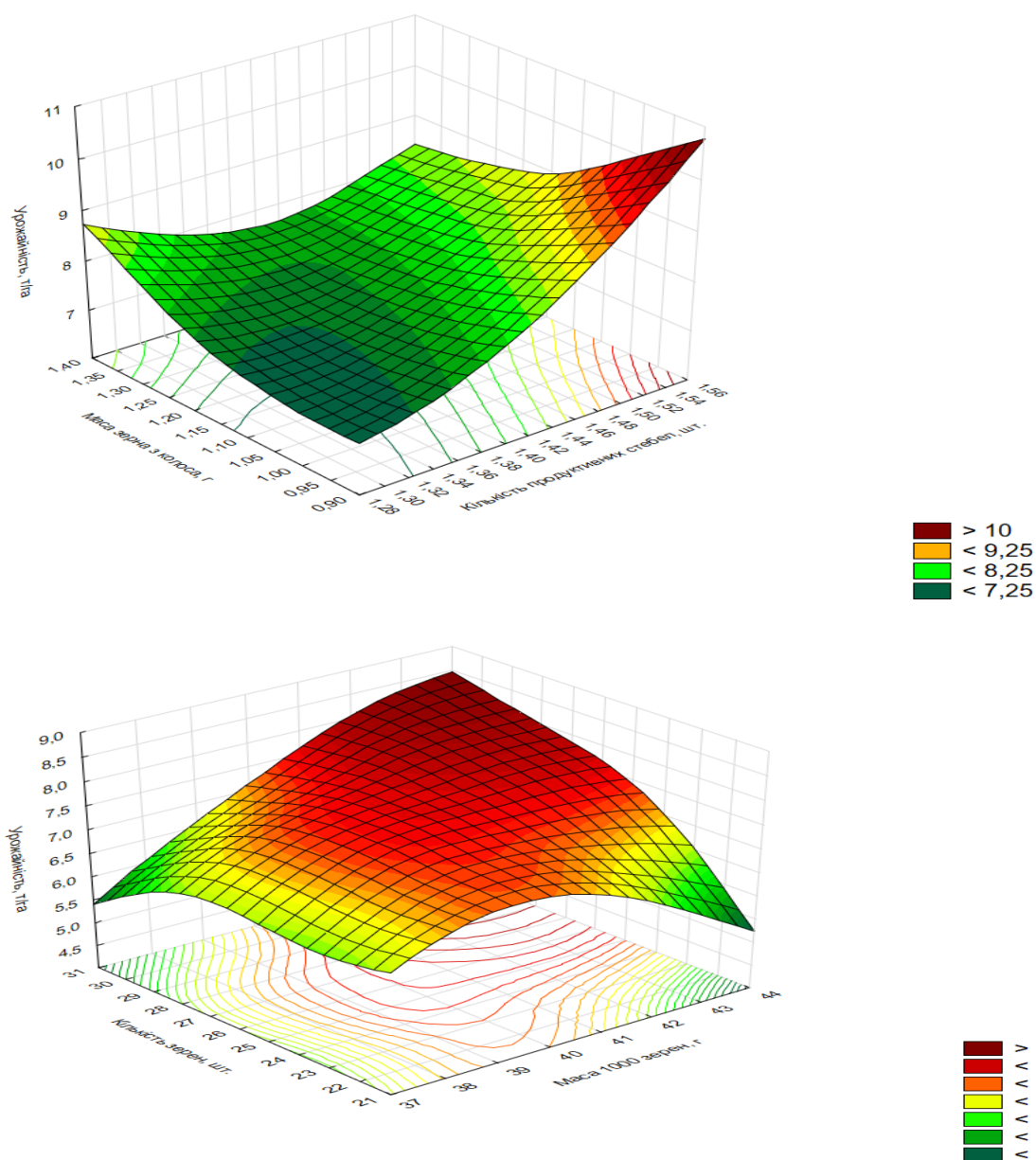


Рис. 3.12. Моделі залежності урожайності пшениці озимої від елементів структури врожаю, середнє за 2023-2025 рр.

З огляду на встановлені закономірності доцільно рекомендувати включення біостимуляторів на основі мікроорганізмів до технології вирощування пшениці озимої з їх застосуванням у фазі весняного кущення (ВВСН 21–23). Такий прийом сприяє активізації ростових процесів, формуванню оптимальної густоти продуктивного стеблостою, збільшенню маси зерна з колоса та крупності зерна, що в сукупності забезпечує підвищення рівня реалізації продуктивного потенціалу культури.

3.3. Ефективність застосування гумінових біостимуляторів в системі азотного живлення пшениці озимої.

Формування високої та стабільної врожайності пшениці озимої м'якої в сучасних умовах землеробства визначається ефективністю функціонування системи мінерального живлення, серед елементів якої провідне місце належить азоту. Азотне живлення обумовлює інтенсивність ростових процесів, формування листової поверхні, активність фотосинтетичного апарату та синтез білкових сполук, що безпосередньо впливає на закладання та реалізацію елементів структури врожаю. Водночас коефіцієнт використання азотних добрив у виробничих умовах часто залишається недостатнім через втрати азоту в ґрунті, нестабільність погодних чинників та обмежену здатність рослин до його повноцінної асиміляції.

У зв'язку з цим актуальним є пошук технологічних прийомів, спрямованих на підвищення ефективності використання азоту без збільшення норм його внесення. Одним із перспективних напрямів оптимізації азотного живлення є інтеграція гумінових біостимуляторів у систему удобрення. Гумінові та фульвокислоти характеризуються поліфункціональною дією: активізують розвиток кореневої системи, посилюють проникність клітинних мембран, стимулюють активність ферментних систем, зокрема нітратредуктази та глутамінсинтетази, що беруть участь у процесах відновлення та включення азоту в органічні сполуки. Крім того, вони сприяють покращенню фізіологічного стану рослин, підвищенню їх стійкості до абіотичних стресів та оптимізації метаболічних процесів.

Узагальнення даних, отриманих у середньому за 2023–2025 рр., показало, що поєднання генотипових властивостей сортів із досліджуваними технологічними прийомами істотно впливало на показники продуктивної кущистості, озерненості колоса та параметри наливу зерна (табл. 3.7) (Додаток Г9–Г12).

За показником продуктивної кущистості встановлено достовірну перевагу сорту Алтіго, середнє значення якого становило 1,47 шт./рослину, тоді як у сорту Манжелія цей показник дорівнював 1,38 шт./рослину.

Елементи структури врожаю пшениці озимої м'якої залежно від дії гумінових біостимуляторів в системі азотного живлення, середнє за 2023-2025 рр.

Сорт (фактор А)	Варіант обробки (фактор Б)	Кількість продуктивних стебел, шт./рослини	Кількість зерен в колосі, шт.	Маса зерна з колоса, г	Маса 1000 зерен, г
Манжелія	Без обробки (контроль)	1,27	21,0	0,93	38,4
	БіоСтимікс®	1,33	22,3	1,01	39,1
	Відновлення®	1,32	22,0	0,99	38,9
	N ₆₈	1,41	24,8	1,15	40,3
	БіоСтимікс® + N ₆₈	1,48	27,2	1,28	41,6
	Відновлення® + N ₆₈	1,49	27,4	1,30	41,8
	Середнє ($\bar{x}$)	1,38	24,1	1,11	40,0
Алтіго	Без обробки (контроль)	1,36	24,0	1,08	39,2
	БіоСтимікс®	1,41	25,2	1,16	40,1
	Відновлення®	1,44	26,1	1,18	40,4
	N ₆₈	1,5	28,4	1,30	41,6
	БіоСтимікс® + N ₆₈	1,55	30,2	1,40	42,8
	Відновлення® + N ₆₈	1,57	30,8	1,45	43,3
	Середнє ($\bar{x}$)	1,47	27,5	1,26	41,2
НІР ₀₅	Фактор А	0,05	1,8	0,9	1,6
	Фактор Б	0,07	2,2	0,16	1,9

Різниця між сортами становила 0,09 шт., що перевищує НІР₀₅ для фактора А (0,05 шт./рослину), і свідчить про статистично значущу перевагу сорту Алтіго за інтенсивністю формування продуктивного стеблостою. Вплив варіанту обробки (фактор Б) також був істотним. Найнижчі показники зафіксовано на контролі – 1,27 шт./рослину у сорту Манжелія та 1,36 шт./рослину у сорту Алтіго. Застосування

гумінових біостимуляторів окремо сприяло незначному підвищенню продуктивної кущистості (до 1,32–1,44 шт./рослину), однак найбільший ефект відмічено у варіантах сумісного застосування біостимуляторів із азотними добривами. Так, у варіантах БіоСтимікс® + N₆₈ та Відновлення® + N₆₈ показник зростав до 1,48–1,49 шт./рослину у сорту Манжелія та 1,55–1,57 шт./рослину у сорту Алтіго, що перевищувало контроль на 0,21–0,30 шт. і було достовірним, оскільки різниця перевищувала НІР₀₅ для фактора Б (0,07 шт./рослину).

Подібна закономірність встановлена і за кількістю зерен у колосі. У середньому за роки досліджень сорт Алтіго сформував 27,5 шт. зерен, що достовірно перевищувало показник сорту Манжелія (24,1 шт. зерен), оскільки різниця 3,4 шт. зерен значно перевищувала НІР₀₅ для фактора А (1,8 шт.). Найменша озерненість колоса спостерігалася у контрольних варіантах – 21,0 шт. зерен у сорту Манжелія та 24,0 шт. зерен у сорту Алтіго. Використання лише біостимуляторів забезпечувало помірне зростання показника до 22,0–26,1 шт. зерна, тоді як внесення азотного добрива N₆₈ сприяло його підвищенню до 24,8–28,4 шт. зерен. Максимальні значення відмічено за сумісного застосування біостимуляторів і азотного живлення – 27,2–27,4 шт. зерен у сорту Манжелія та 30,2–30,8 шт. зерен у сорту Алтіго, що на 4,6–6,4 шт. зерен перевищувало контроль і значно перевищувало НІР₀₅ для фактора Б (2,2 шт.).

За показником маси зерна з колоса також встановлено перевагу сорту Алтіго. У середньому за роки досліджень цей показник становив 1,26 г, тоді як у сорту Манжелія – 1,11 г. Різниця 0,15 г перевищувала НІР₀₅ для фактора А (0,9 г), що свідчить про достовірний вплив генотипових особливостей на процес формування та наливу зерна. Мінімальні значення відмічено у контрольних варіантах (0,93–1,08 г). Використання біостимуляторів сприяло підвищенню показника до 0,99–1,18 г, тоді як застосування азотного живлення – до 1,15–1,30 г. Найбільша маса зерна з колоса сформована за комбінованого застосування біостимуляторів із азотним живленням – 1,28–1,30 г у сорту Манжелія та 1,40–1,45 г у сорту Алтіго. Приріст відносно контролю становив 0,35–0,37 г, що істотно перевищувало НІР₀₅ для чинника Б (0,16 г).

Маса 1000 зерен у досліді варіювала в межах 38,4–43,3 г. Найвищі середні значення сформував сорт Алтіго – 41,2 г, що перевищувало Манжелію (40,0 г) на 1,2 г. Водночас ця різниця була близькою до НІР₀₅ для фактора А (1,6 г), що свідчить про менш виражений вплив сорту на даний показник порівняно з іншими елементами структури врожаю. Найменша маса 1000 зерен спостерігалася у контрольних варіантах (38,4–39,2 г). Застосування біостимуляторів сприяло її підвищенню до 38,9–40,4 г, а використання азотного живлення – до 40,3–41,6 г. Максимальні значення відмічено у варіантах БіоСтимікс® + N₆₈ та Відновлення® + N₆₈, де маса 1000 зерен досягала 41,6–41,8 г у сорту Манжелія та 42,8–43,3 г у сорту Алтіго, що на 3,2–4,1 г перевищувало контроль і значно перевищувало НІР₀₅ зумовлене чинником Б (1,9 г).

Аналіз структури варіації елементів продуктивності пшениці озимої м'якої (табл. 3.8) засвідчив різну міру впливу досліджуваних факторів на формування компонентів структури врожаю.

Таблиця 3.8.

Вплив факторів на формування елементів структури врожаю пшениці озимої м'якої, %

Фактор	Частка впливу, %			
	Кількість продуктивних стебел	Кількість зерен в колосі	Маса зерна з колоса	Маса 1000 зерен
Рік	38,0	45,4	35,2	33,0
Сорт	14,6	27,7	17,4	23,6
Варіант обробки	32,3	21,1	37,2	29,3
Взаємодія та інші фактори	15,1	5,8	10,2	14,1

Максимальну частку варіації більшості показників зумовлювали умови року – 33,0–45,4 %, що підтверджує значну залежність процесів кушіння, диференціації генеративних органів та наливу зерна від гідротермічного режиму

вегетаційного періоду. Найбільш чутливим до погодних умов виявився показник кількості зерен у колосі (45,4 %).

Сортові особливості забезпечували 14,6–27,7 % загальної варіації. Найбільше генотип впливав на кількість зерен у колосі (27,7 %) та масу 1000 зерен (23,6 %), що свідчить про генетичну зумовленість цих ознак.

Вагомим технологічним чинником був варіант обробки, частка впливу якого становила 21,1–37,2 %. Найбільший його вплив відмічено на масу зерна з колоса (37,2 %) та кількість продуктивних стебел (32,3 %), що підтверджує важливу роль застосування біостимуляторів у регулюванні процесів росту та наливу зерна.

Частка взаємодії факторів та інших чинників становила 5,8–15,1 %, що відображає специфічність реакції сортів на технологічні прийоми за різних погодних умов.

Отримані експериментальні дані підтверджують, що як генотипові властивості сортів, так і застосовані елементи технології живлення істотно впливали на рівень реалізації продуктивного потенціалу культури (табл. 3.9).

У 2023 році сформовано найвищий рівень продуктивності культури за весь період досліджень. Урожайність у досліді варіювала в межах 4,04–7,03 т/га. Мінімальне значення отримано у сорту Манжелія на контролі (4,04 т/га), тоді як максимальний показник зафіксовано у сорту Алтіго у варіанті Відновлення® + N₆₈ – 7,03 т/га. Розмах варіації становив 2,99 т/га, що істотно перевищує НІР₀₅ для взаємодії факторів (0,41 т/га), підтверджуючи значний вплив комплексу «сорт × технологічний прийом».

Застосування лише гумінових біостимуляторів забезпечило помірне підвищення врожайності відносно контролю: у сорту Манжелія приріст становив 0,17–0,26 т/га, у сорту Алтіго – 0,18–0,45 т/га. Водночас внесення азотного добрива у дозі N₆₈ забезпечило значно вищий ефект – підвищення врожайності на 1,05–1,08 т/га, що істотно перевищує НІР₀₅ для фактора Б (0,30 т/га). Найбільш результативним виявилось комбіноване застосування гумінових біостимуляторів з азотним живленням, де приріст урожайності становив 1,61–1,64 т/га у сорту Манжелія та 1,45–1,54 т/га у сорту Алтіго.

**Вплив регуляторів росту та гумінових біостимуляторів на реалізацію
продуктивного потенціалу пшениці озимої м'якої
на фоні азотного живлення, т/га (2023-2025 рр.).**

Сорт (фактор А)	Варіант обробки (фактор Б)	Рік			Середнє за 2023- 2025 рр.	± до контролю
		2023	2024	2025		
Манжелія	Без обробки (контроль)	4,04	3,65	3,84	3,84	-
	БіоСтимікс®	4,39	3,86	4,05	4,1	0,26
	Відновлення®	4,28	3,77	3,97	4,01	0,17
	N ₆₈	5,35	4,65	4,66	4,89	1,05
	БіоСтимікс® + N ₆₈	5,79	5,26	5,29	5,45	1,61
	Відновлення® + N ₆₈	5,97	5,27	5,19	5,48	1,64
	Середнє ($\bar{x}$)	4,97	4,41	4,50	4,63	-
Алтіго	Без обробки (контроль)	5,24	4,46	5,02	4,91	-
	БіоСтимікс®	5,42	4,85	5,27	5,18	0,27
	Відновлення®	5,69	4,98	5,36	5,34	0,43
	N ₆₈	6,52	5,31	6,16	5,99	1,08
	БіоСтимікс® + N ₆₈	6,83	5,79	6,47	6,36	1,45
	Відновлення® + N ₆₈	7,03	5,68	6,65	6,45	1,54
	Середнє ($\bar{x}$)	6,12	5,18	5,82	5,71	-
2023 рік: НІР ₀₅ : Фактор А=0,18 т/га; Фактор Б=0,30 т/га; Фактор А×Б=0,41т/га; 2024 рік: НІР ₀₅ : Фактор А=0,15 т/га; Фактор Б=0,25 т/га; Фактор А×Б=0,25 т/га; 2025 рік: НІР ₀₅ : Фактор А=0,16 т/га; Фактор Б=0,27 т/га; Фактор А×Б=0,38 т/га.						

У 2024 році спостерігали зниження рівня врожайності порівняно з попереднім роком, що пов'язано з менш сприятливими погодними умовами. Урожайність варіювала в межах 3,65–5,79 т/га. Найнижчий показник отримано у

сорт Манжелія на контролі (3,65 т/га), тоді як найвищий врожай сформував сорт Алтіго у варіанті БіоСтимікс® + N₆₈ – 5,79 т/га. Різниця між варіантами перевищувала НІР₀₅ для фактора Б (0,25 т/га), що свідчить про достовірний вплив досліджуваних технологічних прийомів навіть за менш сприятливих метеорологічних умов року.

У 2025 році рівень урожайності мав проміжний характер і коливався в межах 3,84–6,65 т/га. Максимальне значення знову сформував сорт Алтіго за застосування препарату Відновлення® + N₆₈ – 6,65 т/га, що перевищувало контроль на 1,63 т/га. Усі варіанти з використанням азотного добрива або його поєднання з біостимуляторами забезпечували достовірне підвищення врожайності, оскільки різниця перевищувала НІР₀₅ для фактора Б (0,27 т/га).

Результати, представлені на рисунку 3.13, свідчать про суттєвий вплив гумінових біостимуляторів та їх поєднання з азотним живленням на формування врожайності пшениці озимої м'якої у 2023 році.

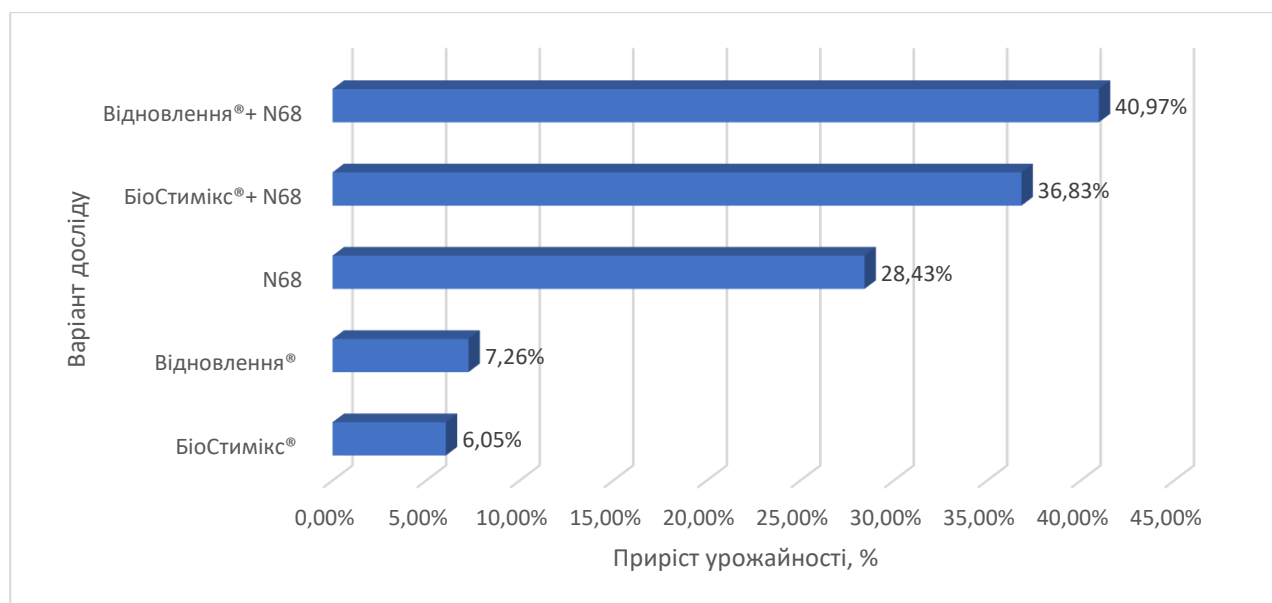


Рис. 3.13. Приріст урожайності пшениці озимої м'якої залежно від застосування гумінових біостимуляторів у системі азотного живлення, 2023 р.

У 2023 році найвищу ефективність забезпечив варіант Відновлення® + N₆₈, де приріст урожайності становив 40,97 %, що свідчить про виражений синергічний ефект сумісного застосування гумінового біостимулятора та азотного добрива. Дещо нижчий, проте також високий результат отримано у варіанті

БіоСтимікс® + N₆₈, де підвищення врожайності становило 36,83 % (див. рис. 3.13.). Це підтверджує, що використання гумінових препаратів у поєднанні з азотними добривами сприяє більш ефективному засвоєнню елементів живлення та інтенсифікації фізіолого-біохімічних процесів у рослинах.

Застосування лише азотного добрива у дозі N₆₈ забезпечило приріст урожайності на рівні 28,43 %, що також свідчить про значну роль оптимізації азотного живлення у формуванні продуктивності культури. Водночас використання біостимуляторів без додаткового внесення азоту мало помірний ефект: приріст урожайності становив 7,26 % у варіанті Відновлення® та 6,05 % у варіанті БіоСтимікс®.

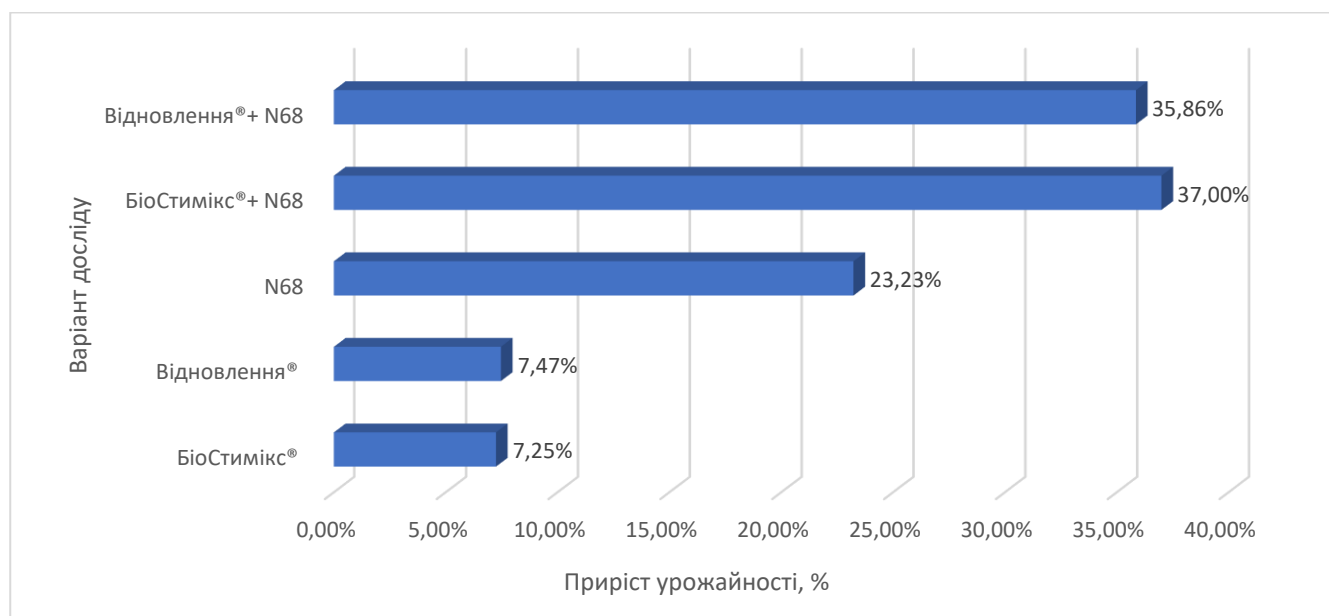


Рис. 3.14. Приріст урожайності пшениці озимої м'якої залежно від застосування гумінових біостимуляторів у системі азотного живлення, 2024 р.

Найвищий приріст урожайності в 2024 році отримано у варіанті БіоСтимікс® + N₆₈, де зростання продуктивності становило 37,0 %, що свідчить про високий синергічний ефект зумовлений застосуванням гумінового біостимулятора з азотним живленням. Дещо нижчий, але також значний ефект відмічено у варіанті Відновлення® + N₆₈, де приріст урожайності становив 35,86 %. Отримані результати підтверджують, що використання гумінових біостимуляторів сприяє підвищенню ефективності використання азоту та інтенсифікації ростових і продукційних процесів у рослинах.

Застосування лише азотного добрива N_{68} забезпечило підвищення врожайності на рівні 23,23 %, що підкреслює важливу роль оптимізації азотного живлення у формуванні продуктивності культури. Водночас використання біостимуляторів без внесення азоту характеризувалося помірним ефектом: приріст урожайності становив 7,47 % у варіанті Відновлення® та 7,25 % у варіанті БіоСтимікс®.

Результати, наведені на рисунку 3.16. свідчать про нижчий рівень ефективності досліджуваних варіантів порівняно з попередніми роками, що, ймовірно, пов'язано з особливостями гідротермічних умов вегетаційного періоду.

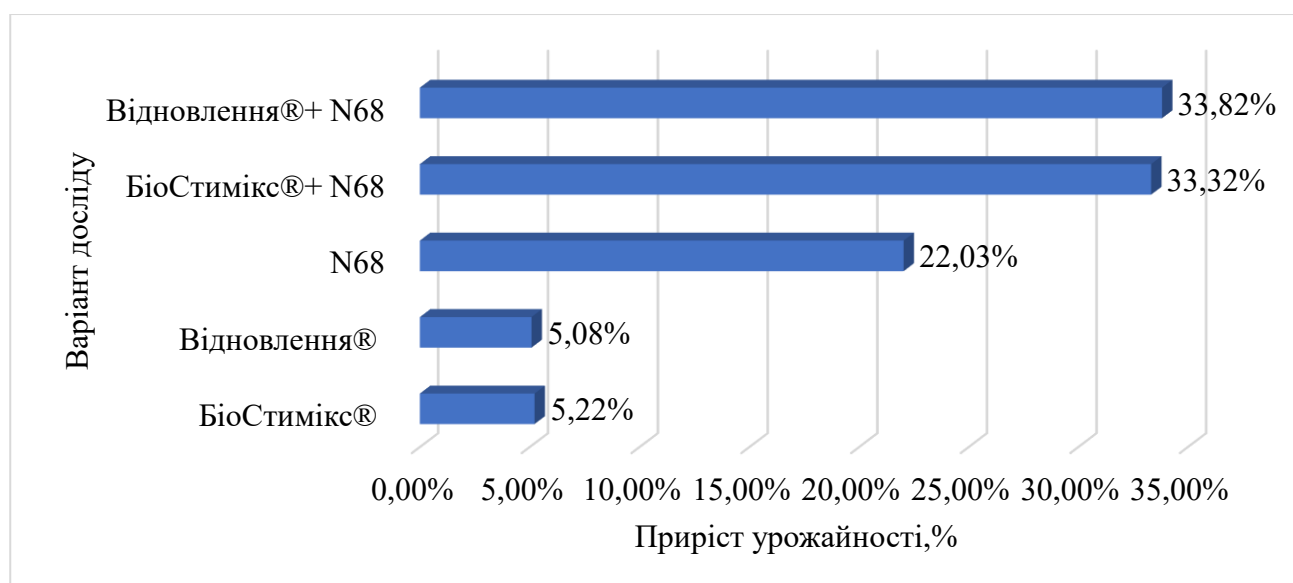


Рис. 3.16. Приріст урожайності пшениці озимої м'якої залежно від застосування гумінових біостимуляторів у системі азотного живлення, 2025 р.

Найвищий приріст урожайності забезпечило поєднання біостимуляторів із азотним живленням. Зокрема, у варіанті Відновлення® + N_{68} підвищення врожайності становило 33,82 %, тоді як застосування БіоСтимікс® + N_{68} забезпечило приріст на рівні 33,32 % відносно контролю. Отримані результати свідчать про виражений синергічний ефект сумісного застосування гумінових біостимуляторів та азотного добрива, що сприяє підвищенню ефективності використання азоту рослинами та інтенсифікації фізіологічних процесів пов'язаних із формуванням урожайності.

Застосування лише азотного добрива N_{68} забезпечило підвищення врожайності на 22,03 %, що підтверджує важливу роль оптимізації азотного

живлення у формуванні продуктивності культури. Водночас використання гумінових біостимуляторів без додаткового внесення азоту мало помірний ефект: приріст урожайності становив 5,22 % у варіанті БіоСтимікс® та 5,08 % у варіанті Відновлення®.

Отримані дані підтверджують, що інтеграція біостимулюючих препаратів у систему азотного живлення сприяє більш повній реалізації продуктивного потенціалу рослин, що проявляється у зростанні рівня врожайності культури. Це обумовлено здатністю гумінових сполук активізувати фізіолого-біохімічні процеси в рослинах, покращувати засвоєння елементів мінерального живлення та підвищувати ефективність використання азоту (рис. 3.17).

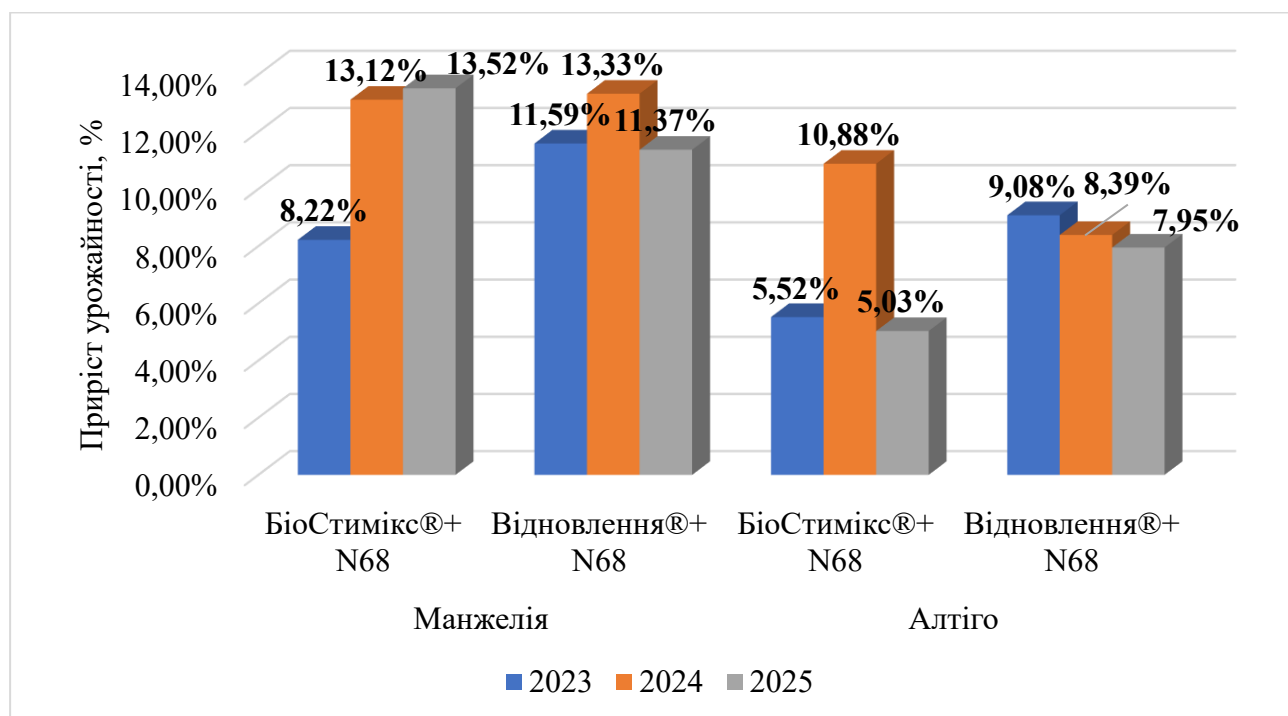


Рис. 3.17. Підвищення ефективності азотних добрив за дії застосування гумінових біостимуляторів, 2023-2025 рр., т/га.

У сорту Манжелія найбільший ефект отримано у варіанті БіоСтимікс® + N₆₈, де приріст урожайності зерна зумовлений підвищенням ефективності азотних добрив шляхом додавання гумінового стимулятора, становив 8,22 % у 2023 р., 13,12 % у 2024 р. та 13,52 % у 2025 р. У варіанті Відновлення® + N₆₈ приріст був дещо нижчим і становив відповідно 11,59, 13,33 та 11,37 %. Таким чином, для сорту Манжелія найбільший ефект від застосування гумінових біостимуляторів у поєднанні з мінеральним азотом проявився у 2024–2025 роках.

У сорту Алтіго підвищення ефективності азотних добрив було менш вираженим. У варіанті БіоСтимікс® + N₆₈ приріст врожаю становив 5,52 % у 2023 р., 10,88 % у 2024 р. та 5,03 % у 2025 р.. У варіанті Відновлення® + N₆₈ відповідні значення становили 9,08, 8,39 та 7,95 %. Найвищий ефект для даного сорту відмічено у 2024 році, що може бути пов'язано з кращою реалізацією дії біостимуляторів за відповідних погодних умов.

Середні показники врожайності пшениці озимої м'якої за роками досліджень свідчать про істотний вплив умов року та сортових особливостей на реалізацію продуктивного потенціалу культури в системі застосування гумінових біостимуляторів і азотних добрив (рис.3.18).

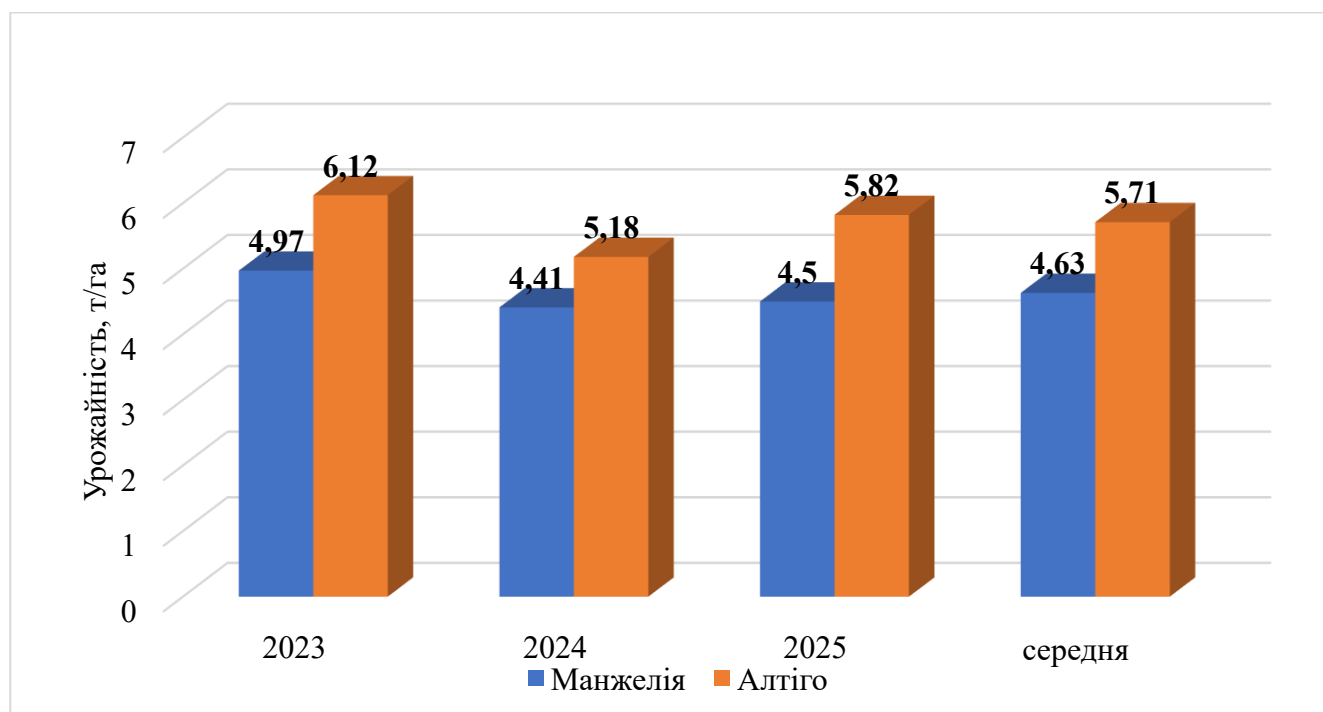


Рис. 3.18. Середня врожайність сортів пшениці м'якої озимої за роками досліджень 2023-2025 рр., т/га.

У 2023 році сформовано найвищий рівень урожайності: сорт Манжелія забезпечив 4,97 т/га, тоді як Алтіго – 6,12 т/га, що на 1,15 т/га більше. У 2024 році спостерігалось зниження врожайності до 4,41 т/га у Манжелії та 5,18 т/га у Алтіго. У 2025 році відбулося часткове підвищення продуктивності: відповідно до 4,50 та 5,82 т/га.

У середньому за 2023–2025 рр. сорт Алтіго сформував 5,71 т/га, що перевищувало сорт Манжелія (4,63 т/га) на 1,08 т/га. Отримані результати свідчать

про вищу продуктивність і адаптивність сорту Алтіго за умов застосування гумінових біостимуляторів у системі азотного живлення.

Результати дисперсійного аналізу, представлені на рис. 3.19, свідчать про різну частку впливу досліджуваних факторів на формування врожайності пшениці озимої м'якої впродовж 2023–2025 рр. Встановлено, що найбільший внесок у загальну варіацію врожайності забезпечував варіант досліді, частка якого становила 66,70 %, що свідчить про визначальну роль технологічних прийомів вирощування, зокрема застосування біостимуляторів та оптимізації системи азотного живлення, у реалізації продуктивного потенціалу культури.

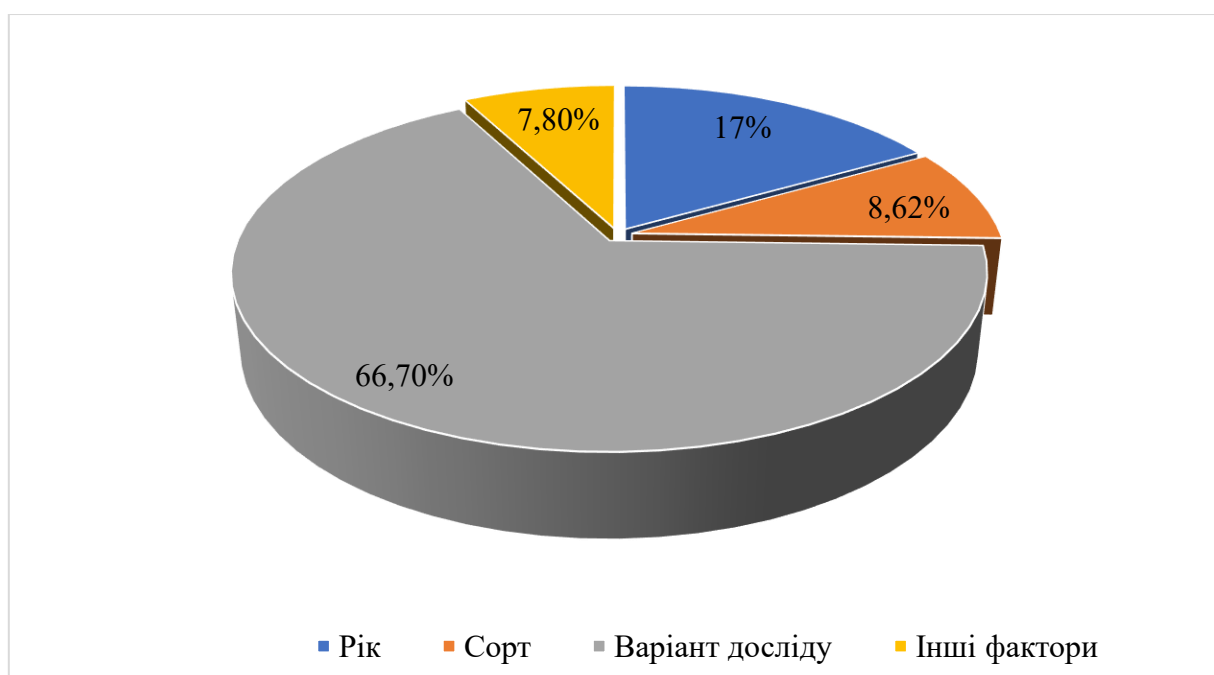


Рис. 3.19. Структура впливу факторів на формування врожайності пшениці озимої м'якої, % (2023-2025 рр.).

Частка впливу умов року (гідротермічних чинників) становила 17,0 %, що підтверджує істотну роль погодних умов у формуванні врожайності. Варіабельність гідротермічного режиму вегетаційного періоду істотно впливала на інтенсивність ростових процесів, формування генеративних органів та налив зерна, що відображалось на рівні реалізації генетичного потенціалу сортів.

Вплив сортових особливостей становив 8,62 %, що підкреслює важливість генотипових властивостей у формуванні продуктивності культури. Водночас відносно менша частка цього фактора порівняно з технологічними прийомами

свідчить про те, що реалізація генетичного потенціалу сортів значною мірою залежить від умов живлення та застосування стимулюючих препаратів.

Частка інших факторів та взаємодії елементів дослідів становила 7,80 %, що відображає вплив неконтрольованих умов середовища, а також специфічні реакції сортів на застосування різних варіантів технології вирощування.

Аналіз моделі показує, що врожайність пшениці озимої тісно пов'язана з основними елементами структури врожаю, зокрема з кількістю зерен у колосі та масою зерна з колоса (рис. 3.20). Зі збільшенням цих показників спостерігається поступове підвищення врожайності.

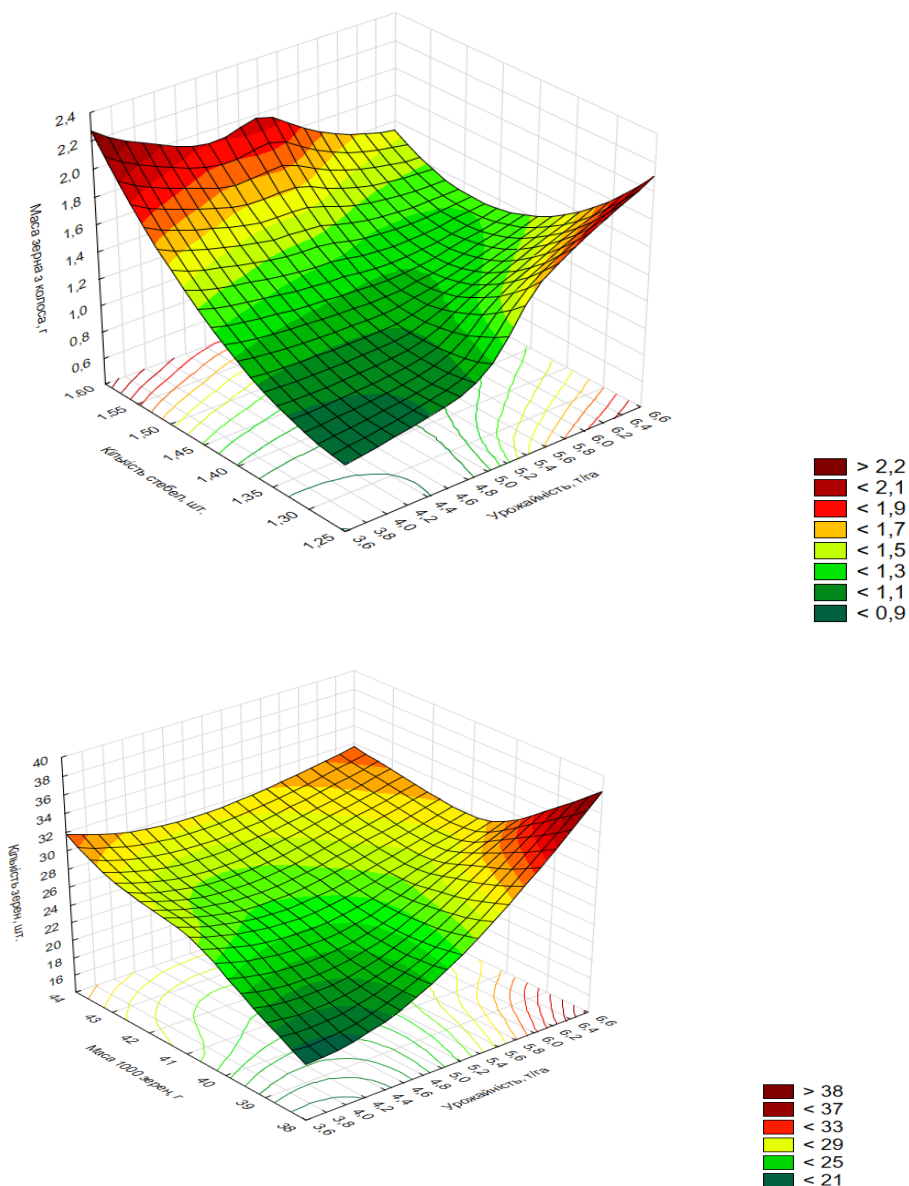


Рис. 3.20. Моделі залежності урожайності пшениці озимої від елементів структури врожаю, середнє за 2023-2025 рр.

Отримані результати свідчать, що ефективність сучасних технологічних прийомів вирощування, зокрема використання біологічних препаратів, здатна істотно нівелювати вплив несприятливих погодних умов і підвищувати стабільність формування врожайності пшениці озимої. Це підтверджує доцільність інтеграції біостимуляторів у систему агротехнологічних заходів як одного з ключових елементів інтенсифікації виробництва зерна.

Висновки до розділу 3.

За результатами трирічних досліджень (2023–2025 рр.) встановлено, що застосування біостимуляторів різного походження є ефективним елементом оптимізації технології вирощування пшениці озимої м'якої, що сприяє покращенню елементів структури врожаю та підвищенню рівня продуктивності культури. Передпосівна інокуляція насіння мікробними препаратами забезпечувала підвищення врожайності на 9,47–10,70 %, причому найвищу ефективність стабільно демонстрував препарат БіоФосфор®, а максимальну середню врожайність формувал сорт Алтіго – 3,96 т/га.

Позакореневе застосування мікробних біостимуляторів у фазі кущення виявилось більш результативним і забезпечувало істотне підвищення врожайності за рахунок оптимізації продуктивної кущистості, озерненості колоса та параметрів наливу зерна. Найвищу ефективність продемонстрував препарат Граундфікс®, який забезпечував приріст урожайності 0,60–0,68 т/га, тоді як середня врожайність сорту Алтіго за цієї системи застосування препаратів становила 7,97 т/га.

Найбільший вплив на формування врожайності встановлено за використання гумінових біостимуляторів у системі азотного живлення. Поєднання препаратів БіоСтимікс® і Відновлення® з добривом N₆₈ забезпечувало приріст урожайності 1,45–1,64 т/га відносно контролю, а середня врожайність сорту Алтіго досягала 5,71 т/га. Дисперсійний аналіз показав, що формування врожайності найбільшою мірою визначалося умовами року (38,2–63,5 %) та варіантом технології вирощування (17,5–66,7 %), тоді як частка впливу сортових особливостей становила 8,6–22,8 %.

Отже, інтегроване використання мікробних і гумінових біостимуляторів у системі живлення рослин є ефективним технологічним прийомом підвищення врожайності пшениці озимої м'якої та забезпечує більш повну реалізацію продуктивного потенціалу сучасних сортів.

Публікації до розділу: 208, 210

РОЗДІЛ 4

ЗАКОНОМІРНОСТІ ФОРМУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ ЗА ВИКОРИСТАННЯ БІОСТИМУЛЯТОРІВ РІЗНОЇ ПРИРОДИ ТА СПОСОБІВ ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ

Якість зерна пшениці м'якої озимої є одним із визначальних критеріїв її продовольчої та технологічної придатності, що безпосередньо впливає на ефективність виробництва зернової продукції в сучасних умовах аграрного сектору. Формування якісних характеристик зерна зумовлюється складною взаємодією генетично детермінованих особливостей сорту, агроекологічних умов вирощування та технологічних елементів системи землеробства, серед яких важливе місце займають система мінерального живлення і застосування біологічно активних препаратів.

У сучасних агротехнологіях все більшого поширення набуває використання біостимуляторів різного походження, здатних активізувати метаболічні та фізіолого-біохімічні процеси в рослинах. Їх застосування сприяє підвищенню ефективності засвоєння елементів мінерального живлення, оптимізації ростових процесів та створює передумови для формування зерна з поліпшеними технологічними і хлібопекарськими властивостями.

В умовах сучасних кліматичних змін, які супроводжуються підвищенням частоти та інтенсивності прояву абіотичних стресових факторів, особливої актуальності набуває розроблення ефективних агротехнологічних прийомів, спрямованих не лише на підвищення врожайності культури, але й на стабілізацію показників якості зерна. Біостимулятори на основі мікроорганізмів, гумінових сполук, амінокислот та інших біологічно активних речовин здатні регулювати інтенсивність синтезу білкових компонентів, накопичення клейковини, формування маси зерна та інших показників, що визначають технологічну цінність зернової продукції.

Важливе значення має також оптимізація способів застосування біостимуляторів, оскільки їх ефективність значною мірою залежить від фаз розвитку рослин, технології внесення та взаємодії з іншими елементами системи

живлення, що в комплексі визначає рівень реалізації потенціалу якості зерна [197, 211, 212].

4.1. Вплив біостимуляторів на основі мікроорганізмів на показники якості зерна пшениці озимої м'якої за передпосівної обробки насіння.

Якість зерна пшениці озимої є важливим показником її продовольчої та технологічної цінності, формування якого визначається взаємодією генетичних особливостей сорту, умов вирощування та елементів агротехнології. Одним із перспективних напрямів підвищення ефективності виробництва зерна є застосування мікробіологічних біостимуляторів, здатних активізувати фізіолого-біохімічні процеси в рослинах і покращувати використання елементів мінерального живлення.

Біостимулятори на основі корисних мікроорганізмів характеризуються комплексним механізмом дії, який включає біологічну фіксацію атмосферного азоту, мобілізацію важкодоступних форм поживних елементів та синтез біологічно активних речовин. Це сприяє активізації ростових процесів, покращенню живлення рослин і створює передумови для формування зерна з високими технологічними показниками.

Ефективним способом використання мікробіологічних препаратів є передпосівна обробка насіння, яка забезпечує ранню колонізацію ризосфери корисною мікробіотою та стимулює початкові етапи росту і розвитку рослин. У зв'язку з цим встановлення закономірностей впливу біостимуляторів мікробіологічного походження на показники якості зерна пшениці озимої м'якої є важливим завданням для вдосконалення сучасних технологій вирощування культури.

Аналіз результатів, наведених у таблиці 4.1, показує, що формування натури зерна пшениці озимої м'якої впродовж 2023–2025 рр. значною мірою визначалося гідротермічними умовами вегетаційного періоду. Вплив сортових особливостей (фактор А) та передпосівної обробки насіння біопрепаратами (фактор Б) був менш вираженим. Така закономірність підтверджується як порівнянням фактичних

значень показника, так і співставленням отриманих різниць із величинами найменшої істотної різниці ($НІР_{05}$) для відповідних факторів і їх взаємодії.

Таблиця 4.1

**Натура зерна пшениці озимої залежно від сорту та варіанту обробки
насіння біопрепаратами, г/л (2023–2025 рр.)**

Сорт (фактор А)	Варіант (фактор Б)	Рік			Середнє за 2023–2025 рр.	± до контролю
		2023	2024	2025		
Манжелія	Без обробки (контроль)	774	757	762	764	-
	АзотХелп®	779	761	766	769	5
	БіоАзот®	781	760	764	768	4
	БіоФосфор®	777	762	767	769	5
	Органік- баланс®	779	760	764	768	4
	Середнє (х)	778	760	765	768	-
Богдана	Без обробки (контроль)	778	758	764	767	-
	АзотХелп®	779	761	763	768	1
	БіоАзот®	781	760	764	768	1
	БіоФосфор®	783	764	767	771	4
	Органік- баланс®	784	763	768	772	5
	Середнє (х)	781	761	765	769	-
Алтіго	Без обробки (контроль)	776	756	761	764	-
	АзотХелп®	777	759	764	767	3
	БіоАзот®	782	761	763	769	5
	БіоФосфор®	781	763	764	769	5
	Органік- баланс®	782	764	766	771	7
	Середнє (х)	780	761	764	768	-
2023 рік $НІР_{05}$: Фактору А=7,24 г/л; фактор Б=9,35 г/л; фактор А×Б=16,2 г/л						
2024 рік $НІР_{05}$: Фактору А=8,9 г/л; фактор Б=11,5 г/л; фактор А×Б=19,9 г/л						
2025 рік $НІР_{05}$: Фактор А=8,5 г/л; фактор Б=11 г/л; фактор А×Б=19 г/л						

У 2023 році натура зерна варіювала в діапазоні 774–784 г/л. Мінімальне значення показника відмічено у сорту Манжелія у контрольному варіанті (774 г/л), тоді як максимальне – у сорту Богдана за застосування препарату Органік-баланс® (784 г/л). Середні значення за сортами становили відповідно 778 г/л у Манжелія,

781 г/л у Богдана та 780 г/л у Алтіго. Різниця між середніми значеннями показника становила лише 3 г/л, що є значно меншим за величину $НІР_{05}$ для фактора А (7,24 г/л), тобто статистично підтверджених відмінностей між сортами в цей рік не встановлено. Аналогічна тенденція спостерігалася і щодо варіантів передпосівної обробки насіння: підвищення натури зерна порівняно з контролем варіювало від 1–7 г/л, однак у більшості випадків не перевищувало $НІР_{05}$ для фактора Б (9,35 г/л), що свідчить лише про наявність позитивної тенденції без статистично доведеного ефекту.

У 2024 році відмічено загальне зниження натури зерна порівняно з попереднім роком. Значення показника змінювалися в межах 756–764 г/л, тоді як середні значення за сортами становили 760 г/л у Манжелія та по 761 г/л у Богдана й Алтіго. Таким чином, міжсортowa різниця не перевищувала 1 г/л, що істотно менше за $НІР_{05}$ для фактору А (8,9 г/л). Вплив біопрепаратів також не досяг рівня статистичної достовірності: у межах сортів приріст показника відносно контролю становив 2–8 г/л, що було нижчим за $НІР_{05}$ для фактора Б (11,5 г/л). Зменшення натури зерна у 2024 році обумовлене менш сприятливими умовами формування та наливу зерна, що негативно позначилося на його виповненості.

У 2025 році спостерігалася певне зростання значень показника. Натура зерна коливалася в межах 761–768 г/л. Найменше значення відмічено у сорту Алтіго в контрольному варіанті (761 г/л), тоді як найбільше – у сорту Богдана за використання Органік-баланс® (768 г/л). За середніми значеннями по досліді істотної різниці між сортами не відмічено. Передпосівна обробка насіння забезпечувала підвищення натури зерна на 1–7 г/л, однак ці зміни також не перевищували $НІР_{05}$ для фактора Б (11 г/л). Водночас простежувалася тенденція до покращення показника за використання препаратів Органік-баланс® та БіоФосфор®.

Вміст білка в зерні пшениці озимої є одним із ключових показників якості, формування якого залежить від генетичних особливостей сорту, умов вирощування та елементів технології, зокрема застосування мікробіологічних препаратів.

Результати впливу передпосівної обробки насіння біопрепаратами на формування показника вмісту білка в зерні у 2023–2025 рр. наведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2

Вміст білку в зерні пшениці озимої залежно від сорту та варіанту обробки насіння біопрепаратами, % (2023-2025 рр.).

Сорт (фактор А)	Варіант (фактор Б)	Рік			Середнє за 2023–2025 рр.	± до контролю
		2023	2024	2025		
Манжелія	Без обробки (контроль)	10,8	12,2	12,4	11,8	
	АзотХелп®	11,3	13,1	12,7	12,4	0,6
	БіоАзот®	11,6	12,9	12,9	12,5	0,7
	БіоФосфор®	11,3	13,3	13,1	12,6	0,8
	Органік- баланс®	11,1	12,8	13	12,3	0,5
	Середнє (х)	11,2	12,9	12,8	12,32	-
Богдана	Без обробки (контроль)	10,9	11,9	12,2	11,6	-
	АзотХелп®	11,2	12,4	12,9	12,2	0,6
	БіоАзот®	11,4	12,8	12,7	12,3	0,7
	БіоФосфор®	11,3	12,7	12,6	12,2	0,6
	Органік- баланс®	11,4	12,6	12,8	12,3	0,7
	Середнє (х)	11,2	12,5	12,7	12,4	-
Алтіго	Без обробки (контроль)	10,9	12,3	12,3	11,8	-
	АзотХелп®	11,6	12,2	12,6	12,1	0,3
	БіоАзот®	11,8	12,3	12,4	12,2	0,4
	БіоФосфор®	11,5	12,4	12,9	12,3	0,5
	Органік- баланс®	11,4	12,2	12,5	12,0	0,2
	Середнє (х)	11,5	12,3	12,6	12,08	-
2023 рік НІР ₀₅ : Фактору А=0,39 %, Фактор Б=0,55 %, Фактор А×Б=0,63 %						
2024 рік НІР ₀₅ : Фактору А=0,4 %, Фактор Б=0,52%, Фактор А×Б=0,6%						
2025 рік НІР ₀₅ : Фактор А=0,37 %, Фактор Б=0,52%, Фактор А×Б=0,58%						

У 2023 році вміст білка в зерні варіював у межах 10,8–11,8 %. Найнижчий показник зафіксовано у сорту Манжелія на контролі (10,8 %), тоді як найвищий – у сорту Алтіго за застосування БіоАзот® (11,8 %). Середні значення за сортами

становили 11,2 % у Манжелія, 11,2 % у Богдана та 11,5 % у Алтіго. Порівняння отриманих значень із $НІР_{05}$ для фактору А (0,39 %) свідчить, що різниця між сортами була незначною та не перевищувала порогового рівня статистичної достовірності. Передпосівна обробка насіння біопрепаратами забезпечувала підвищення вмісту білка на 0,3–0,8 %, причому найбільший ефект відмічено у варіантах застосування БіоАзот® та БіоФосфор®. Однак у більшості випадків різниця порівняно з контролем була близькою до $НІР_{05}$ для фактору Б (0,55 %), що свідчить про тенденцію до підвищення білковості зерна.

У 2024 році спостерігалось загальне зростання вмісту білка, який коливався в межах 11,9–13,3 %. Найвищий показник сформував сорт Манжелія у варіанті застосування БіоФосфор® (13,3 %). Середні значення за сортами становили 12,9 % у Манжелія, 12,5 % у Богдана та 12,3 % у Алтіго. Різниця між сортами перевищувала $НІР_{05}$ для фактора А (0,4 %), що свідчить про статистично достовірний вплив генотипового чинника. Ефект застосування біопрепаратів також був більш вираженим: підвищення вмісту білка відносно контролю становило 0,5–1,1 %, що в окремих випадках перевищувало $НІР_{05}$ для фактору Б (0,52 %).

У 2025 році вміст білку в зерні змінювався у межах 12,2–13,1 %. Найвищі значення сформував сорт Манжелія за використання БіоФосфор® (13,1 %) та Органік-баланс® (13,0 %). Середні значення за сортами становили 12,8 % у Манжелія, 12,7 % у Богдана та 12,6 % у Алтіго, що свідчить про відносно вирівняний рівень накопичення білкових сполук. Різниця між сортами наближалася до $НІР_{05}$ для фактору А (0,37 %), тоді як приріст показника у варіантах із застосуванням біопрепаратів становив 0,2–0,8 %, що у більшості випадків перевищувало $НІР_{05}$ для фактору Б (0,52 %).

У середньому за 2023–2025 рр. найвищий вміст білка сформував сорт Богдана (12,4 %), дещо нижчий – Манжелія (12,32 %) та Алтіго (12,08 %). У межах сортів найбільше підвищення показника порівняно з контролем відмічено за застосування БіоФосфор® (на 0,5–0,8 %) та БіоАзот® (на 0,4–0,7 %). Це свідчить про позитивний вплив мікробіологічних препаратів на процеси азотного живлення рослин та синтез білкових сполук у зерні.

Результати впливу досліджуваних факторів на вміст клейковини в зерні пшениці озимої у 2023–2025 рр. наведено в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3

Вміст клейковини в зерні пшениці озимої залежно від сорту та варіанту обробки насіння біопрепаратами, % (2023–2025 рр.).

Сорт	Варіант	Рік			Середнє за 2023–2025 рр.	± до контролю
		2023	2024	2025		
Манжелія	Без обробки (контроль)	21,3	23,8	24,3	23,1	
	АзотХелп®	22,9	24,7	24,9	24,2	1,1
	БіоАзот®	22,5	24,5	25,4	24,1	1,0
	БіоФосфор®	22,8	25,9	25,8	24,8	1,7
	Органік-баланс®	22,4	24,3	25,3	24	0,9
	Середнє (х)	22,4	24,7	25,2	24,2	-
Богдана	Без обробки (контроль)	22,0	23,2	24,8	23,3	-
	АзотХелп®	22,6	24,3	25,4	24,1	0,8
	БіоАзот®	23,1	25,2	26,2	24,8	1,5
	БіоФосфор®	22,9	24,8	25,9	24,5	1,2
	Органік-баланс®	23,1	24,7	25,6	24,5	1,2
	Середнє (х)	22,7	24,4	25,6	24,3	-
Алтіго	Без обробки (контроль)	22,3	23,0	24,30	23,2	-
	АзотХелп®	22,6	22,8	24,7	23,4	0,2
	БіоАзот®	23,2	23,3	24,5	23,7	0,5
	БіоФосфор®	22,9	23,6	25,1	23,9	0,7
	Органік-баланс®	23,1	22,9	24,8	23,6	0,4
	Середнє (х)	22,8	23,1	24,7	23,6	-
2023 рік НІР ₀₅ : Фактору А = 0,58 %, Фактор Б = 0,69 %, Фактор А×Б = 0,85 %						
2024 рік НІР ₀₅ : Фактору А = 0,5%, Фактор Б = 0,61 %, Фактор А×Б = 0,72%						
2025 рік НІР ₀₅ : Фактор А = 0,56%, Фактор Б = 0,67%, Фактор А×Б = 0,81%						

У 2023 році вміст сирої клейковини змінювався в межах 21,3–23,2 %. Найнижчий показник відмічено у сорту Манжелія у контрольному варіанті – 21,3 %, тоді як максимальне значення сформував сорт Богдана за застосування

препарату БіоАзот® – 23,1 %. У більшості варіантів використання біопрепаратів сприяло підвищенню вмісту клейковини на 0,6–1,8 % порівняно з контролем. У низці випадків ці прирости перевищували величину $НІР_{05}$ для фактора Б (0,69 %), що підтверджує статистично значущий позитивний ефект передпосівної інокуляції насіння на формування технологічних показників зерна.

У 2024 році відзначено загальну тенденцію до зростання вмісту клейковини у зерні всіх досліджуваних сортів, що, ймовірно, пов'язано з особливостями гідротермічних умов періоду формування та наливу зерна. Значення показника варіювали у межах 22,8–25,9 %. Найвищий вміст у зерні клейковини сформував сорт Манжелія у варіанті застосування БіоФосфор® – 25,9 %, що на 2,1 % перевищувало контроль і істотно перевищувало $НІР_{05}$ для фактора Б (0,61 %). У сорту Богдана максимальне значення вмісту клейковини також спостерігали за використання препарату БіоАзот® – 25,2 %. Водночас сорт Алтіго характеризувався дещо меншою реакцією на застосування біопрепаратів, де показник коливався у межах 22,8–23,6 %, що свідчить про більш стабільну, але менш виражену реакцію генотипу на технологічні прийоми.

У 2025 році вміст клейковини продовжив тенденцію до підвищення і становив 24,3–26,2 %. Найвищий показник сформував сорт Богдана у варіанті застосування БіоАзот® – 26,2 %, що перевищувало контроль на 1,4 % і переважало $НІР_{05}$ (0,67 %). У сорту Манжелія та Алтіго найбільший вміст клейковини відзначено у разі застосування препарату БіоФосфор®, відповідно 25,8 і 25,1 %.

У середньому за 2023–2025 рр. вміст клейковини становив 24,2 % у сорту Манжелія, 24,3 % у сорту Богдана та 23,6 % у сорту Алтіго, що свідчить про певні генотипові відмінності у формуванні білково-клейковинного комплексу зерна. Найбільше підвищення показника відносно контролю встановлено за використання препарату БіоФосфор® у сорту Манжелія (на 1,7 %) та БіоАзот® у сорту Богдана (на 1,5 %).

Аналіз представлених на рис. 4.1 даних свідчить про позитивний вплив застосування мікробних препаратів для передпосівної обробки насіння пшениці м'якої озимої на формування біохімічних показників якості зерна.

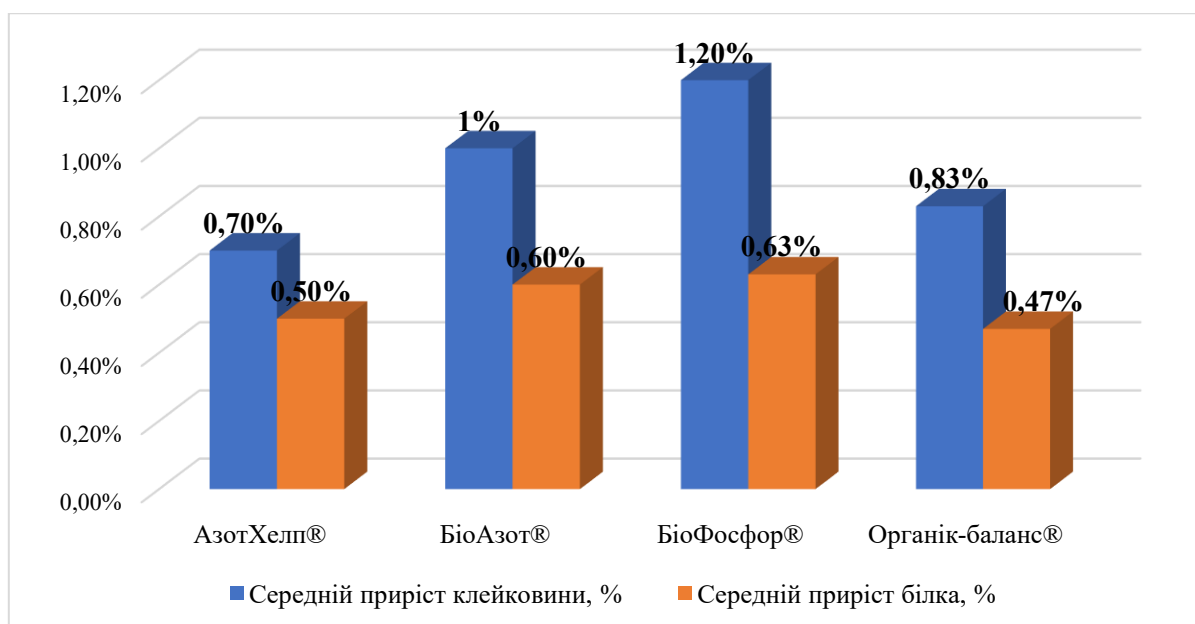


Рис. 4.1. Приріст вмісту білка і клейковини в зерні пшениці м'якої озимої залежно від варіанту обробки насіння біопрепаратами, 2023-2025 рр.

Встановлено, що всі досліджувані біопрепарати забезпечували зростання вмісту білка та клейковини порівняно з контролем, проте ефективність їх дії відрізнялася залежно від виду препарату. Найменший приріст показників якості зерна спостерігався за використання препарату АзотХелп®, де середнє збільшення вмісту білка становило 0,50 %, а клейковини – 0,70 %. Застосування препарату БіоАзот® забезпечувало більш відчутний ефект: середній приріст білка становив 0,60 %, а клейковини – 1,00 %. Найбільш виражений вплив на формування показників якості зерна відзначено у варіанті із застосуванням БіоФосфор®, де середній приріст вмісту білка становив 0,63 %, а клейковини – 1,20 %, що є максимальним значенням серед досліджуваних препаратів.

Використання препарату Органік-баланс® також сприяло підвищенню показників якості зерна, проте його ефективність була дещо нижчою: середній приріст білка становив 0,47 %, а клейковини – 0,83 %.

Отримані результати свідчать, що застосування мікробних біопрепаратів у технології вирощування пшениці озимої сприяє покращенню біохімічного складу зерна, зокрема підвищенню вмісту білка та клейковини. Найбільш ефективним у досліді виявився препарат БіоФосфор®, застосування якого забезпечило максимальний приріст досліджуваних показників якості зерна.

Встановлено, що найбільший вплив на формування досліджуваних показників мали погодні умови року вирощування, частка яких становила 63,8 % для натури зерна, 66,4 % для вмісту білка та 64,7 % для вмісту клейковини (рис. 4.2). Це свідчить про визначальну роль гідротермічних умов у період формування та наливу зерна.

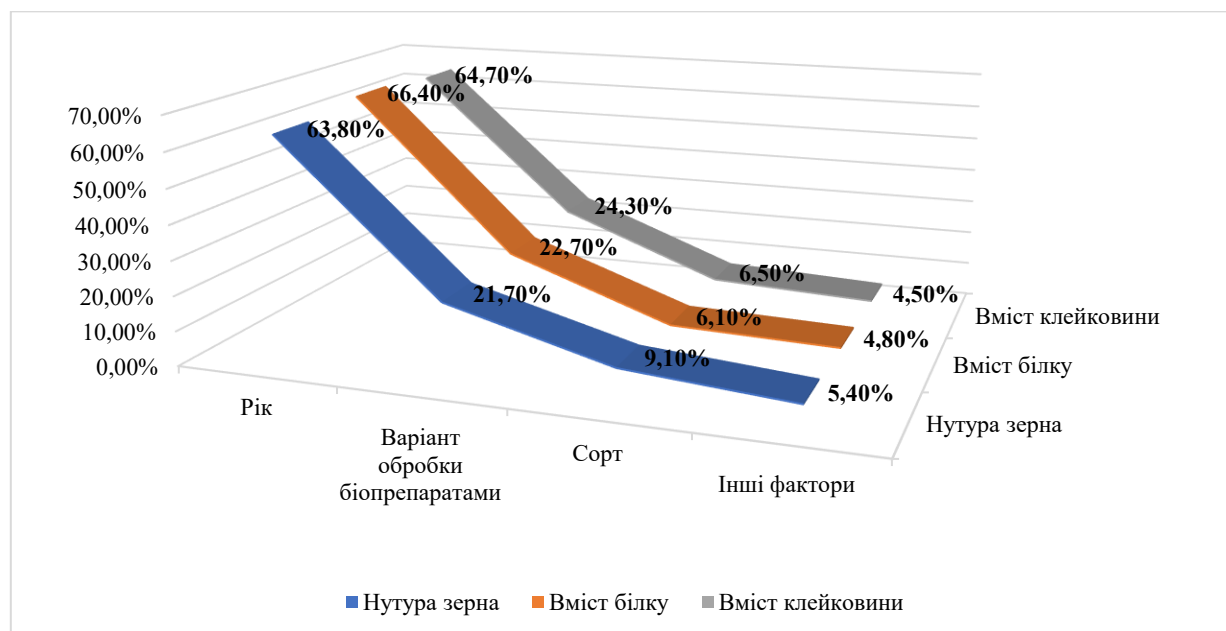
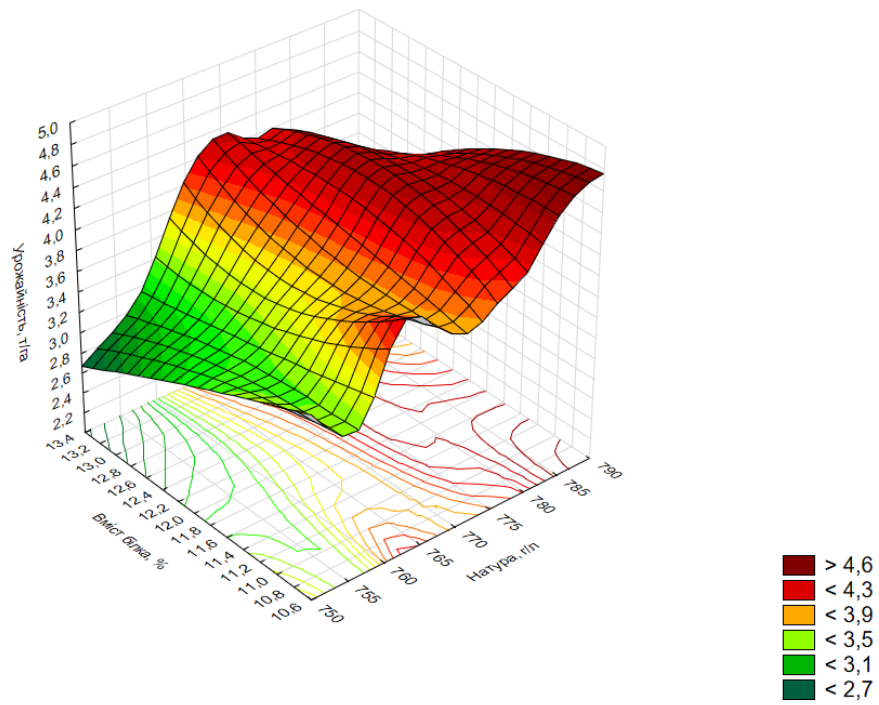
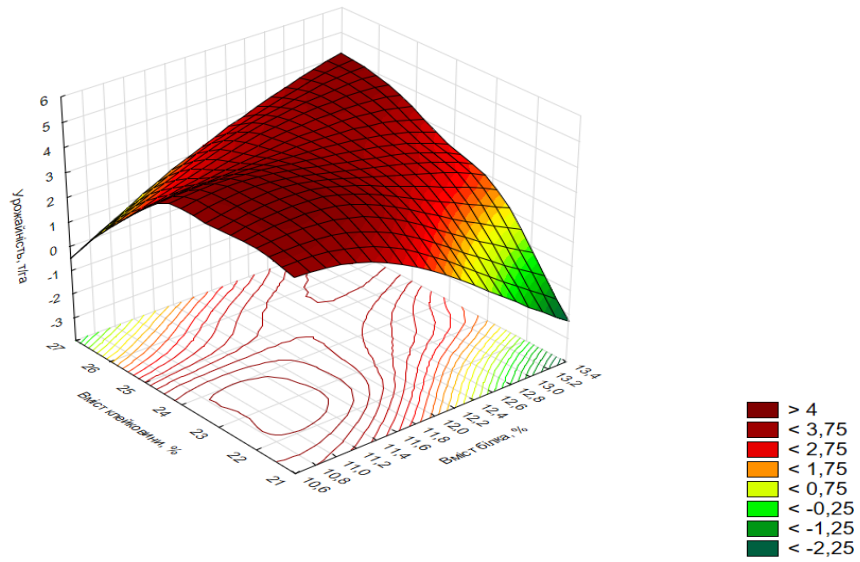


Рис. 4.2. Структура впливу факторів на показники якості зерна пшениці м'якої озимої, % (2023-2025 рр.)

Другим за значущістю фактором був варіант обробки насіння біопрепаратами, частка впливу якого становила 21,7–24,3 % залежно від показника якості. Це підтверджує ефективність застосування мікробних препаратів для покращення технологічних показників якості зерна за рахунок підвищення ефективності мінерального живлення та активізації фізіолого-біохімічних процесів у рослинах.

Вплив сортових властивостей був значно меншим і становив 6,1–9,1 %, що свідчить про певні генетично зумовлені відмінності між сортами щодо формування якості зерна. Частка інших факторів (взаємодії факторів та випадкової мінливості) становила 4,5–5,4 %, що підтверджує достатню однорідність експериментальних даних.

Коефіцієнти кореляції підтверджують закономірності, встановлені за результатами побудованих моделей (рис. 4.3).



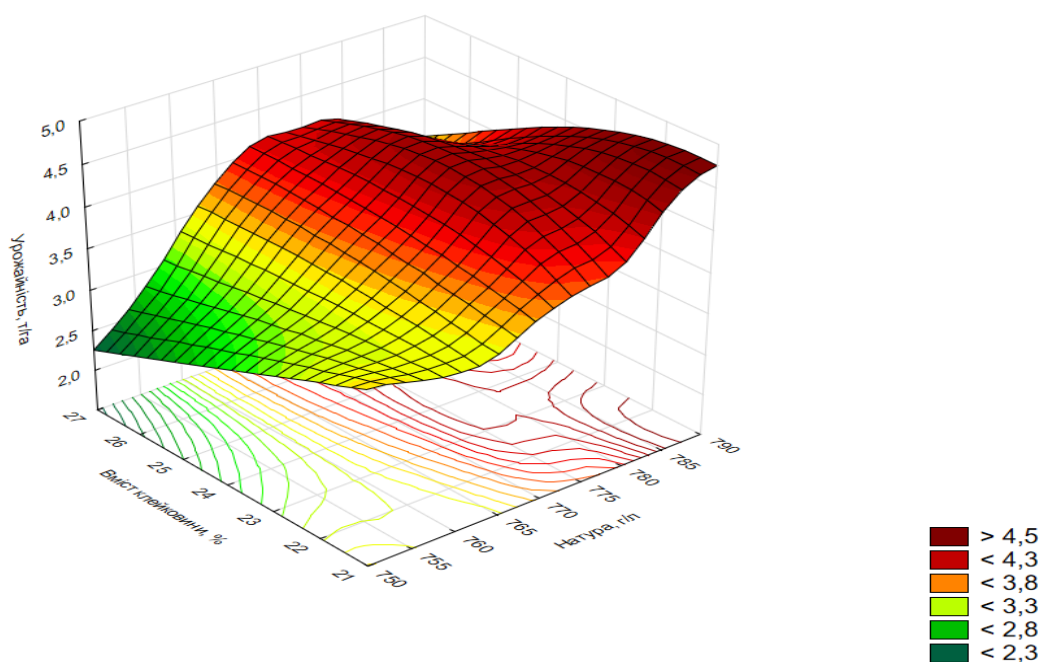


Рис. 4.3. Моделі залежності урожайності пшениці озимої від показників якості зерна, середнє за 2023-2025 рр.

Найтісніший позитивний зв'язок встановлено між урожайністю та натурою зерна ($r = 0,89$), що свідчить про значну роль процесів наливу та виповненості зерна у формуванні високої продуктивності. Це узгоджується з моделями, де максимальна врожайність формується за підвищених значень натури зерна.

Між урожайністю та вмістом білка ($r = -0,62$), а також клейковини ($r = -0,41$) встановлено від'ємний зв'язок, що пояснюється ефектом зниження вмісту білка в зерні при зростанні врожайності. У моделях це проявляється формуванням максимальних значень урожайності за оптимальних, а не максимальних показників білка і клейковини.

Таким чином, результати моделювання і кореляційного аналізу узгоджено свідчать, що найбільш тісно з урожайністю пов'язана натура зерна, тоді як підвищення білковості та клейковини має тенденцію до певного зниження за формування високих урожаїв.

4.2. Вплив позакореневого застосування мікробних біостимуляторів у фазі кушення на показники якості зерна пшениці озимої м'якої.

У сучасному землеробстві важливого значення набуває застосування мікробних біостимуляторів, які здатні активізувати мікробіологічні процеси у ризосфері, покращувати засвоєння елементів живлення рослинами та стимулювати фізіолого-біохімічні процеси, що впливають на формування врожаю і його якісних характеристик. Особливу увагу приділяють позакореновому застосуванню біопрепаратів у критичні фази росту і розвитку рослин, зокрема у фазі кушення, коли формується потенціал продуктивності та майбутньої якості зерна.

Наведені в таблиці 4.4 результати свідчать про помітний вплив позакореневого застосування мікробних біостимуляторів у фазі кушення на формування натури зерна пшениці озимої м'якої впродовж 2023–2025 рр. Аналіз даних у розрізі років, сортів і варіантів обробки показує, що застосування мікробних препаратів сприяло підвищенню цього показника порівняно з контролем, причому рівень ефективності окремих препаратів був різним.

У 2023 році натура зерна змінювалася в межах 769–786 г/л. Найнижчий показник сформував сорт Богдана у контрольному варіанті – 769 г/л, тоді як максимальне значення зафіксовано у сорту Алтіго у разі застосування препарату Граундфікс® – 786 г/л. У сорту Манжелія натура зерна на контролі становила 775 г/л, а застосування мікробних препаратів забезпечувало її підвищення до 776–783 г/л. Найбільш ефективним був препарат Граундфікс®, який забезпечив приріст 8 г/л, що перевищує HP_{05} для фактора Б (3,0 г/л) і свідчить про достовірність ефекту. У сорту Богдана використання препаратів підвищувало натуру зерна до 773–779 г/л, причому найбільший приріст також забезпечував біостимулятор Граундфікс® (+10 г/л). У сорту Алтіго застосування мікробних біостимуляторів сприяло підвищенню показника до 779–786 г/л, а найвищу ефективність знову продемонстрував препарат Граундфікс®.

У 2024 році натура зерна була найвищою за роки досліджень і коливалася в межах 774–792 г/л. Це пов'язано з більш сприятливими умовами формування та наливу зерна впродовж періоду вегетації. У сорту Манжелія показник становив 783

**Вплив позакореневого застосування мікробних біостимуляторів у фазі
кущення на натуру зерна пшениці озимої м'якої, г/л (2023-2025 рр.)**

Сорт	Варіант	Рік			Середнє за 2023–2025 рр.	± до контролю
		2023	2024	2025		
Манжелія	Без обробки (контроль)	775	783	758	772	-
	АзотХелп®	781	790	764	778	6
	БіоАзот®	776	785	760	774	2
	БіоФосфор®	780	788	764	777	5
	Граундфікс®	783	792	767	780	8
	Середнє (х)	779	788	763	776	-
Богдана	Без обробки (контроль)	769	774	763	769	-
	АзотХелп®	778	783	772	778	9
	БіоАзот®	773	779	767	773	4
	БіоФосфор®	778	783	772	778	9
	Граундфікс®	779	785	773	779	10
	Середнє (х)	775	781	770	775	-
Алтіго	Без обробки (контроль)	777	779	764	774	-
	АзотХелп®	784	787	771	781	7
	БіоАзот®	779	782	766	776	2
	БіоФосфор®	784	787	771	781	7
	Граундфікс®	786	789	774	783	10
	Середнє (х)	782	785	769	779	-
2023 рік: НІР ₀₅ : Фактору А=2,3 г/л; фактор Б=3,0 г/л; фактор А×Б=5,1 г/л;						
2024 рік: НІР ₀₅ : Фактору А=2,4 г/л; фактор Б=3,1 г/л; фактор А×Б=5,3 г/л;						
2025 рік: НІР ₀₅ : Фактор А=3,0 г/л; фактор Б=3,4 г/л; фактор А×Б=6,0 г/л.						

У 2025 році відбулося певне зниження натури зерна порівняно з 2024 роком, що, ймовірно, пов'язано з менш сприятливими погодними умовами періоду наливу зерна. Значення показника змінювалися в межах 758–774 г/л. Проте навіть за таких умов застосування мікробних препаратів забезпечувало стабільне підвищення натури зерна. У сорту Манжелія показник зростає із 758 г/л на контролі до 764–767 г/л у варіантах обробки. У сорту Богдана натура зерна підвищувалася від 763 г/л до 767–773 г/л, а у сорту Алтіго – від 764 г/л до 771–774 г/л. Найбільший приріст показника в усіх сортів забезпечувало застосування препарату Граундфікс®, що перевищувало $НІР_{05}$ для фактора Б (3,4 г/л), підтверджуючи статистичну достовірність отриманого ефекту.

У середньому за 2023–2025 рр. натура зерна становила 776 г/л у сорту Манжелія, 775 г/л у сорту Богдана та 779 г/л у сорту Алтіго, що свідчить про дещо вищу здатність сорту Алтіго формувати більш виповнене зерно. Серед досліджуваних варіантів найбільшу ефективність продемонстрував препарат Граундфікс®, який забезпечив 8–10 г/л приросту натури зерна залежно від біологічних особливостей сорту. Досить високі результати також отримано у варіантах застосування АзотХелп® та БіоФосфор®, де підвищення вище зазначеного показника становило 5–9 г/л, тоді як ефект від препарату БіоАзот® був менш вираженим.

Результати досліджень свідчать, що вміст білка в зерні пшениці озимої м'якої змінювався залежно від умов року вирощування, сортових особливостей та застосування мікробних біостимуляторів. Водночас отримані дані характеризувалися достатньо високою однорідністю, про що свідчить коефіцієнт варіації, який становив 4,3 % (табл. 4.5).

У 2023 році вміст білка в зерні сортів, що вивчали, коливався в межах 11,7–12,4 %. Найнижчі значення показника сформував сорт Манжелія (11,7 % на контролі), тоді як у сортів Богдана та Алтіго він становив відповідно 12,1 %. Позакореневе застосування мікробних біостимуляторів сприяло незначному, але стабільному підвищенню білковості зерна на 0,1–0,3 % залежно від варіанта

Сорт	Варіант	Рік			Середнє за 2023–2025 рр.	± до контролю
		2023	2024	2025		
Манжелія	Без обробки (контроль)	11,7	13,0	12,2	12,3	-
	АзотХелп®	11,9	13,3	12,4	12,5	0,26
	БіоАзот®	11,9	13,2	12,3	12,5	0,20
	БіоФосфор®	11,9	13,3	12,5	12,6	0,28
	Граундфікс®	11,9	13,4	12,6	12,7	0,38
	Середнє (х)	11,8	13,3	12,4	12,5	-
Богдана	Без обробки (контроль)	12,1	12,8	11,4	12,1	-
	АзотХелп®	12,3	12,8	11,6	12,2	0,18
	БіоАзот®	12,2	12,7	11,5	12,1	0,06
	БіоФосфор®	12,3	12,9	11,7	12,3	0,21
	Граундфікс®	12,4	13,1	11,8	12,4	0,36
	Середнє (х)	12,3	12,8	11,6	12,2	-
Алтіго	Без обробки (контроль)	12,1	12,7	13,1	12,6	-
	АзотХелп®	12,3	12,8	13,2	12,8	0,19
	БіоАзот®	12,3	12,7	13,2	12,7	0,11
	БіоФосфор®	12,4	13,0	13,2	12,8	0,23
	Граундфікс®	12,4	13,1	13,4	13,0	0,37
	Середнє (х)	12,3	12,9	13,2	12,9	-
2023 рік НІР ₀₅ : Фактору А=0,04 %, Фактор Б=0,05 %, Фактор А×Б=0,08%						
2024 рік НІР ₀₅ : Фактору А=0,04 %, Фактор Б =0,05 %, Фактор А×Б =0,09 %						
2025 рік НІР ₀₅ : Фактор А=0,03 %, Фактор Б = 0,03 %, Фактор А×Б =0,06 %						

У 2025 році вміст білка змінювався у межах 11,4–13,4 %. Найнижчі значення зафіксовано у сорту Богдана (11,4 % на контролі), тоді як найвищі – у сорту Алтіго (13,4 %) у варіанті, де було використано для підживлення біопрепарат Граундфікс®. Як і в попередні роки, використання мікробних біостимуляторів забезпечувало підвищення білковості зерна відносно з контролю.

У середньому за роки досліджень (2023–2025) встановлено, що найвищий вміст білка формувал сорт Алтіго (12,9 %). Це свідчить про його вищий генетично зумовлений потенціал накопичення білкових сполук. Сорт Манжелія характеризувався середнім рівнем показника (12,5 %), тоді як у сорту Богдана він був на 0,3 % нижчим (12,2 %).

Результати досліджень свідчать, що вміст клейковини в зерні пшениці озимої м'якої змінювався залежно від умов року вирощування, сортових особливостей та застосування мікробних біостимуляторів. У середньому за роки досліджень (2023–2025) значення показника коливалися в межах 22,5–25,9 %, що характеризує зерно як придатне для формування високих хлібопекарських властивостей. Водночас отримані експериментальні дані відзначалися достатньо високою однорідністю. Коефіцієнт варіації становив 4,2 %, що відповідає низькому рівню мінливості показника (табл. 4.6).

У 2023 році вміст клейковини змінювався в межах 22,5–24,6 %. Найнижчі значення показника були зафіксовані у сорту Манжелія на контрольному варіанті (22,5 %), тоді як у сортів Богдана та Алтіго цей показник становив відповідно 23,9 та 23,3 %. Позакореневе застосування мікробних біостимуляторів забезпечувало підвищення вмісту клейковини на 0,3–0,7 %, при цьому найбільші значення показника відзначалися у варіантах із використанням препарату Граундфікс®.

У 2024 році відзначено загальну тенденцію до зростання вмісту клейковини, де його значення коливалися в межах 24,4–25,9 %. Максимальний рівень показника (25,9 %) сформував сорт Манжелія у разі використання препарату Граундфікс®. У сортів Богдана та Алтіго вміст клейковини становив відповідно 25,8 та 25,2 %. Отримані результати свідчать про більш сприятливі умови року для накопичення білкових речовин у зерні.

**Вплив позакореневого застосування мікробних біостимуляторів у фазі
кущення на вміст клейковини в зерні пшениці озимої
м'якої, % (2023-2025 рр.)**

Сорт	Варіант	Рік			Середнє за 2023–2025 рр.	± до контролю
		2023	2024	2025		
Манжелія	Без обробки (контроль)	22,5	25,1	23,4	23,7	
	АзотХелп®	23,0	25,7	23,9	24,2	0,5
	БіоАзот®	22,9	25,5	23,8	24,1	0,4
	БіоФосфор®	22,8	25,7	24,2	24,2	0,5
	Граундфікс®	22,9	25,9	24,4	24,4	0,7
	Середнє (х)	22,8	25,6	23,9	24,1	-
Богдана	Без обробки (контроль)	23,9	25,3	22,5	23,9	-
	АзотХелп®	24,4	25,4	22,9	24,2	0,4
	БіоАзот®	24,1	25,2	22,8	24,0	0,1
	БіоФосфор®	24,3	25,5	23,1	24,3	0,4
	Граундфікс®	24,6	25,8	23,4	24,6	0,7
	Середнє (х)	24,3	25,4	22,9	24,2	-
Алтіго	Без обробки (контроль)	23,3	24,4	25,2	24,3	-
	АзотХелп®	23,8	24,7	25,5	24,7	0,4
	БіоАзот®	23,7	24,6	25,4	24,6	0,3
	БіоФосфор®	23,9	25,0	25,4	24,8	0,5
	Граундфікс®	24,0	25,2	25,9	25,0	0,7
	Середнє (х)	23,7	24,8	25,5	24,7	-
2023 рік НІР ₀₅ : Фактору А=0,03 %, Фактор Б=0,04%, Фактор А×Б=0,07 %						
2024 рік НІР ₀₅ : Фактору А=0,06%, Фактор Б = 0,08 %, Фактор А×Б=0,14%						
2025 рік НІР ₀₅ : Фактор А=0,05 %, Фактор Б = 0,07 %, Фактор А×Б =0,12 %						

У 2025 році вміст клейковини змінювався у межах 22,5–25,9 %. Найнижче значення показника було відзначено у сорту Богдана (22,5 % на контролі), тоді як формування найвищого вмісту відзначено у сорту Алтіго (25,9 %) у варіанті із застосуванням препарату Граундфікс®. Як і в попередні роки досліджень, використання біостимуляторів забезпечувало підвищення показника порівняно з контрольним варіантом.

У середньому за роки досліджень найвищий вміст клейковини відзначено у сорту Алтіго – 24,7 %, що свідчить про його більш високий генетично зумовлений потенціал формування якісних показників зерна. Сорти Манжелія та Богдана характеризувалися дещо нижчим, але близьким рівнем показника – відповідно 24,1 та 24,2 %.

Застосування мікробних біостимуляторів у фазі кущення сприяло підвищенню вмісту клейковини у зерні порівняно з контролем. Приріст показника залежно від сорту та препарату становив 0,1–0,7 %. Найбільш виражений ефект забезпечив препарат Граундфікс®, за використання якого відзначено максимальне підвищення вмісту клейковини у всіх досліджуваних сортів (до 0,7 %). Дещо менший, але стабільний вплив спостерігався від застосування препаратів АзотХелп® та БіоФосфор®, тоді як БіоАзот® характеризувався найменшим ефектом.

Аналіз наведених даних (рис. 4.4) свідчить, що застосування мікробних біопрепаратів у фазі кущення сприяло підвищенню основних технологічних показників якості зерна, зокрема вмісту білка та клейковини. При цьому величина приросту показників істотно залежала від виду використаного препарату.

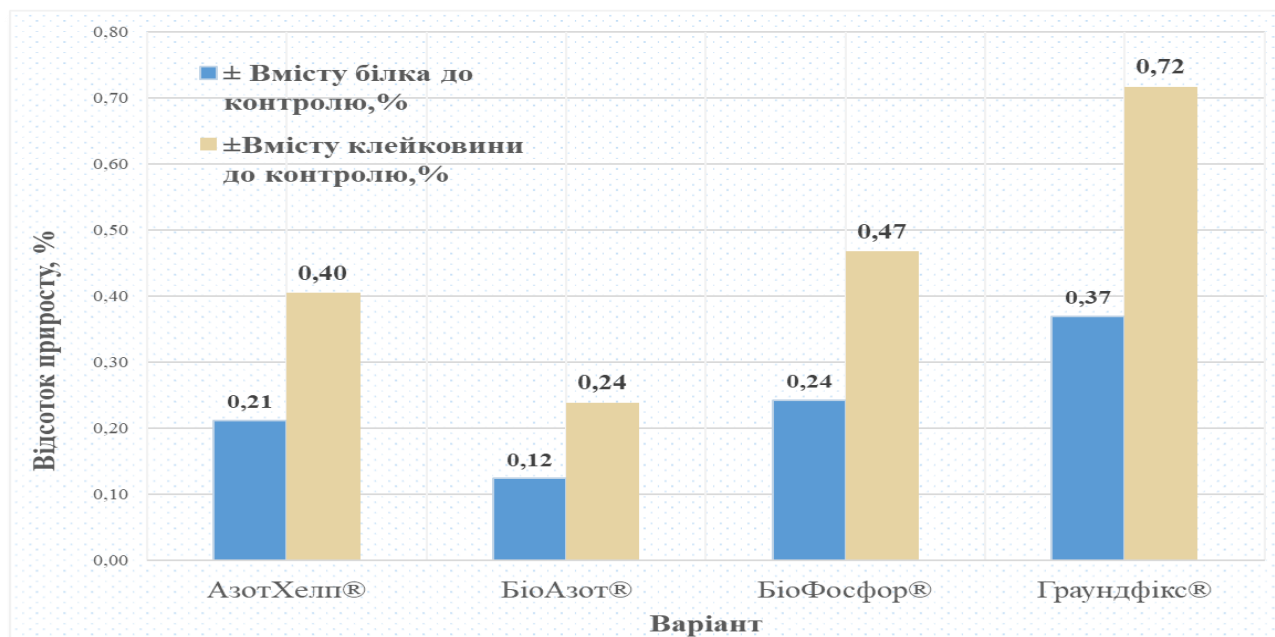


Рис. 4.4. Приріст вмісту білка і клейковини в зерні пшениці м'якої озимої залежно від варіанту обробки біопрепаратами, 2023-2025 рр.

Найменший ефект відзначено у варіанті із застосуванням препарату БіоАзот®, де приріст вмісту білка становив 0,12 %, а клейковини – 0,24 % порівняно з контролем. Дещо вищі показники отримано за використання АзотХелп®, який забезпечив підвищення вмісту білка на 0,21 %, а клейковини – на 0,40 %.

Більш істотний вплив на формування показників якості зерна спостерігався у варіанті із застосуванням препарату БіоФосфор®, де приріст білка становив 0,24 %, а клейковини – 0,47 % відносно контролю.

Найвищу ефективність серед досліджуваних препаратів продемонстрував Граундфікс®, застосування якого забезпечило максимальний приріст досліджуваних показників: вміст білка зростав на 0,37 %, а клейковини – на 0,72 % порівняно з контрольним варіантом.

Найбільшу частку варіації для всіх показників якості забезпечував саме фактор року, вплив якого становив 71,6 % для натури зерна, 69,8 % для вмісту білка та 66,9 % для вмісту клейковини, що вказує на визначальне значення агрометеорологічних умов вегетаційного періоду, зокрема температурного режиму та забезпеченості вологою, у процесах формування та наливу зерна, а також синтезу білкових сполук (рис. 4.5).

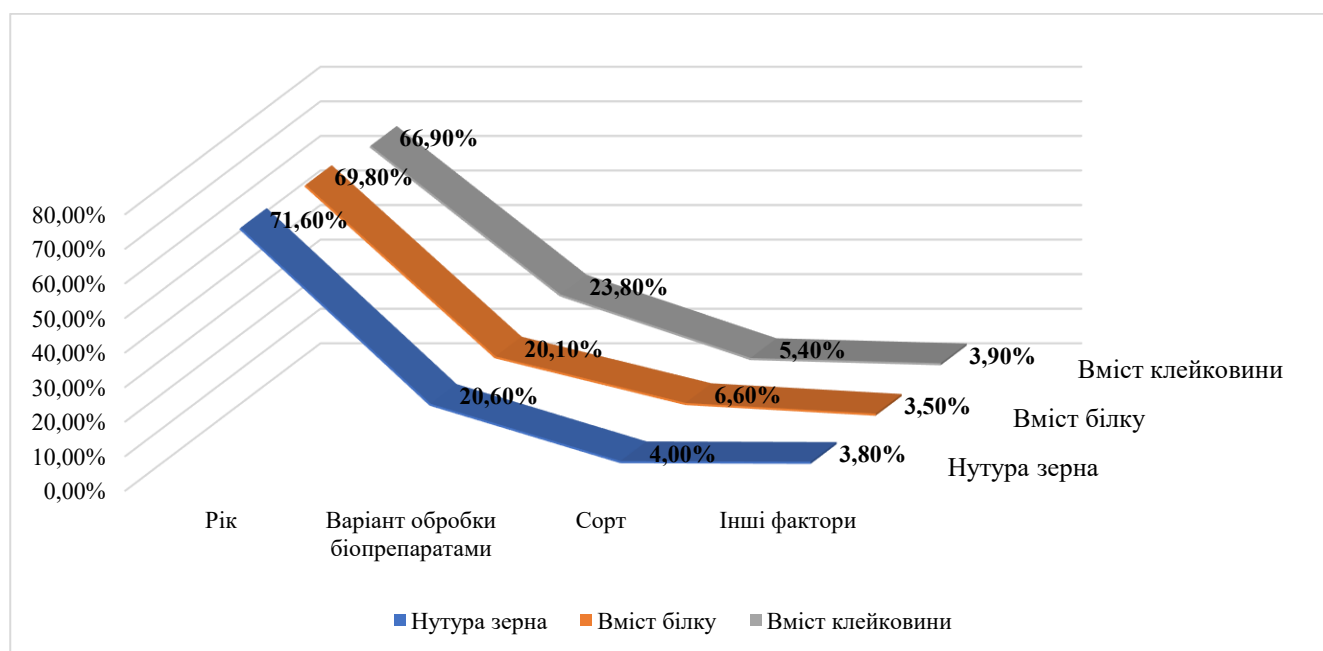


Рис. 4.5. Структура впливу факторів на показники якості зерна пшениці м'якої озимої, % (2023-2025 рр.).

Другим за значущістю фактором був варіант обробки мікробними біопрепаратами, частка впливу якого становила 20,6 % для натури зерна, 20,1 % для вмісту білка та 23,8 % для вмісту клейковини. Отримані результати підтверджують важливу роль мікробних біостимуляторів у формуванні технологічних показників якості зерна. Їх застосування сприяє покращенню мінерального живлення рослин, активізації фізіолого-біохімічних процесів і підвищенню інтенсивності синтезу білкових речовин.

Частка впливу особливостей сорту була значно меншою і становила 4,0 % для натури зерна, 6,0 % для вмісту білка та 5,4 % для вмісту клейковини, що свідчить про відносно близький рівень реалізації потенціалу якості зерна досліджуваних сортів у конкретних агроекологічних умовах.

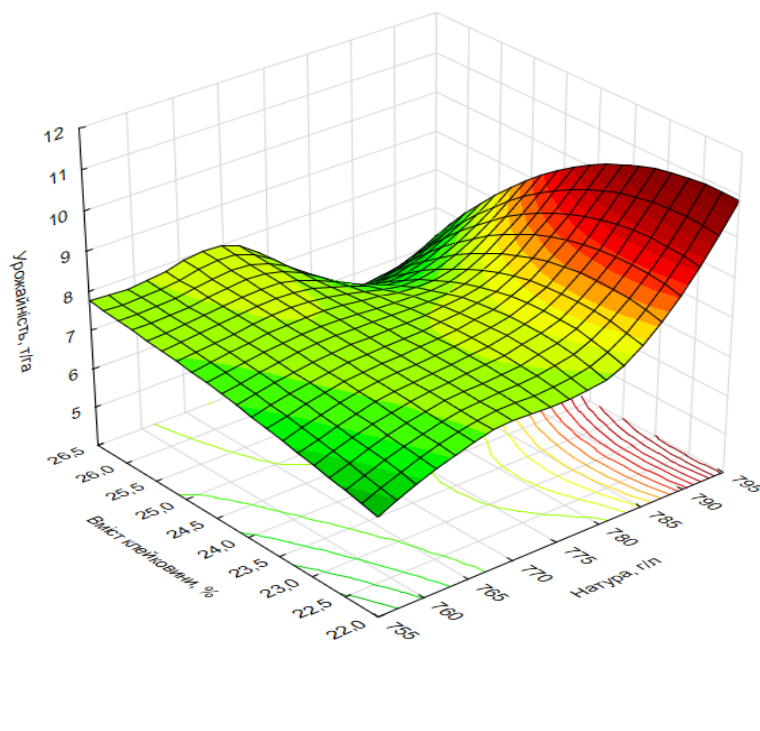
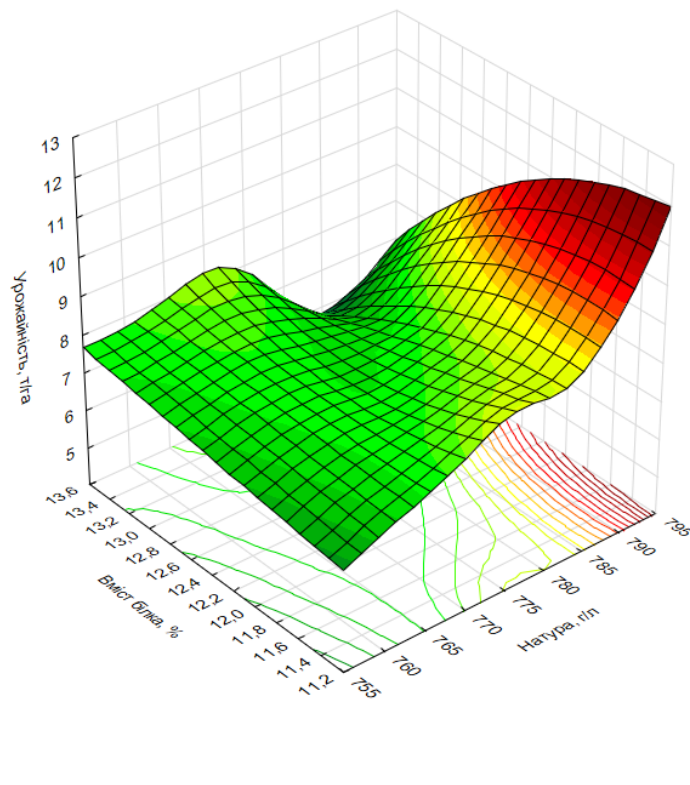
Частка інших факторів (взаємодія факторів та випадкова мінливість) становила 3,8 % для натури зерна, 3,5 % для вмісту білка та 3,9 % для вмісту клейковини, що підтверджує достатню однорідність експериментальних даних і високу достовірність отриманих результатів.

Побудовані поверхневі моделі відгуку відображають взаємозв'язок між урожайністю пшениці озимої та основними показниками якості зерна – натурою, вмістом білка та клейковини. Отримані результати узгоджуються з даними кореляційного аналізу (рис. 4.6).

Перша модель характеризує залежність урожайності від натури зерна та вмісту білка. Максимальні значення урожайності формуються за підвищених показників натури зерна (близько 785–790 г/л) та помірного вмісту білка (11,5–12,0 %). Водночас кореляційний аналіз свідчить про слабкий від'ємний зв'язок між урожайністю і натурою зерна ($r = -0,07$) та слабкий негативний зв'язок із вмістом білка ($r = -0,28$), що вказує на незначну пряму залежність між цими показниками і врожайністю та підтверджує складний характер їх взаємодії.

Друга модель відображає залежність урожайності від натури зерна та вмісту клейковини. Найвищі значення урожайності спостерігаються за високої натури зерна (понад 780 г/л) та середнього рівня клейковини (23–25 %). За даними кореляційного аналізу встановлено від'ємний зв'язок між урожайністю і вмістом

клейковини ($r = -0,36$), що свідчить про тенденцію до зниження частки клейковини за формування високих урожаїв.



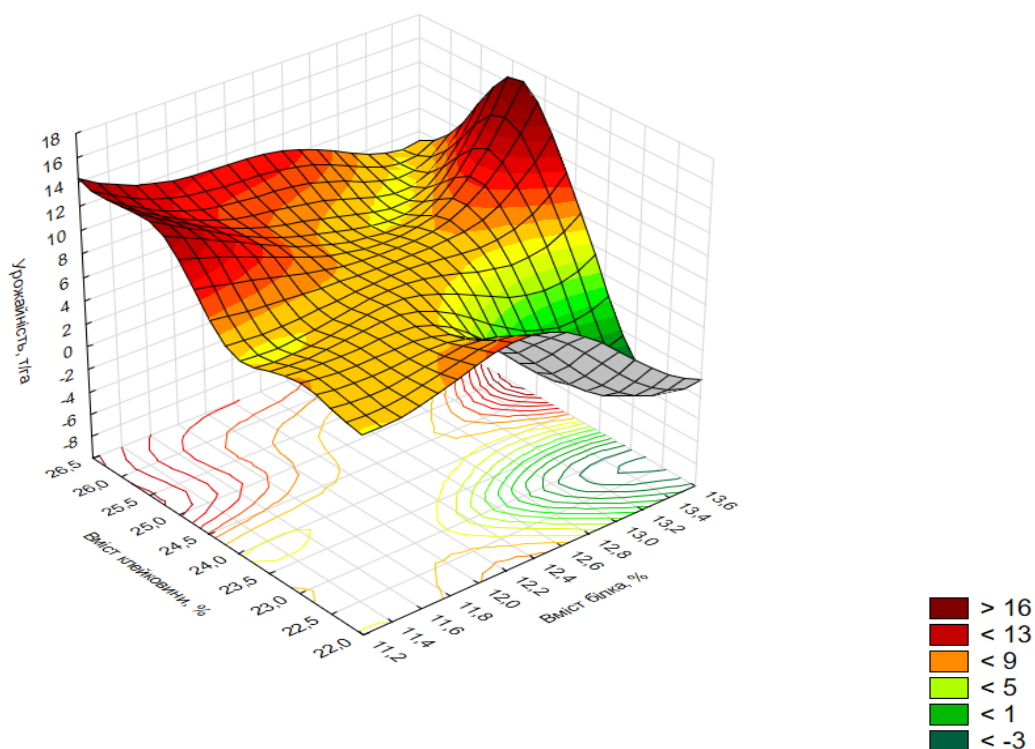


Рис. 4.6. Моделі залежності урожайності пшениці озимої від показників якості зерна, середнє за 2023-2025 рр.

Третя модель характеризує взаємозв'язок між вмістом білка та клейковини у формуванні урожайності. Максимальні значення урожайності формуються за їх оптимальних, а не максимальних значень, що пояснюється ефектом біологічного «розбавлення» білкових сполук у зерні за високої продуктивності посівів.

Отже, результати моделювання та кореляційного аналізу свідчать, що між урожайністю та показниками якості зерна існують переважно слабкі від'ємні зв'язки, тоді як максимальна продуктивність формується за оптимального поєднання показників натури, білка та клейковини, а не їх граничних значень.

4.3. Вплив гумінових біостимуляторів в системі азотного живлення на показники якості зерна пшениці озимої м'якої.

У сучасних системах удобрення значна увага приділяється використанню гумінових біостимуляторів, які здатні підвищувати ефективність використання поживних речовин, активізувати фізіолого-біохімічні процеси у рослинах та

покращувати умови мінерального живлення. Особливо важливим є їх застосування у системі азотного живлення, оскільки азот відіграє ключову роль у процесах синтезу білкових сполук і безпосередньо впливає на формування технологічних показників якості зерна.

Одержані нами результати досліджень свідчать, що у 2023 р. натура зерна змінювалася в межах 762–775 г/л. Найнижчі значення сформувалися на контрольному варіанті у сортів Манжелія (763 г/л) та Алтіго (762 г/л) (табл. 4.7).

Таблиця 4.7

Вплив гумінових біостимуляторів в системі азотного живлення на натуру зерна пшениці м'якої озимої, г/л (2023-2025 рр.)

Сорт	Варіант	Рік			Середнє за 2023–2025 рр.	± до контролю
		2023	2024	2025		
Манжелія	Контроль	763	758	767	762	-
	БіоСтимікс®	769	765	771	769	6
	Відновлення®	764	760	768	764	2
	N ₆₈	774	767	774	771	9
	БіоСтимікс® + N ₆₈	773	770	775	772	10
	Відновлення® + N ₆₈	770	761	769	767	5
	Середнє (x)	769	764	770	768	-
Алтіго	Контроль	762	756	769	762	-
	БіоСтимікс®	771	768	773	771	9
	Відновлення®	764	758	768	763	1
	N ₆₈	774	764	776	771	9
	БіоСтимікс® + N ₆₈	772	771	778	773	11
	Відновлення® + N ₆₈	775	766	772	771	9
	Середнє (x)	770	764	773	769	-
2023 рік НІР ₀₅ : Фактору А=1,3 г/л; фактор В= 2,2 г/л; фактор А×В=3,2 г/л;						
2024 рік НІР ₀₅ : Фактору А=1,7 г/л; фактор В=2,9 г/л; фактор А×В=4,0 г/л;						
2025 рік НІР ₀₅ : Фактор А=1,8 г/л; фактор В=3,0 г/л; фактор А×В=4,3 г/л.						

Застосування гумінових біостимуляторів окремо сприяло підвищенню показника до 764–771 г/л. Внесення азотних добрив (N₆₈) забезпечувало зростання натури зерна до 774 г/л, що перевищувало контроль на 9–12 г/л. Найвищими значеннями характеризувався варіант БіоСтимікс® + N₆₈ та Відновлення® + N₆₈, де натура зерна становила 773–775 г/л. Оскільки значення НІР₀₅ для фактору В у 2023

році становило 2,2 г/л, то більшість отриманих приростів відносно контролю є статистично достовірними.

У 2024 році натура зерна була дещо нижчою і коливалася у межах 756–771 г/л, що зумовлено менш сприятливими погодними умовами у період формування та наливу зерна. Найнижчі значення зафіксовано на контрольному варіанті (756–758 г/л). Застосування гумінових біостимуляторів і покращення азотного живлення шляхом внесення азотних мінеральних добрив забезпечувало підвищення показника до 764–771 г/л, причому найбільший ефект відзначено у варіанті БіоСтимікс® + N₆₈. З урахуванням значення НІР₀₅ для фактору В (2,9 г/л) більшість різниць між контрольним та дослідними варіантами також були статистично істотними.

У 2025 році сформувалися найвищі значення натури зерна, які змінювалися у межах 767–778 г/л. Максимальний показник (778 г/л) отримано у сорту Алтіго у варіанті БіоСтимікс® + N₆₈, тоді як у сорту Манжелія найвище значення становило 775 г/л у цьому ж варіанті. З урахуванням значення НІР₀₅ для фактору В (3,0 г/л) встановлено, що переважна більшість приросту натури зерна порівняно з контролем була достовірною.

У середньому за роками досліджень встановлено, що сорт Алтіго формував дещо вищу натуру зерна (769 г/л) порівняно із сортом Манжелія (768 г/л), що свідчить про певні генетично зумовлені їх особливості щодо формування фізичних показників якості зерна.

У розрізі варіантів досліду встановлено, що всі досліджувані елементи технології сприяли підвищенню натури зерна порівняно з контролем. Найменший ефект забезпечував препарат Відновлення® (приріст 1–2 г/л), тоді як застосування БіоСтимікс® підвищувало показник на 6–9 г/л. Використання азотного добрива N₆₈ забезпечувало приріст біля 9 г/л, а комбіноване застосування БіоСтимікс® + N₆₈ було найбільш ефективним, де підвищення становило 10–11 г/л порівняно з контролем.

Вплив гумінових біостимуляторів в системі азотного живлення на вміст білку в зерні пшениці м'якої озимої, % (2023-2025 рр.)

Сорт	Варіант	Рік			Середнє за 2023–2025 рр.	± до контролю
		2023	2024	2025		
Манжелія	Контроль	10,5	12,4	11,5	11,5	-
	БіоСтимікс®	10,7	12,7	11,8	11,8	0,3
	Відновлення®	10,8	12,8	11,8	11,8	0,3
	N ₆₈	11,1	13,1	12,2	12,2	0,7
	БіоСтимікс® + N ₆₈	11,8	13,8	12,9	12,9	1,4
	Відновлення® + N ₆₈	11,3	13,3	12,3	12,3	0,8
	Середнє (x)	11,2	12,8	12,0	12,1	-
Алтіго	Контроль	10,3	12,2	11,4	11,3	-
	БіоСтимікс®	11,0	12,6	11,7	11,8	0,5
	Відновлення®	10,7	12,5	11,8	11,7	0,4
	N ₆₈	11,4	12,9	12,0	12,1	0,8
	БіоСтимікс® + N ₆₈	12,1	13,6	12,7	12,8	1,5
	Відновлення® + N ₆₈	11,2	13,1	12,3	12,2	0,9
	Середнє (x)	11,2	12,8	12,0	12,0	-
2023 рік НІР ₀₅ : Фактору А = 0,27 %, Фактор В = 0,3 %, Фактор А×В = 0,3%						
2024 рік НІР ₀₅ : Фактору А = 0,4 %, Фактор В = 0,4%, Фактор А×В = 0,4 %						
2025 рік НІР ₀₅ : Фактор А = 0,3 %, Фактор В = 0,5%, Фактор А×В = 0,3 %						

У 2023 році вміст білка змінювався в межах 10,3–12,1 %. Найнижчі значення показника сформувалися на контрольних варіантах у сортів Манжелія (10,5 %) та Алтіго (10,3 %). Застосування гумінових біостимуляторів окремо забезпечувало підвищення показника до 10,7–11,0 %, проте різниця з контролем у більшості випадків була незначною. З урахуванням значення НІР₀₅ для фактору В (0,3 %) ці відмінності знаходилися на межі статистичної достовірності.

Внесення азотних добрив N₆₈ та їх поєднання з гуміновими біостимуляторами забезпечувало більш істотне підвищення вмісту білка. Зокрема, у варіанті БіоСтимікс® + N₆₈ показник становив 11,8 % у сорту Манжелія та 12,1 % у сорту Алтіго, що перевищувало контроль на 1,3–1,8 % і значно перевищувало величину НІР₀₅, що свідчить про статистично достовірний вплив системи живлення.

У 2024 році сформувалися найвищі значення вмісту білка, які варіювали у межах 12,2–13,8 %. Максимальні значення показника відзначено у варіанті

БіоСтимікс® + N₆₈ – 13,8 % у сорту Манжелія та 13,6 % у сорту Алтіго. З урахуванням значення НІР₀₅ для фактору В (0,4 %) різниця між контрольними та дослідними варіантами була статистично достовірною, що підтверджує ефективність поєднання гумінових біостимуляторів з азотним живленням.

У 2025 році вміст білка змінювався у межах 11,4–12,9 %. Найнижче значення показника, як і в попередні роки, сформувалося на контрольному варіанті (11,4–11,5 %). Застосування гумінових біостимуляторів окремо підвищувало білковість до 11,7–11,8 %, однак різниця з контролем у більшості випадків не перевищувала НІР₀₅ = 0,5 %. Водночас комплексна дія мінерального азоту внесеного в дозі N₆₈ з гуміновими препаратами забезпечувало підвищення вмісту білка до 12,2–12,9 %, що перевищувало контроль на 0,7–1,5 % і було статистично достовірним.

В середньому по досліді найнижчі значення показника сформувалися на контрольному варіанті (11,3–11,5 %). Застосування гумінових біостимуляторів у чистому вииді підвищувало вміст білка на 0,3–0,5 %, однак ці відмінності лише частково перевищували значення НІР₀₅. Значно більший ефект забезпечувало азотне живлення (N₆₈), де вміст білка становив 12,1–12,2 %, або був вищим контролю на 0,7–0,8 %. Найвищі значення показника отримано у варіанті БіоСтимікс® + N₆₈, де вміст білка становив 12,8–12,9 %, що істотно перевищувало контроль, зокрема на 1,4–1,5 %.

У 2023 році вміст клейковини варіював у межах 19,1–22,3 % (табл. 4.9). Найнижчі значення сформувалися на контролі (без удобрення) у сортів Манжелія (19,3 %) та Алтіго (19,1 %). Застосування лише гумінових біостимуляторів забезпечувало підвищення показника до 19,9–20,5 %, що перевищувало контроль на 0,4–1,4 %. Враховуючи, що НІР₀₅ для фактору В становило 0,4 %, то більшість цих приростів були статистично достовірними.

Найвищі значення формувалися у варіанті БіоСтимікс® + N₆₈ – 21,7 % у сорту Манжелія та 22,3 % у сорту Алтіго, що переважало контроль відповідно на 2,4 та 3,2 %, тобто значно перевищувало значення НІР₀₅.

**Вплив гумінових біостимуляторів в системі азотного живлення на вміст
клейковини в зерні пшениці озимої м'якої, % (2023-2025 рр.)**

Сорт	Варіант	Рік			Середнє за 2023–2025 рр.	± до контролю
		2023	2024	2025		
Манжелія	Контроль	19,3	23,2	21,6	21,4	-
	БіоСтимікс®	19,9	23,6	22,0	21,8	0,4
	Відновлення®	20,0	23,8	21,9	21,9	0,5
	N ₆₈	20,5	24,3	22,6	22,5	1,1
	БіоСтимікс® + N ₆₈	21,7	25,5	23,9	23,7	2,3
	Відновлення® + N ₆₈	20,9	24,7	22,9	22,8	1,4
	Середнє (х)	20,4	24,2	22,5	22,4	-
Алтіго	Контроль	19,1	22,6	21,2	21,0	-
	БіоСтимікс®	20,5	23,3	21,7	21,8	0,8
	Відновлення®	19,7	23,3	21,9	21,6	0,6
	N ₆₈	21,1	23,9	22,4	22,5	1,5
	БіоСтимікс® + N ₆₈	22,3	25,2	23,6	23,7	2,7
	Відновлення® + N ₆₈	20,7	24,2	22,8	22,6	1,6
	Середнє (х)	20,6	23,8	22,3	22,2	-
2023 рік НІР ₀₅ : Фактору А = 0,5%, Фактор Б = 0,4 %, Фактор А×Б = 0,5 %;						
2024 рік НІР ₀₅ : Фактору А = 0,6%, Фактор Б = 0,5%, Фактор А×Б = 0,7 %;						
2025 рік НІР ₀₅ : Фактор А = 0,45%, Фактор Б = 0,6%, Фактор А×Б = 0,6%;						

У 2024 році сформувалися найвищі значення вмісту клейковини, які змінювалися в межах 22,6–25,5 %. Максимальні показники отримано у варіанті БіоСтимікс® + N₆₈ – 25,5 % у сорту Манжелія та 25,2 % у сорту Алтіго. Оскільки НІР₀₅ для фактору В становило 0,5 %, різниця між контрольними та дослідними варіантами була статистично достовірною, що свідчить про високу ефективність поєднання гумінових біостимуляторів з азотним живленням.

У 2025 році вміст клейковини варіював у межах 21,2–23,9 %. Найнижчі значення сформувалися на контрольному варіанті (21,2–21,6 %), тоді як застосування гумінових препаратів та азотного живлення забезпечувало підвищення показника до 22,4–23,9 %. Найвище значення цього показника відзначено у варіанті БіоСтимікс® + N₆₈ (23,9 % у сорту Манжелія та 23,6 % у сорту Алтіго). Оскільки значення НІР₀₅ для фактору В становило 0,6 %, більшість приростів порівняно з контролем були достовірними.

Середні дані за роки досліджень свідчать, що сорт Манжелія формував дещо вищий вміст клейковини (22,4 %) порівняно із сортом Алтіго (22,2 %). Проте різниця між сортами у більшості випадків не перевищувала значення НІР₀₅ для фактору А (0,45–0,6 %), що вказує на відносно невеликий вплив сортового фактора на формування цього показника.

У середньому за роки досліджень найнижчі значення вмісту клейковини сформувалися на варіанті без застосування як мінеральних добрив, так і гумінових стимуляторів (21,0–21,4 %). Водночас підживлення посівів гуміновими біостимуляторами без азотного підживлення сприяло збільшенню вмісту клейковини на 0,4–0,8 %, що в окремих випадках перевищувало значення НІР₀₅.

Внесення азотних добрив у дозі N₆₈ забезпечувало більш істотне підвищення вмісту клейковини – до 22,5 %, що переважало контроль на 1,1–1,5 %. Найвищу ефективність забезпечувало комбіноване застосування гумінового біостимулятора БіоСтимікс® із азотним живленням, де вміст клейковини становив 23,7 %, що більше за значення на контролі на 2,3–2,7 %.

За результатами дисперсійного аналізу було встановлено, що визначальним фактором формування якості зерна були умови року вирощування, частка впливу яких становила 58,6 % для натури зерна, 61,9 % для вмісту білка та 57,8 % для вмісту клейковини (рис. 4.7).

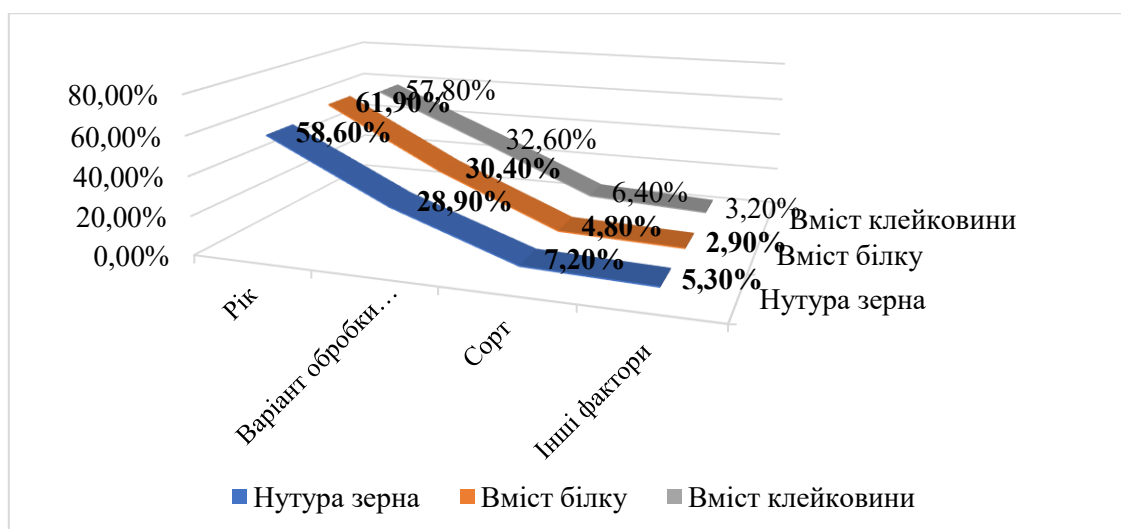
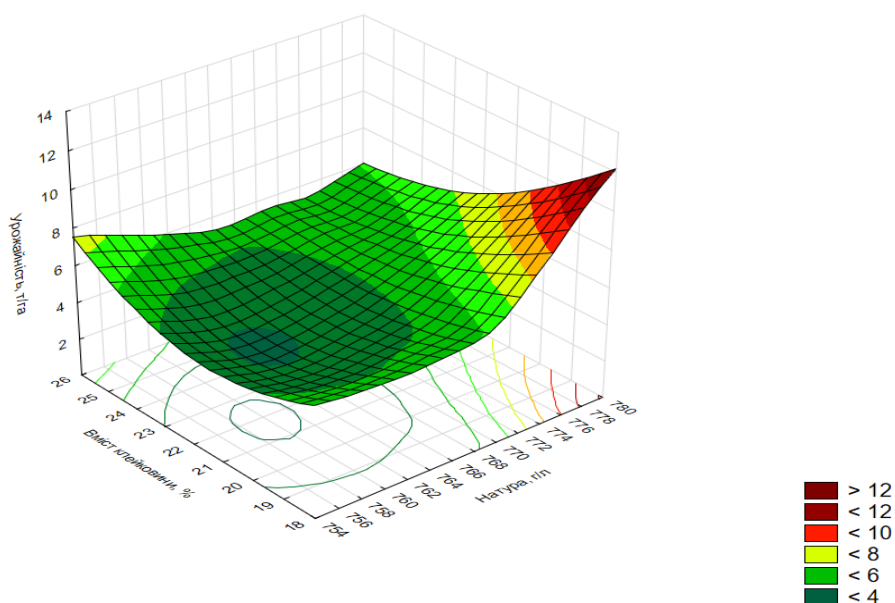


Рис. 4.7. Структура впливу факторів на показники якості зерна пшениці м'якої озимої, % (2023-2025 рр.)

Другим за значущістю фактором був варіант застосування біопрепаратів, частка впливу якого становила 28,9–32,6 %, що свідчить про істотну роль елементів технології вирощування у формуванні якісних показників зерна.

Вплив сортового фактора був значно меншим і становив 4,8–7,2 %, тоді як частка інших факторів не перевищувала 2,9–5,3 %.

Побудовані поверхневі моделі відгуку відображають взаємозв'язок між урожайністю пшениці озимої м'якої та основними показниками якості зерна – натурою, вмістом білка і клейковини (рис. 4.8). Отримані результати узгоджуються з даними кореляційного аналізу.



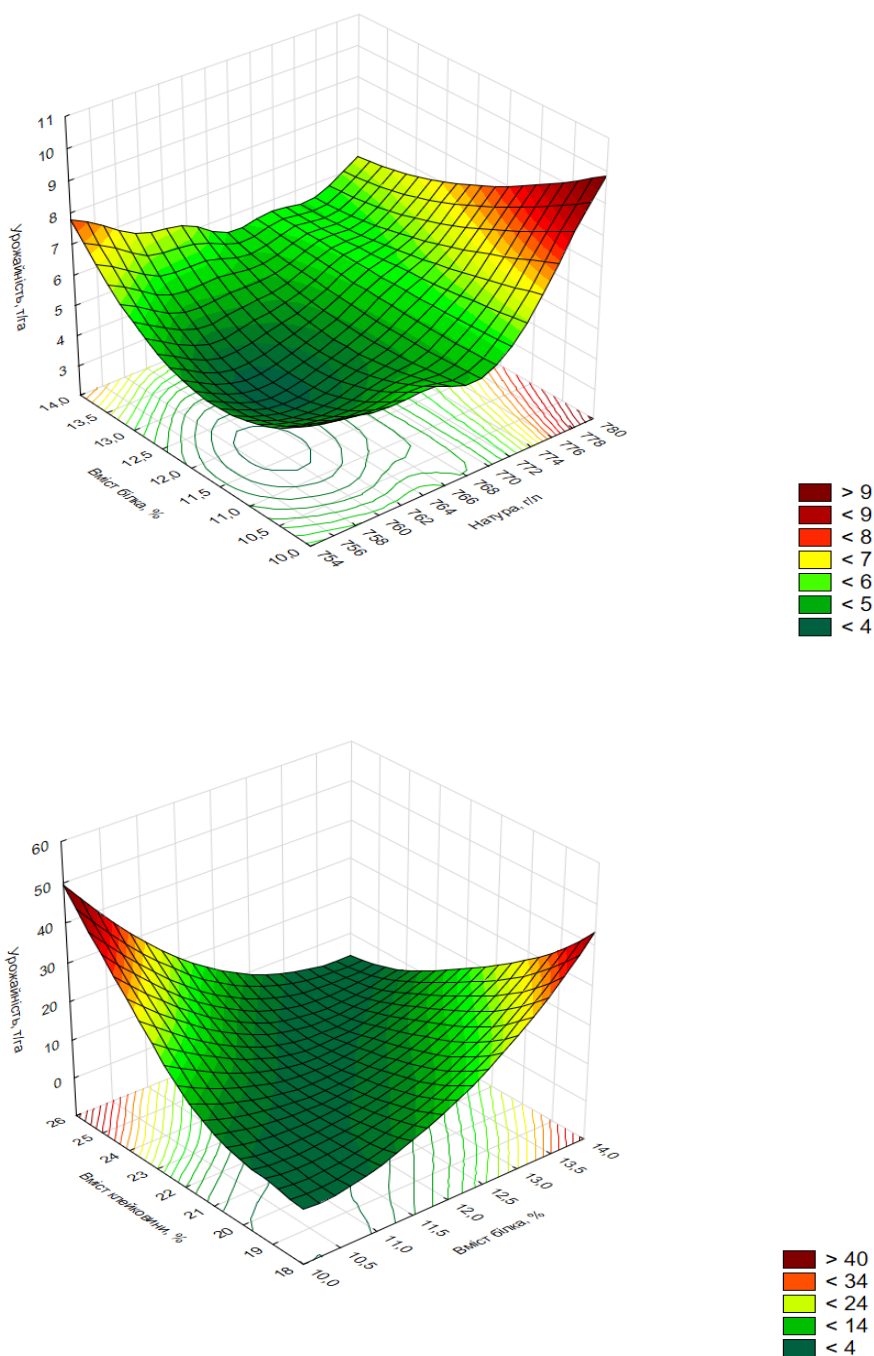


Рис. 4.8. Моделі залежності урожайності пшениці озимої від показників якості зерна, середнє за 2023-2025 рр.

Перша модель характеризує залежність урожайності від натури зерна та вмісту клейковини. Встановлено, що з підвищенням натури зерна спостерігається тенденція до зростання урожайності, тоді як вплив клейковини є менш вираженим. Це підтверджується результатами кореляційного аналізу, де встановлено помірний позитивний зв'язок між урожайністю і натурою зерна ($r = 0,59$) та дуже слабкий від'ємний зв'язок із вмістом клейковини ($r = -0,07$).

Друга модель відображає взаємозв'язок між натурою зерна та вмістом білка у формуванні урожайності. Максимальні значення урожайності формуються за підвищених показників натури зерна, тоді як зміна вмісту білка має незначний вплив на рівень продуктивності. Це узгоджується з результатами кореляційного аналізу, де встановлено практично відсутній зв'язок між урожайністю та вмістом білка ($r = 0,02$).

Третя модель характеризує взаємодію вмісту білка та клейковини у формуванні урожайності. Поверхня моделі демонструє, що варіація цих показників якості зерна не призводить до суттєвих змін урожайності, що також підтверджується дуже низькими значеннями коефіцієнтів кореляції.

Отже, результати моделювання та кореляційного аналізу свідчать, що серед показників якості зерна, які досліджували, найбільший вплив на урожайність має натура зерна, тоді як вміст білка та клейковини характеризуються слабким або практично відсутнім зв'язком із продуктивністю культури. Такі закономірності підтверджують, що формування високої урожайності пшениці озимої м'якої відбувається переважно за рахунок показників виповненості зерна, тоді як біохімічні показники якості мають другорядне значення.

Висновки до розділу 4.

За результатами проведених досліджень встановлено, що застосування біостимуляторів різного походження є ефективним технологічним прийомом підвищення показників якості зерна пшениці озимої м'якої. Передпосівна обробка насіння мікробіологічними препаратами сприяла насамперед покращенню біохімічних показників зерна, забезпечуючи підвищення вмісту білка на 0,47–0,63 % і клейковини на 0,70–1,20 %, тоді як вплив на натуру зерна був менш вираженим. Позакореневе застосування мікробних біостимуляторів у фазі кущення забезпечувало підвищення натури зерна на 2–10 г/л, вмісту білка – на 0,12–0,37 %, а клейковини – на 0,24–0,72 %, при цьому найвищу ефективність продемонстрував препарат Граундфікс®. Найбільш істотний вплив на показники якості зерна встановлено за використання гумінових біостимуляторів у системі азотного

живлення, де поєднання препарату БіоСтимікс® з азотним добривом N₆₈ забезпечувало максимальне підвищення натури зерна (на 10–11 г/л), вмісту білка (на 1,4–1,5 %) та клейковини (на 2,3–2,7 %) порівняно з контролем. Дисперсійний аналіз показав, що формування показників якості зерна визначалося передусім погодними умовами року вирощування (57,8–71,6 %), тоді як частка впливу застосування біостимуляторів і системи живлення становила 20,1–32,6 %, а сортових особливостей – 4,0–9,1 %. Отже, інтегроване використання мікробних і гумінових біостимуляторів у технології вирощування пшениці озимої є ефективним інструментом регулювання фізичних і біохімічних показників якості зерна.

Публікації до розділу: 209

РОЗДІЛ 5

ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ АГРОТЕХНІЧНИХ ЗАХОДІВ У ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ

5.1 Економічна оцінка застосування біостимуляторів

Економічну ефективність застосування біостимуляторів у технології вирощування пшениці м'якої озимої оцінювали за показниками урожайності зерна та структури виробничих витрат. Проведені розрахунки базувались на основі технологічні карт зональної технології вирощування в умовах Лівобережного Лісостепу України з урахуванням фактичної кратності та норм витрат у дослідях.

Для порівняння варіантів у дослідях економічну оцінку виконували за єдиною методикою із визначення вартості валової продукції (виручки), виробничих затрат, чистого доходу та собівартості 1 т зерна та рівня рентабельності. Основним оцінювальним критерієм був рівень рентабельності, що відображає окупність витрат і доцільність застосування досліджуваних елементів технології [194, 195].

Вартість матеріальних ресурсів і реалізаційну ціну зерна вираховували за цінами відповідних років досліджень. Зокрема, ціна зерна пшениці становила 5,3 тис. грн/т у 2023 р., 7,9 тис. грн/т у 2024 та 8,7 тис. грн/т. Вартість палива було на рівні 51,4 тис. грн/т у 2023 році, 51,8 тис. грн/т у 2024 р., 57,5 тис. грн/т у 2025 році. Вартість мінеральних добрив у 2023 році складала 36 900 грн/т у 2024 – 20 900 грн/т у 2025 – 23 500 грн/т. Витрати на підготовлений насіннєвий матеріал у розрахунку на 1 га становили: сорт Манжелія – 3450,00 грн/га, сорт Богдана – 3489,08 грн/га, сорт Алтіго – 3544,88 грн/га. Витрати на застосування засобів захисту рослин приймали за середньою нормативною величиною відповідно до технологічних карт.

Оскільки метою досліджень було визначення загальної доцільності застосування біостимуляторів у технології вирощування, то економічні показники для кожного дослідження узагальнювали за середніми значеннями за період досліджень 2023–2025 рр., що дозволило нівелювати вплив цінової кон'юнктури окремих років

та дати об'єктивну оцінку економічної доцільності застосування біостимуляторів у досліді.

За передпосівної обробки насіння біостимуляторами середній рівень виробничих витрат змінювалися в межах 22,9–23,4 тис. грн/га залежно від сорту. Вартість одного літра біостимулятора складала АзотХелп® – 312,0 грн/л, БіоАзот® – 303,0 грн/л, БіоФосфор® – 367,0 грн/л, Органік-баланс® – 330 грн/л. В перерахунку на норму висіву насіння витрати біостимулятора на один гектар становили: АзотХелп® – 77,95, БіоАзот® – 75,97, БіоФосфор® – 90,05, Органік-баланс® – 81,91 грн/га. Економічний ефект визначався приростом урожайності та вартістю продукції.

У сорту Манжелія у контрольному варіанті чистий дохід складав 3704,81 грн/га, рівень рентабельності 16,2 %. Застосування біостимулятора АзотХелп® збільшувало чистий дохід порівняно з контролем на 502,95 грн/га, а рівень рентабельності на 2,1 %, а препарату БіоАзот® – на 689,68 грн/га та на 2,9 % відповідно. Приріст чистого доходу та рентабельності за застосування БіоФосфору® становив, відповідно, 3175,90 грн/га та 13,8 %. Застосування Органік-балансу® забезпечило збільшення суми чистого доходу на 1605,28 грн/га, а рентабельності на 6,9 %.

Для сорту Богдана у контрольному варіанті чистий дохід склав 3763,81 грн/га, рентабельність 16,4 %. У разі застосування біостимулятора АзотХелп® чистий дохід порівняно з контролем зростав на 223,67 грн/га, а рівень рентабельності на 0,9 %. У разі застосування препарату БіоАзот® навпаки відзначено зменшення чистого доходу на 287,20 грн/га та рентабельності на 1,3 %, через формування нижчого рівня урожайності та зростання виробничих витрат порівняно з контролем. Препарат БіоФосфор® збільшував чистий дохід на 2836,61 грн/га та рентабельність на 12,3 %, а застосування Органік-балансу®, відповідно на 1382,68 грн/га та 6,0 % (табл. 5.1).

**Економічна ефективність сортів пшениці озимої залежно від передпосівної
обробки насіння**

Показники	Варіант				
	Контроль	АзотХелп®	БіоАзот®	БіоФосфор®	Органік-баланс®
сорт Манжелія					
Урожайність	3,64	3,72	3,75	4,09	3,88
Виробничі затрати, грн/га	22887,56	22965,51	22963,53	22977,61	22969,47
Собівартість, грн/т	6282,97	6169,60	6127,41	5617,94	5929,27
Чистий дохід, грн/га	3704,81	4207,76	4394,49	6879,71	5310,09
Рентабельність, %	16,2	18,3	19,1	29,9	23,1
сорт Богдана					
Урожайність	3,66	3,69	3,63	4,06	3,86
Умовні затрати, грн/га	22909,41	22987,36	22985,38	22999,46	22991,32
Собівартість, грн/т	6269,91	6220,90	6340,92	5672,19	5964,81
Чистий дохід, грн/га	3763,81	3987,48	3476,61	6600,42	5146,49
Рентабельність, %	16,4	17,3	15,1	28,7	22,4
сорт Алтіго					
Урожайність	3,85	3,92	3,86	4,14	4,02
Виробничі затрати, грн/га	23077,31	23155,26	23231,24	23321,29	23403,21
Собівартість, грн/т	5995,85	5912,91	6011,95	5635,41	5827,58
Чистий дохід, грн/га	5019,54	5431,90	4977,25	6888,67	5913,15
Рентабельність, %	21,8	23,5	21,4	29,5	25,3

У сорту Алтіго рентабельність контрольного варіанту – 21,8 %, а чистий дохід – 5019,54 грн/га. Біостимулятор АзотХелп® забезпечував зростання чистого доходу порівняно з контролем на 412,37 грн/га, а рентабельності на 1,7 %. Препарат

БіоАзот® зумовлював зменшення чистого доходу на 42,28 грн/га та рентабельності на 0,3 %, через формування близького рівня урожайності до контролю та відповідно зростання витрат за рахунок застосування препарату. Найбільший приріст чистого доходу та рентабельності забезпечував біостимулятор БіоФосфор®, відповідно на 1869,13 грн/га та 7,8 %. Застосування Органік-балансу® зумовлювало збільшення чистого доходу на 893,62 грн/га, а рентабельності на 3,5 %. У середньому за варіантами дослідів найвищі показники приросту чистого доходу (2626,88 грн/га) та рівня рентабельності (11 %) отримано у варіанті застосування препарату БіоФосфор®. Препарат Органік-баланс® забезпечував наступні прирости: чистий дохід на 1293,86 грн/га та підвищенням рентабельності на 5 % (рис. 5.1).

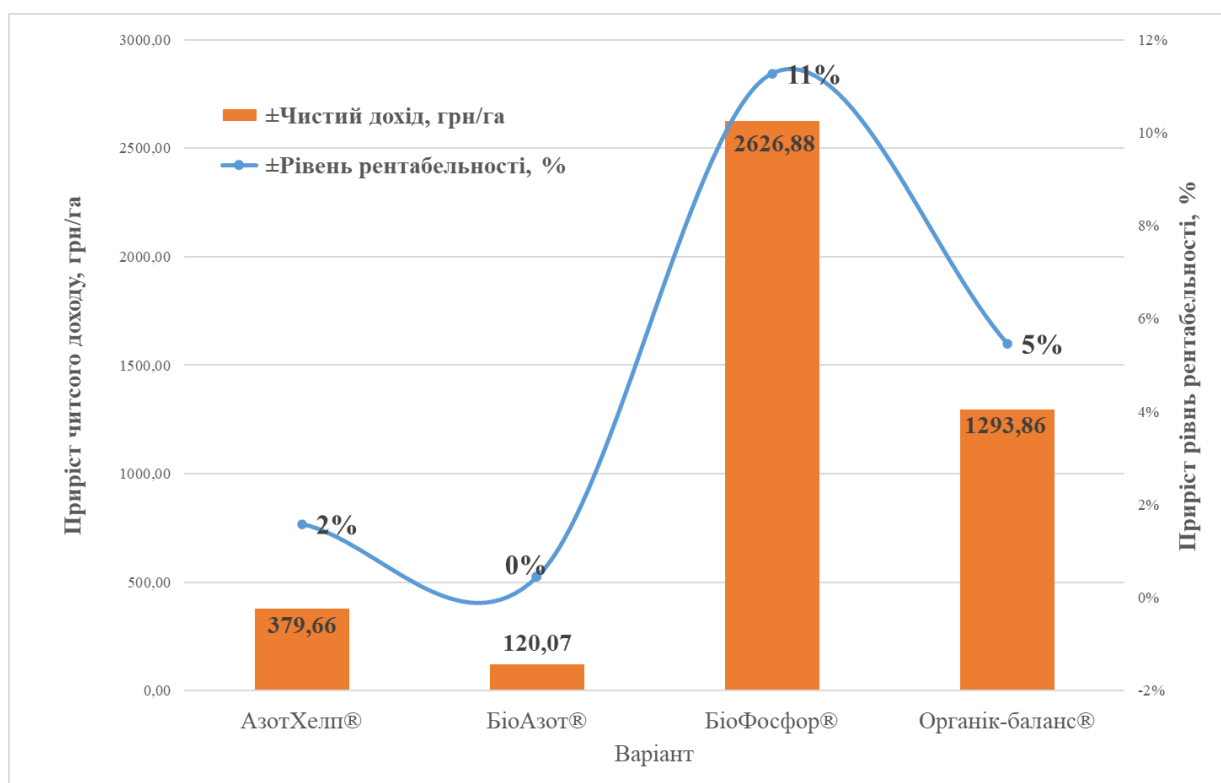


Рис. 5.1. Приріст чистого прибутку та рентабельності відносно контролю

Варіанти з препаратами АзотХелп® і БіоАзот® забезпечили одержання найменшої суми додаткового чистого доходу, відповідно, 379,66 і 120,07 грн/га, водночас рівень рентабельності зростав не більше ніж на 2 %. Таким чином, економічна доцільність застосування біостимуляторів значною мірою залежала від

здатності забезпечувати приріст урожайності, препарат БіоФосфор[®] виявився найбільш економічно доцільним у даному досліді.

У разі позакоренового застосування біостимуляторів на основі мікроорганізмів зростання економічної ефективності визначалося насамперед приростом урожайності (табл. 5.2). Вартість одного літра біостимулятора складала АзотХелп[®] – 312,0 грн/л, БіоАзот[®] – 303,0 грн/л, БіоФосфор[®] – 367,0 грн/л, Граундфікс[®] – 255 грн/л, що за норми 1 л/га відповідало додатковим виробничим затратам на 1 га.

У сорту Манжелія на контрольному варіанті чистий дохід становив 22887,56 грн/га, а рівень рентабельності – 126,1 %. Біопрепарат АзотХелп[®] забезпечував зростання чистого доходу на 1381,56 грн/га, а рівня рентабельності – на 1,5 %. Препарат БіоАзот[®] виявився менш ефективним, внаслідок його застосування сума чистого доходу зросла на 1212,30 грн/га, а рентабельність на 0,8 %, відносно контролю. За використання БіоФосфору[®] чистий дохід збільшився порівняно з контролем на 2922,30 грн/га, а рівень рентабельності на 7,7 %. Максимальне зростання чистого доходу, зокрема на 3652 грн/га та рівня рентабельності на 11,5 % забезпечував біостимулятор Граундфікс[®].

Позакореневе підживлення посівів сорту Богдана біостимуляторами АзотХелп[®] та БіоАзот[®] сприяло зростанню чистого доходу на 1363 та 1194 грн/га, а рівня рентабельності на 1,4 та 0,7 % відповідно. Препарат БіоФосфор[®] забезпечив підвищення вище зазначених економічних показників, відповідно на 2833 грн/га та 7,3 %. За використання Граундфіксу[®] зростання чистого доходу було на рівні на 3598 грн/га, а рентабельності на 11,2 %.

Вищий рівень урожайності та прирости рівня рентабельності та чистого доходу зафіксовано у сорту Алтіго. Застосування препаратів АзотХелп[®] та БіоАзот[®] забезпечувало зростання показників чистого доходу та рівня рентабельності на 1752 грн/га і 2,5 % та 1524 грн/га і 1,6 % відповідно. Застосування БіоФосфору[®] дозволило підвищити чистий дохід на 3364 грн/га та рентабельність на 9 %. Максимальне зростання чистого доходу та рентабельності

порівняно з контролем було у разі застосування біопрепарату Граундфікс[®], відповідно на 4206 грн/га та 13 %.

Таблиця 5.2

Економічна ефективність сортів пшениці озимої залежно від позакореневої обробки

Показники	Варіант				
	Контроль	АзотХелп [®]	БіоАзот [®]	БіоФосфор [®]	Граундфікс [®]
сорт Манжелія					
Урожайність	7,07	7,37	7,35	7,59	7,68
Виробничі затрати, грн/га	22887,56	23699,56	23690,56	23754,56	23642,56
Собівартість, грн/т	3234,72	3213,36	3222,57	3127,71	3078,04
Чистий дохід, грн/га	28443,77	29825,33	29656,08	31366,07	32096,56
Рентабельність, %	126,1	127,6	126,9	133,9	137,6
сорт Богдана					
Урожайність	7,10	7,40	7,37	7,61	7,70
Виробничі затрати, грн/га	22909,41	23721,41	23712,41	23776,41	23664,41
Собівартість, грн/т	3229,44	3207,89	3218,44	3126,39	3075,75
Чистий дохід, грн/га	28622,92	29986,59	29816,92	31455,92	32221,59
Рентабельність, %	126,6	128,0	127,3	133,9	137,8
сорт Алтіго					
Урожайність	7,59	7,94	7,91	8,17	8,27
Виробничі затрати, грн/га	23077,31	23889,31	23880,31	23944,31	23832,31
Собівартість, грн/т	3041,38	3008,23	3019,81	2930,28	2881,29
Чистий дохід, грн/га	32142,36	33894,36	33666,69	35507,02	36349,02
Рентабельність, %	141,8	144,3	143,4	150,8	155,1

Таким чином, за середніми даними найбільш економічно доцільними виявилися варіанти BioNorma[™] БіоФосфор[®] та BTU[™] Граундфікс[®], які

забезпечували максимальний чистий дохід та найвищу рентабельність. Варто зазначити, що сорт Алтіго характеризувався найвищою окупністю технології, що підкреслює важливу роль сортових особливостей у реалізації економічного ефекту від застосування біостимуляторів (рис. 5.2).

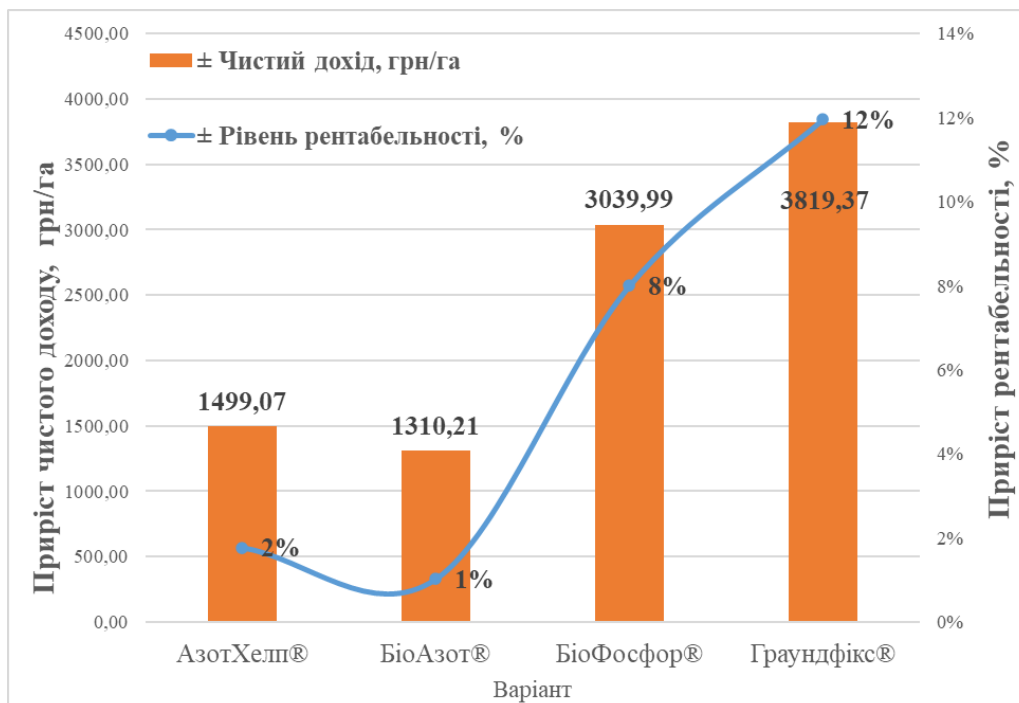


Рис. 5.2. Приріст чистого доходу та рівня рентабельності відносно контролю по варіантах

У разі застосування гумінових біостимуляторів на фоні азотного живлення, у середньому виробничі витрати на застосування БіоСтимікс® становили 570 грн/га, Відновлення® – 727,5 грн/га, аміачної селітри (N₆₈) – 5420 грн/га, БіоСтимікс® + N₆₈ – 5990 грн/га, Відновлення® + N₆₈ – 6147,50 грн/га (табл. 5.3).

У сорту Манжелія на контрольному варіанті чистий дохід склав 12 603,12 грн/га, рівень рентабельності 84 %. Застосування БіоСтиміксу®, дозволило підвищити рентабельність на 5 %, а чистий дохід на 1285 грн/га, тоді як у разі застосування біостимулятора Відновлення® рентабельність зменшилася на 1%, а чистий дохід зріс на 483 грн/га.

Внесення азотних добрив N₆₈ забезпечувало зростання чистого доходу на 2689,1 грн/га відносно контролю, проте рентабельність знизилася на 9 %, що пов'язано із істотним зростання виробничих витрат. Застосування біостимулятора БіоСтимікс® з азотним живленням забезпечувало приріст чистого доходу відносно

контролю на 6 207 грн/га, а рентабельності на 6 %. Варіант Відновлення[®]+ N₆₈ сприяв збільшенню суми чистого доходу на 6499 грн/га, а рентабельність на 7 %. Порівнюючи варіанти БіоСтимікс[®]+ N₆₈ та Відновлення[®]+ N₆₈ з варіантом застосування лише азотних добрив, то поєднання біостимуляторів та азотного добрива збільшувало чистий дохід на 3518 і 3810 грн/га відповідно, а рівень рентабельності на 15 і 16 % (табл. 5.3).

Таблиця 5.3

Економічна ефективність сортів пшениці озимої залежно від позакореневої обробки біостимуляторами на фоні азотних добрив

Показники	Варіант					
	1	2	3	4	5	6
сорт Манжелія						
Виробничі затрати, грн/га	14960,5	15530,5	15688,0	20380,5	20950,5	21108,0
Собівартість, грн/т	3962,2	3853,7	3980,0	4170,6	3846,5	3832,0
Чистий дохід, грн/га	12603,1	13888,5	13086,2	15292,2	18810,2	19102,9
Рентабельність, %	84	89	83	75	90	91
сорт Алтіго						
Виробничі затрати, грн/га	15060,4	15630,4	15787,9	20480,4	21050,4	21207,9
Собівартість, грн/т	3910,9	3799,9	3933,0	4109,8	3796,3	3773,6
Чистий дохід, грн/га	13050,7	14397,0	13515,5	15898,0	19428,1	19818,1
Рентабельність, %	87	92	86	78	92	93
Примітка: 1 – Контроль; 2 – БіоСтимікс [®] ; 3 – Відновлення [®] ; 4 – N ₆₈ ; 5 – БіоСтимікс [®] + N ₆₈ ; 6 – Відновлення [®] + N ₆₈ .						

Сорт Алтіго характеризувався вищим рівнем економічної ефективності порівняно з сортом Манжелія. На контролі чистий дохід становив 13050,70 грн/га, рентабельність – 87 %. Застосування біостимулятора БіоСтимікс[®] забезпечувало підвищення чистого доходу відносно контролю на 1346,3 грн/га, а рентабельності на 5 %. Застосування препарату Відновлення[®] збільшувало чистий дохід на 464,8 грн/га, але водночас це призвело і до зниження рентабельності на 1 %.

Використання лише азотних добрив сприяло підвищенню чистого доходу на 2847,3 грн/га відносно контролю, однак через зростання витрат рентабельність знизилась на 9 %. Найвищий економічний ефект встановлено у варіантах БіоСтимікс®+ N₆₈ та Відновлення®+ N₆₈, де приріст чистого доходу порівняно з контролем становив 6 377,4 та 6 767,4 грн/га відповідно, а рівень рентабельності перевищував контроль на 5 та 6 %. У порівнянні із варіантом, де застосували лише N₆₈, чистий дохід збільшувався на 3530 і 3920 грн/га відповідно, а рентабельність на 14 і 15 %.

Таким чином, найвищі показники економічної ефективності сформувалися у варіантах поєднаного застосування біостимуляторів з азотним живленням: БіоСтимікс®+ N₆₈ та Відновлення®+ N₆₈, де приріст чистого доходу відносно контролю збільшувався на 6292,3 і 6633,6 грн/га, а рівень рентабельності підвищувався на 5,6 і 6,5 % відповідно. Це підтверджує доцільність використання біостимуляторів на основі гумінових речовин на фоні азотних добрив з метою підвищення економічної ефективності технології вирощування пшениці озимої (рис. 5.5).

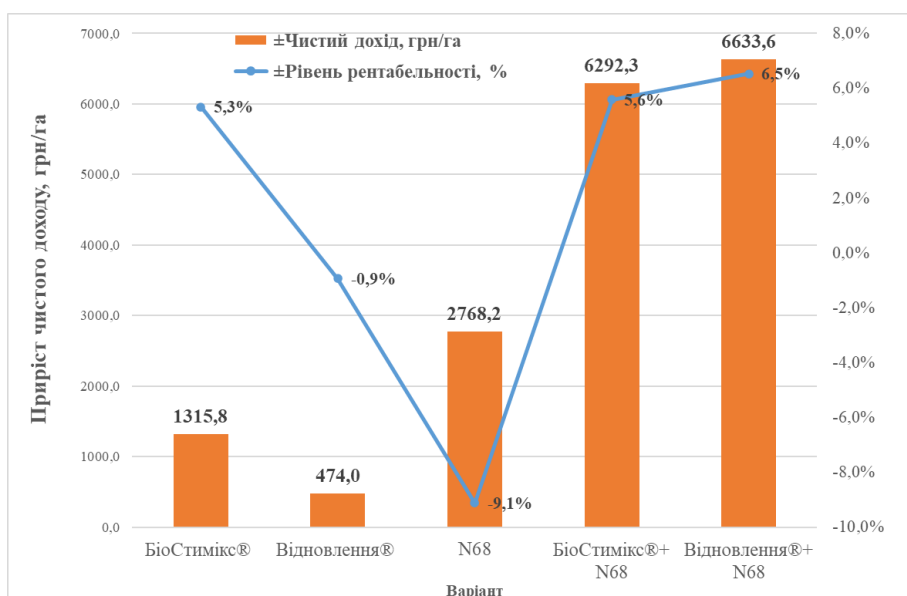


Рис. 5.3. Приріст чистого доходу та рентабельності відносно контролю залежно від обробки біостимуляторами на фоні азотних добрив.

5.2. Енергетична оцінка застосування біостимуляторів

Енергетичну ефективність застосування біостимуляторів у технології пшениці м'якої озимої оцінювали шляхом визначення приросту валової енергії

урожаю і коефіцієнта енергетичної ефективності. Загальні енерговитрати технології вирощування були практично сталими для всіх варіантів, оскільки технологічні операції та система удобрення залишались незмінними, а відмінності стосувалися лише застосування біостимуляторів.

За передпосівної обробки насіння біостимуляторами на основі мікроорганізмів у сорту Манжелія загальні витрати енергії в усіх варіантах становили 8,7 ГДж/га, тому зміни коефіцієнта енергетичної ефективності визначалися виключно рівнем енергії акумульованій у продукції. У контрольному варіанті приріст валової енергії склав 3,4 ГДж/га. Застосування препарату АзотХелп® підвищувало цей показник до 3,7 ГДж/га, а БіоАзот® – до 3,8 ГДж/га, що відповідало приросту 0,3–0,4 ГДж/га відносно контролю. Найвищий енергетичний ефект забезпечував препарат БіоФосфор®, де приріст валової енергії досягав 4,9 ГДж/га, що на 1,5 ГДж/га перевищувало контроль, К_ее 1,6 ГДж/га. Застосування Органік-балансу® характеризувалося приростом валової енергії, що становило 4,2 ГДж/га, або на 0,8 ГДж/га вище відносно контролю. У сорту Богдана на контрольному варіанті приріст валової енергії зростав на 3,5 ГДж/га. Найефективнішим варіантом був БіоФосфор®, приріст валової енергії становив 4,8 ГДж/га, що на 1,3 ГДж/га перевищувало контроль (К_ее = 1,6). Використання Органік-баланс® забезпечувало приріст валової енергії у розмірі 4,1 ГДж/га, або зростання відносно контролю становило 0,6 ГДж/га.

Сорт Алтіго характеризувався загалом вищим рівнем енергетичного виходу продукції. Контрольний варіант мав приріст валової енергії 4,1 ГДж/га. Застосування АзотХелп® підвищувало цей показник до 4,4 ГДж/га, а БіоАзот® – до 4,2 ГДж/га, що відповідало приросту 0,1–0,3 ГДж/га відносно контролю. Найвищий енергетичний ефект забезпечував препарат БіоФосфор®, за якого приріст валової енергії досягав 5,1 ГДж/га, що на 1,0 ГДж/га перевищувало контроль, (К_ее=1,6). Варіант з використанням Органік-баланс® також був енергетично доцільним – 4,7 ГДж/га, або на 0,6 ГДж/га більше відносно контролю (табл 5.4).

Таблиця 5.4

Енергетична ефективність сортів пшениці озимої залежно від передпосівної обробки насіння

Показники	Варіант				
	Контроль	АзотХелп®	БіоАзот®	БіоФосфор®	Органік-баланс®
сорт Манжелія					
Вміст енергії у вирощеній продукції, ГДж/га	12,1	12,4	12,5	13,6	12,9
Загальні витрати енергії, ГДж/га	8,7	8,7	8,7	8,7	8,7
Коefіцієнт енергетичної ефективності	1,39	1,42	1,43	1,56	1,48
сорт Богдана					
Вміст енергії у вирощеній продукції, ГДж/га	12,2	12,3	12,1	13,5	12,8
Загальні витрати енергії, ГДж/га	8,7	8,7	8,7	8,7	8,7
Коefіцієнт енергетичної ефективності	1,40	1,41	1,38	1,55	1,47
сорт Алтіго					
Вміст енергії у вирощеній продукції, ГДж/га	12,8	13,1	12,9	13,8	13,4
Загальні витрати енергії, ГДж/га	8,7	8,7	8,7	8,7	8,7
Коefіцієнт енергетичної ефективності, Кее	1,47	1,50	1,47	1,58	1,54

Таким чином, у середньому за три роки досліджень найвищі показники отримано у варіанті із застосуванням БіоФосфор®, де приріст валової енергії досягав 4,9 ГДж/га, а коефіцієнт енергетичної ефективності зростав до 1,6, що свідчить про найбільш раціональне співвідношення між енергетичними витратами та виходом продукції. Це підтверджує доцільність застосування біостимулятора БіоФосфор® для покращення енергетичної ефективності технології вирощування культури (рис 5.4).

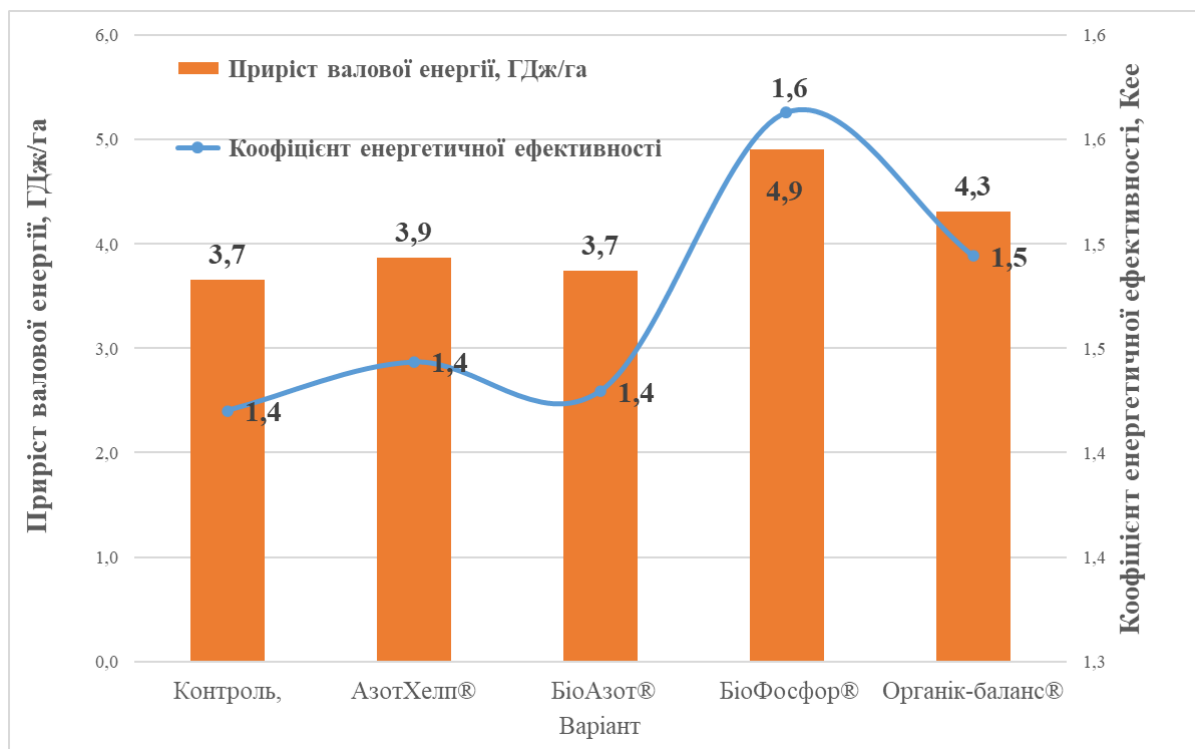


Рис. 5.4. Приріст валової енергії та коефіцієнт енергетичної ефективності в середньому по варіантах.

За позакореневої обробки бактеріальними препаратами базові енерговитрати технології на контролі становили 9,3 ГДж/га. У варіантах із застосуванням біопрепаратів витрати енергії зростали до 9,5 ГДж/га за рахунок додаткових технологічних операцій із внесення препарату. На контролі приріст валової енергії для сорту Манжелія становив 14,2 ГДж/га за К_{еє} 2,52. Застосування препарату АзотХелп® забезпечило приріст валової енергії в обсязі 15,0 ГДж/га, що на 0,8 ГДж/га більше відносно контролю (К_{еє}=2,6). Схожий рівень енергетичної ефективності був одержаний за використання БіоАзот® (табл. 5.5).

Таблиця 5.5

Енергетична ефективність сортів пшениці озимої залежно від позакореневої обробки біостимуляторами

Показники	Варіант				
	Контроль	АзотХелп®	БіоАзот®	БіоФосфор®	Граундфікс®
сорт Манжелія					
Вміст енергії у вирощеній продукції, ГДж/га	23,5	24,5	24,5	25,3	25,6
Загальні витрати енергії, ГДж/га	9,3	9,5	9,5	9,5	9,5
Коefіцієнт енергетичної ефективності	2,52	2,58	2,57	2,65	2,69
сорт Богдана					
Вміст енергії у вирощеній продукції, ГДж/га	23,6	24,6	24,5	25,3	25,6
Загальні витрати енергії, ГДж/га	9,3	9,5	9,5	9,5	9,5
Коefіцієнт енергетичної ефективності	2,53	2,59	2,58	2,66	2,69
сорт Алтіго					
Вміст енергії у вирощеній продукції, ГДж/га	25,2	26,4	26,3	27,2	27,5
Загальні витрати енергії, ГДж/га	9,3	9,5	9,5	9,5	9,5
Коefіцієнт енергетичної ефективності, К _{еє}	2,70	2,78	2,76	2,86	2,89

У разі Застосування біостимулятора БіоФосфор[®] підвищення приросту валової енергії дорівнювало 15,8 ГДж/га, або на 1,6 ГДж/га більше відносно контролю ($K_{ee} = 2,6$). Максимальні показники енергетичної ефективності отримано у варіанті із застосуванням Граундфікс[®], де приріст валової енергії становив 16,1 ГДж/га, що на 1,9 ГДж/га більше відносно контролю ($K_{ee} = 2,7$).

Для сорту Богдана контрольний варіант характеризувався приростом валової енергії, який становив 14,3 ГДж/га та коефіцієнтом енергетичної ефективності 2,53. Використання АзотХелп[®] підвищувало приріст валової енергії до 15,1 ГДж/га, що на 0,8 ГДж/га більше до контролю (K_{ee} до 2,6). Застосування БіоАзот[®] забезпечувало практично аналогічні прирости.

Приріст валової енергії за використання БіоФосфор[®] дорівнював 15,8 ГДж/га, що на 1,5 ГДж/га перевищувало контроль ($K_{ee} = 2,7$). Максимальні значення зафіксовано у варіанті з препаратом Граундфікс[®] – 16,1 ГДж/га, приріст відносно контролю 1,8 ГДж/га (K_{ee} 2,69).

У контрольному варіанті сорту Алтіго приріст валової енергії становив 15,9 ГДж/га ($K_{ee} = 2,7$). Застосування АзотХелп[®] дозволило отримати приріст валової енергії на рівні 16,9 ГДж/га, що перевищувало контроль на 1,0 ГДж/га (K_{ee} до 2,8). Подібний ефект забезпечувало застосування препарату БіоАзот[®].

Застосування БіоФосфор[®] сприяло зростанню приросту валової енергії до 17,7 ГДж/га, що на 1,8 ГДж/га більше за контроль ($K_{ee} = 2,86$). Найвищі показники формувалися за використання Граундфікс[®], де приріст валової енергії становив 18,0 ГДж/га, що на 2,1 ГДж/га переважало контроль ($K_{ee} = 2,9$).

Таким чином, у середньому за варіантами дослідів найвищі показники енергетичної ефективності отримано у варіантах із використанням БіоФосфор[®] та Граундфікс[®], де приріст валової енергії досягав 16,4–16,7 ГДж/га, а коефіцієнт енергетичної ефективності зростав до 2,72–2,76, що

свідчить про найбільш раціональне співвідношення між енергетичними витратами та вміст енергії у вирощеній продукції (рис. 5.5).

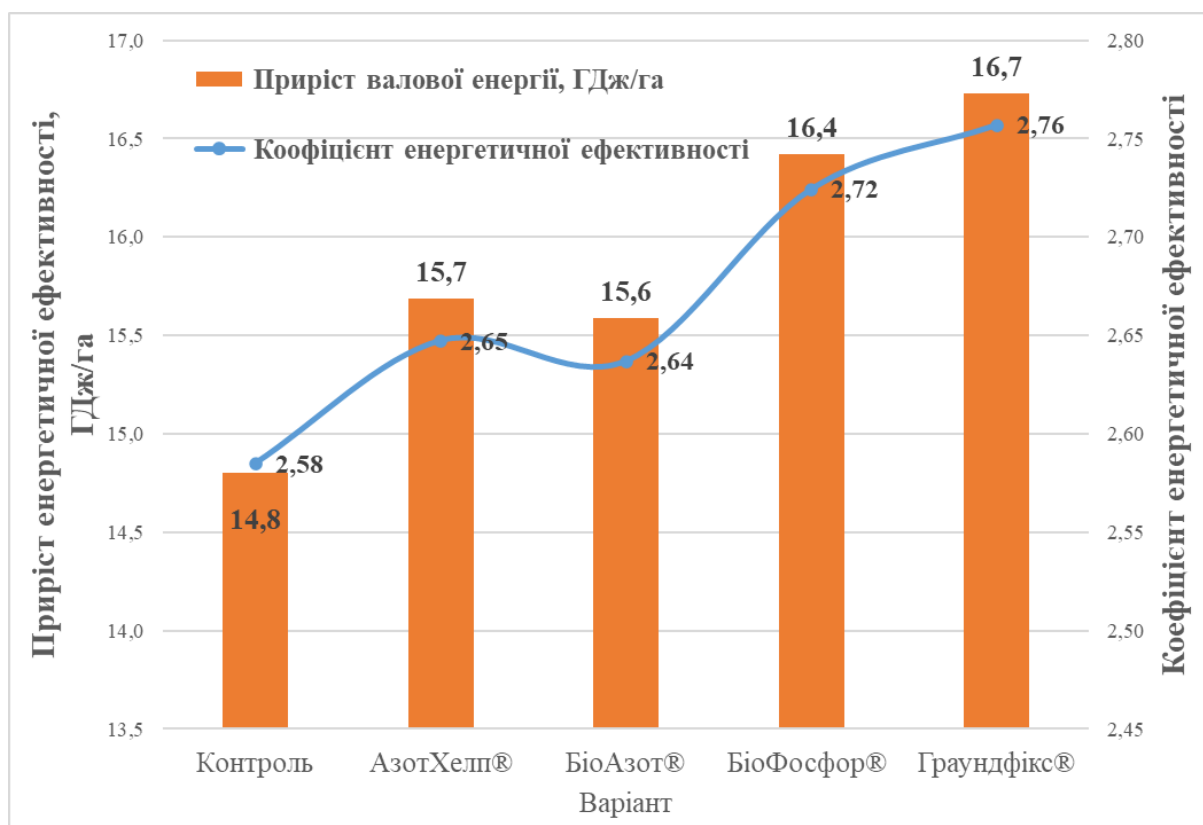


Рис. 5.5. Приріст валової енергії та коефіцієнт енергетичної ефективності в середньому по варіантах.

Отримані результати енергетичної оцінки свідчать, що застосування біостимуляторів на основі гумінових речовин забезпечувало підвищення енергетичної ефективності порівняно з контролем у обох сортів, що вивчали (табл. 5.6). Так, на контрольному варіанті приріст валової енергії для сорту Манжелія становив 3,2 ГДж/га ($K_{ee} = 1,35$). Застосування біостимуляторів без азотного фону БіоСтимікс® сприяло приросту валової енергії на 0,8 ГДж/га відносно контролю, тоді як препарат Відновлення® забезпечував перевищення лише на 0,5 ГДж/га. Застосування лише азотного добрива N_{68} супроводжувалося зниженням приросту валової енергії на 0,4 ГДж/га відносно контролю, за найнижчого $K_{ee} - 1,21$. Поєднання азотних добрив з біостимуляторами суттєво покращувало енергетичні показники: за використання БіоСтимікс® + N_{68} приріст валової енергії збільшувався на 1,4 ГДж/га, а у варіанті Відновлення® + $N_{68} - 1,6$ ГДж/га відносно контролю.

Таблиця 5.6

Енергетична ефективність сортів пшениці озимої залежно від обробки біостимуляторами на основі гумінових речовин на фоні азотних добрив

Показники	Варіант					
	<i>Контроль</i>	<i>БіоСтимікс</i>	<i>Відновлення[®]</i>	<i>N68</i>	<i>БіоСтимікс[®] + N68</i>	<i>Відновлення[®] + N68</i>
сорт Манжелія						
Вміст енергії у вирощеній продукції, гДж/га	12,6	13,4	13,1	16,3	18,1	18,3
Загальні витрати енергії, гДж/га	9,3	9,4	9,4	13,5	13,6	13,6
Коefіцієнт енергетичної ефективності	1,35	1,42	1,39	1,21	1,34	1,35
сорт Алтіго						
Вміст енергії у вирощеній продукції, ГДж/га	13,0	13,7	13,3	16,7	18,3	18,6
Загальні витрати енергії, гДж/га	9,3	9,4	9,4	13,5	13,6	13,6
Коefіцієнт енергетичної ефективності, К _{еє}	1,39	1,45	1,41	1,23	1,35	1,37

Для сорту Алтіго контрольний варіант забезпечував приріст валової енергії на рівні 3,6 ГДж/га ($K_{ee} = 1,39$). Використання БіоСтимікс® підвищувало цей показник на 0,6 ГДж/га відносно контролю, тоді як препарат Відновлення® – на 0,3 ГДж/га.

Варіант із внесенням лише N_{68} характеризувався зниженням приросту валової енергії до 3,2 ГДж/га, що менше на 0,4 ГДж/га порівняно з контролем ($K_{ee}=1,23$). У варіантах БіоСтимікс® + N_{68} приріст валової енергії збільшувався на 1,1 ГДж/га тоді як у варіанті Відновлення® + N_{68} на 1,5 ГДж/га відносно контрольного варіанту.

Таким чином, поєднання біостимуляторів з азотними добривами забезпечувало максимальну енергетичну ефективність, приріст валової енергії складав 4,6–4,9 ГДж/га та коефіцієнт енергетичної ефективності 1,34–1,36 (рис. 5.6).

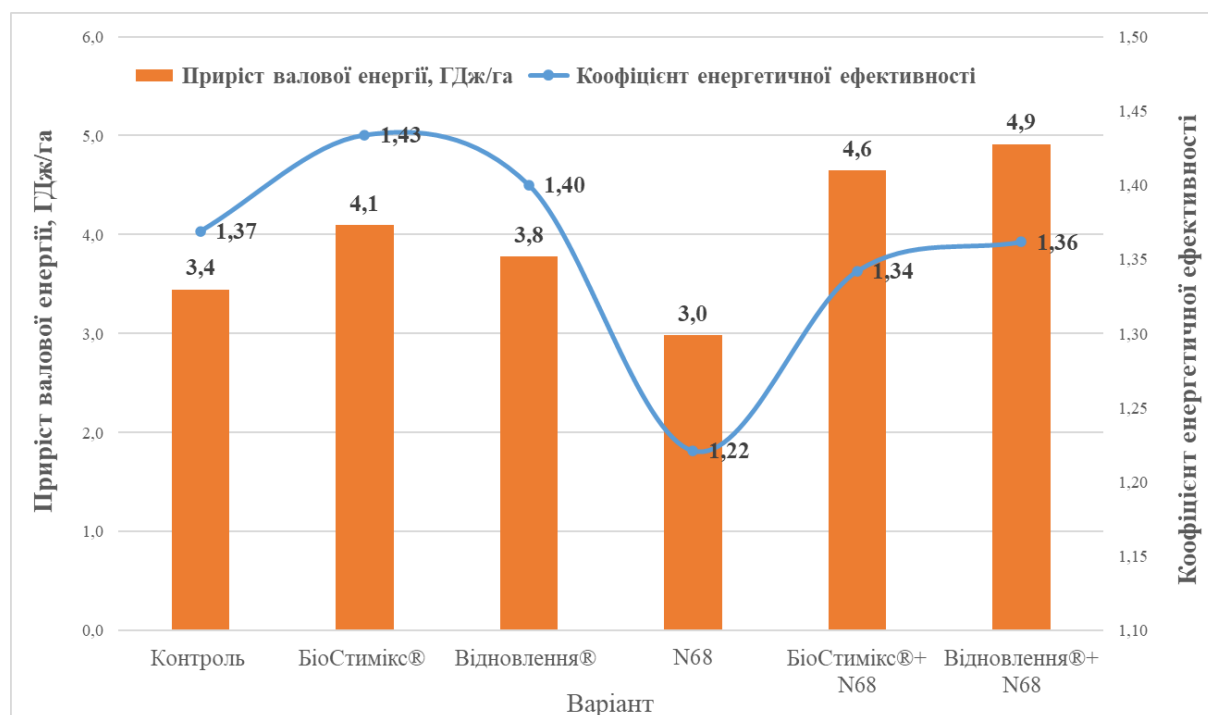


Рис.5.6. Приріст валової енергії та коефіцієнт енергетичної ефективності в середньому по варіантах

Це свідчить про доцільність сумісного застосування біостимуляторів і азотного живлення для підвищення енергетичної ефективності технології вирощування пшениці озимої.

Висновки до розділу 5

1. Економічна оцінка застосування біопрепаратів у разі обробки насіння показала, що за практично рівних виробничих витрат (22,9–23,4 тис. грн/га) максимальний економічний ефект забезпечувало застосування біостимулятора БіоФосфор[®], чистий дохід збільшувався відносно контролю на 2026,88 грн/га, а рентабельність зростала на 11 %. За позакореневого внесення бактеріальних біостимуляторів, у фазу весняного кущення препарат Граундфікс[®] збільшував чистий дохід на 3819 грн/га, а приріст рентабельності на 12 % порівняно з контролем. Біостимулятор БіоФосфор[®] забезпечував приріст чистого доходу на 3040 грн/га (8 %). У разі застосування гумінових біостимуляторів найвищі прирости чистого доходу та рентабельності були за сумісного їх використання із азотними добривами, зокрема використання БіоСтимікс[®] + N₆₈ та Відновлення[®] + N₆₈, збільшувало чистий дохід відносно контролю на 6292,3 та 6633,6 грн/га, а рівень рентабельності підвищувався на 5,6 та 6,5 %. Внесення лише азотних добрив підвищувало урожайність і чистий дохід, однак знижувало рентабельність на 16–17 % через істотне зростання витрат, або підтвердило закономірність, що зростання врожайності не завжди відповідає максимальній економічній ефективності.

2. Енергетична оцінка дозволила визначити доцільність застосування препаратів та встановити коефіцієнт енергетичної ефективності як показник раціональності застосування біостимуляторів у технології вирощування. За передпосівної обробки насіння середній приріст енергії за препарату БіоФосфор[®] становив 1,2 ГДж/га, а коефіцієнта енергетичної ефективності – 0,2. За позакореневої обробки бактеріальними біостимуляторами, препарат Граундфікс[®] збільшував приріст валової енергії на 1,9 ГДж/га, коефіцієнт енергетичної ефективності на 0,18. За застосування гумінових біостимуляторів найбільший приріст валової енергії забезпечили варіанти БіоСтимікс[®] + N₆₈ та Відновлення[®] + N₆₈ – на 1,2 і 1,5 ГДж/га більше відповідно порівняно з контролем, а також на 1,6 і 1,9 ГДж/га – порівняно з варіантом внесення лише азотних добрив.

ВИСНОВКИ

За результатами досліджень встановлено, що застосування біостимуляторів різного походження є ефективним чинником регулювання продуктивності пшениці озимої м'якої, однак рівень їх дії визначався способом використання препаратів, сортовими особливостями та умовами року вирощування.

1. Передпосівна інокуляція насіння мікробними препаратами сприяла оптимізації елементів структури врожаю та підвищенню врожайності, причому найвищу ефективність стабільно забезпечував препарат БіоФосфор®, за якого приріст урожайності становив 9,47–10,70 %. У середньому за 2023–2025 рр. найвищу врожайність у цьому варіанті дослідів сформував сорт Алтіго – 3,96 т/га. Визначальним чинником формування врожайності були умови року (63,5 %), тоді як частка впливу передпосівної обробки насіння біопрепаратами становила 18,3 %, а сортових особливостей –11,4 %.

2. Позакореневе застосування мікробних біостимуляторів у фазі кущення виявилось більш результативним порівняно з передпосівною інокуляцією та забезпечило істотне підвищення врожайності й основних елементів її структури. Найвищу ефективність продемонстрував препарат Граундфікс®, який забезпечував приріст урожайності на рівні 0,60–0,68 т/га, тоді як БіоФосфор® також характеризувався стабільно високою дією (0,51–0,58 т/га). Найвищий середній рівень урожайності за цієї системи застосування біопрепаратів сформував сорт Алтіго – 7,97 т/га. Формування врожайності в цьому випадку визначалося насамперед умовами року (38,2 %), сортовими особливостями (22,8 %) та варіантом обробки (17,5 %). Встановлено тісний позитивний зв'язок урожайності з кількістю продуктивних стебел, масою зерна з колоса, масою 1000 зерен і кількістю зерен у колосі, що підтверджує вирішальну роль цих елементів у реалізації продуктивного потенціалу культури.

3. Найбільш виражений вплив на продуктивність пшениці озимої м'якої встановлено за використання гумінових біостимуляторів у системі азотного живлення. Максимальний ефект забезпечувало поєднання гумінових препаратів із добривом N₆₈, зокрема у варіантах БіоСтимікс® + N₆₈ та Відновлення® + N₆₈, де

приріст урожайності становив відповідно 1,45–1,61 т/га та 1,54–1,64 т/га відносно контролю. У середньому за роками досліджень найвищий рівень урожайності сформував сорт Алтіго – 5,71 т/га, що свідчить про його кращу адаптивність до оптимізації системи живлення. Дисперсійний аналіз показав, що у цьому варіанті досліду визначальним чинником формування врожайності був саме варіант технології живлення, частка впливу якого досягала 66,7 %, тоді як вплив умов року становив 17,0 %, а сортових особливостей – 8,62 %.

4. За результатами досліджень встановлено, що застосування біостимуляторів різної природи сприяє покращенню показників якості зерна пшениці озимої м'якої. Передпосівна обробка насіння мікробіологічними препаратами найбільше впливала на біохімічні показники зерна: вміст білка зростав на 0,47–0,63 %, а клейковини – на 0,70–1,20 % порівняно з контролем, тоді як натура зерна підвищувалася незначно (на 1–7 г/л). Найвищу ефективність серед досліджуваних препаратів забезпечували БіоФосфор® та БіоАзот®, а максимальний середній вміст білка сформував сорт Богдана (12,4 %).

5. Позакореневе застосування мікробних біостимуляторів у фазі кущення також позитивно впливало на якість зерна, забезпечуючи підвищення натури на 2–10 г/л, вмісту білка – на 0,12–0,37 %, а клейковини – на 0,24–0,72 %. Найвищу ефективність у цьому варіанті технології продемонстрував препарат Граундфікс®, тоді як найвищі середні значення білка і клейковини сформував сорт Алтіго (відповідно 12,9 % і 24,7 %).

6. Найбільш істотне покращення показників якості зерна встановлено при застосуванні гумінових біостимуляторів у системі азотного живлення. Поєднання гумінового препарату БіоСтимікс® з азотним добривом N₆₈ забезпечувало підвищення натури зерна на 10–11 г/л, вмісту білка – на 1,4–1,5 %, а клейковини – на 2,3–2,7 % порівняно з контролем.

7. Дисперсійний аналіз показав, що визначальним фактором формування якості зерна були погодні умови року вирощування (57,8–71,6 %), тоді як частка впливу застосування біостимуляторів і системи живлення становила 20,1–32,6 %, а сортових особливостей – 4,0–9,1 %. Отже, використання мікробних і гумінових

біостимуляторів є ефективним елементом сучасної технології вирощування пшениці озимої, що сприяє підвищенню натури зерна, вмісту білка та клейковини.

8. Економічна оцінка показала, що за передпосівної обробки насіння вищий економічний ефект забезпечував біостимулятор БіоФосфор® приріст чистого доходу становив 2026,88 грн/га, а рентабельності 11 %. За позакореневого внесення найбільш ефективним був Граундфікс® приріст чистого доходу – 3819 грн/га, а рентабельності – 12 %. Найвищу економічну ефективність формував сорт Алтіго (142–155 %). Поєднання гумінових препаратів з N₆₈ забезпечувало приріст чистого доходу 6292,3–6633,6 грн/га та підвищення рентабельності на 5,6–6,5 %, тоді як застосування лише азотних добрив знижувало рівень рентабельності через зростання витрат.

10. Енергетична оцінка підтвердила доцільність застосування біостимуляторів у технології вирощування пшениці. За передпосівної обробки насіння препарат БіоФосфор® забезпечував приріст валової енергії 1,2 ГДж/га та підвищення коефіцієнта енергетичної ефективності на 0,2; за позакореневого внесення Граундфіксу® – 1,9 ГДж/га та 0,18 відповідно. Максимальні значення приросту валової енергії відзначено у варіантах БіоСтимікс® + N₆₈ та Відновлення® + N₆₈, де збільшення цього показника порівняно з контролем становило 1,2 та 1,5 ГДж/га, а відносно застосування лише азотних добрив – 1,6 і 1,9 ГДж/га.

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

В умовах Лівобережного Лісостепу України з метою формування врожайності зерна пшениці м'якої озимої на рівні 6,0–8,0 т/га з підвищеним вмістом білку (12,9 %) та клейковини (24,7 %) та високими показниками економічної та енергетичної ефективності виробництва слід рекомендувати проведення передпосівної інокуляції насіння препаратом БіоФосфор® (доза) та позакореневе підживлення у фазі кущення (ВВСН 21–23) препаратом Граундфікс® (доза). Інтегрувати гумінові біостимулятори (БіоСтимікс®, Відновлення®) у систему азотного живлення в поєднанні з мінеральними азотними добривами у дозі N₆₈.

Висівати високопродуктивні сорти пшениці озимої, зокрема Алтіго, який більш адаптований до гідротермічних умов Лівобережного Лісостепу України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Писаренко В. М., Коваленко Н. П., Поспелова Г. Д., Піщаленко М. А., Мельничук В. В., Шерстюк О. Л. Екологізація землеробства як перший крок до органічного виробництва рослинницької продукції. *Scientific Progress & Innovations*. 2020. № 3. С. 109–117. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.03.12>.
2. Puglia D., Pezzolla D., Gigliotti G., Torre L., Bartucca M. L., Del Buono D. The opportunity of valorizing agricultural waste, through its conversion into biostimulants, biofertilizers, and biopolymers. *Sustainability*. 2021. Vol. 13. № 5. P. 2710. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13052710>.
3. Дегтярьов В. В., Щербаков О. Ю. Уміст гумусу в чорноземах типових Лівобережного Лісостепу України у зв'язку з глобальними змінами клімату. *AgroChemistry and Soil Science*. 2023. Вип. 95. С. 60–68.
DOI: <https://doi.org/10.31073/acss95-06>.
4. Шевченко О. В. Вплив кліматичних змін на сільськогосподарське землекористування в Україні. *Збалансоване природокористування*. 2023. № 4. С. 108–114. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2023.292725>.
5. Zulfiqar F., Moosa A., Ali H. M., Bermejo N. F., Munné-Bosch S. Biostimulants: A sufficiently effective tool for sustainable agriculture in the era of climate change? *Plant Physiology and Biochemistry*. 2024. Vol. 211. P. 108699. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2024.108699>.
6. Ласло О. О., Нагорна С. В. Екологізація технології вирощування пшениці озимої за використання композиційних сумішей регуляторів росту та комплексних добрив. *Аграрні інновації*. 2022. № 13. С. 93–96.
DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.13.14>.
7. Hasanuzzaman M., et al. Biostimulants for the regulation of reactive oxygen species metabolism in plants under abiotic stress. *Cells*. 2021. Vol. 10. № 10. P. 2537. DOI: <https://doi.org/10.3390/cells10102537>.
8. Martínez-Lorente S. E., Martí-Guillén J. M., Pedreño M. Á., Almagro L., Sabater-Jara A. B. Higher plant-derived biostimulants: mechanisms of action and their

role in mitigating plant abiotic stress. *Antioxidants*. 2024. Vol. 13. № 3. P. 318. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox13030318>.

9. Braun J. C. A., Colla L. M. Use of microalgae for the development of biofertilizers and biostimulants. *BioEnergy Research*. 2023. Vol. 16. № 1. P. 289–310. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12155-022-10456-8>.

10. Kumari M., Swarupa P., Kesari K. K., Kumar A. Microbial inoculants as plant biostimulants: a review on risk status. *Life*. 2022. Vol. 13. № 1. P. 12.

DOI: <https://doi.org/10.3390/life13010012>.

11. Hossain A., et al. Consequences and mitigation strategies of abiotic stresses in wheat (*Triticum aestivum* L.) under the changing climate. *Agronomy*. 2021. Vol. 11. № 2. P. 241. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11020241>.

12. Johnson R., Joel J. M., Puthur J. T. Biostimulants: the futuristic sustainable approach for alleviating crop productivity and abiotic stress tolerance. *Journal of Plant Growth Regulation*. 2024. Vol. 43, № 3. P. 659–674.

DOI: <https://doi.org/10.1007/s00344-023-11144-3>.

13. Nephali L., et al. Biostimulants for plant growth and mitigation of abiotic stresses: a metabolomics perspective. *Metabolites*. 2020. Vol. 10. № 12. P. 505.

DOI: <https://doi.org/10.3390/metabo10120505>.

14. Kucher O., Pokotylska N., Pustova N., Pustova Z. Organic market formation in Ukraine. *Turystyka i Rozwój Regionalny*. 2021. № 16. P. 55–66.

DOI: <https://doi.org/10.22630/TIRR.2021.16.19>.

15. Євтушенко О. Т., Скок С. В. Вплив рістрегулюючих препаратів на ріст і розвиток сільськогосподарських культур (оглядова). Bulletin of Sumy National Agrarian University. *The series: Agronomy and Biology*. 2023. Vol. 51, № 1. P. 53–63. DOI: <https://doi.org/10.32782/agro.bio.2023.1.7>.

16. Pereira R. V., Filgueiras C. C., Dória J., Peñaflor M. F. G. V., Willett D. S. The effects of biostimulants on induced plant defense. *Frontiers in Agronomy*. 2021. Vol. 3. P. 630596. DOI: <https://doi.org/10.3389/fagro.2021.630596>.

17. Gupta S., Bhattacharyya P., Kulkarni M. G., Doležal K. Editorial: growth regulators and biostimulants: upcoming opportunities. *Frontiers in Plant Science*. 2023. Vol. 14. P. 1209499. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1209499>.
18. Castiglione A. M., Mannino G., Contartese V., Berteà C. M., Ertani A. Microbial biostimulants as response to modern agriculture needs: composition, role and application of these innovative products. *Plants*. 2021. Vol. 10. № 8. P. 1533.
DOI: <https://doi.org/10.3390/plants10081533>.
19. Bogunovic I., Dugan I., Galic M., Kisic I., Pereira P. Can biostimulant usage with farmyard manure provide a higher carbon level in low-quality, conventionally managed croplands? *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*. 2024. Vol. 9. P. 100638. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2024.100638>.
20. García-Sánchez F., Simón-Grao S., Navarro-Pérez V., Alfosea-Simón M. Scientific advances in biostimulation reported in the 5th Biostimulant World Congress. *Horticulturae*. 2022. Vol.8. №7. P.665.
DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae8070665>
21. Corsi S., et al. A bibliometric analysis of the scientific literature on biostimulants. *Agronomy*. 2022. Vol. 12. № 6. P. 1257.
DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy12061257>.
22. Franzoni G., Cocetta G., Prinsi B., Ferrante A., Espen L. Biostimulants on crops: their impact under abiotic stress conditions. *Horticulturae*. 2022. Vol. 8. № 3. P. 189. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae8030189>.
23. Rouphael Y., Colla G. Editorial: biostimulants in agriculture. *Frontiers in Plant Science*. 2020. Vol. 11. P. 40. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00040>.
24. Ruzzi M., Colla G., Rouphael Y. Editorial: biostimulants in agriculture II: towards a sustainable future. *Frontiers in Plant Science*. 2024. Vol. 15. P. 1427283. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1427283>.
25. Omoarelojie L. O., Kulkarni M. G., Finnie J. F., Van Staden J. Modes of action of biostimulants in plants. In: *Biostimulants for Crops from Seed Germination to Plant Development*. Elsevier. 2021. P. 445–459.
DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823048-0.00015-0>.

26. Ma Y., Freitas H., Dias M. C. Strategies and prospects for biostimulants to alleviate abiotic stress in plants. *Frontiers in Plant Science*. 2022. Vol. 13. P. 1024243. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1024243>.

27. K. V. Supraja, Bunushree Behera, P. Balsubramanian. Efficacy of microalgal extracts as biostimulants through seed treatment and foliar spray for tomato cultivation. *Industrial Crops and Products*. 2020. Vol. 151. P. 112453.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112453>.

28. Colla G., Rouphael Y. Microalgae: new source of plant biostimulants. *Agronomy*. 2020. Vol. 10. № 9. P. 1240.

DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy10091240>.

29. Kapoore R. V., Wood E. E., Llewellyn C. A. Algae biostimulants: a critical look at microalgal biostimulants for sustainable agricultural practices. *Biotechnology Advances*. 2021. Vol. 49. P. 107754.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2021.107754>.

30. Shukla P. S., Borza T., Critchley A. T., Prithiviraj B. Seaweed-based compounds and products for sustainable protection against plant pathogens. *Marine Drugs*. 2021. Vol. 19. № 2. P. 59. DOI: <https://doi.org/10.3390/md19020059>.

31. Baltazar M., Correia S., Guinan K. J., Sujeeth N., Bragança R., Gonçalves B. Recent advances in the molecular effects of biostimulants in plants: an overview. *Biomolecules*. 2021. Vol. 11. № 8. P. 1096.

DOI: <https://doi.org/10.3390/biom11081096>.

32. Kumar S., Korra T., Singh U. B., Singh S., Bisen K. Microalgal based biostimulants as alleviator of biotic and abiotic stresses in crop plants. In: *New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering*. Elsevier. 2022. P. 195–216.

DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85577-8.00013-5>.

33. Madende M., Hayes M. Fish by-product use as biostimulants: an overview of the current state of the art, including relevant legislation and regulations within the EU and USA. *Molecules*. 2020. Vol. 25. № 5. P. 1122.

DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules25051122>.

34. Grammenou A., Petropoulos S. A., Thalassinou G., Rinklebe J., Shaheen S. M., Antoniadis V. Biostimulants in the soil–plant interface: agro-environmental implications – a review. *Earth Systems and Environment*. 2023. Vol. 7. № 3. P. 583–600. DOI: <https://doi.org/10.1007/s41748-023-00349-x>.

35. Bell J. C., Bound S. A., Buntain M. Biostimulants in agricultural and horticultural production. In: Warrington I. (Ed.). *Horticultural Reviews*. Wiley. 2022. P. 35–95. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781119851981.ch2>.

36. Popa D. G., Lupu C., Constantinescu-Aruxandei D., Oancea F. Humic substances as microalgal biostimulants — implications for microalgal biotechnology. *Marine Drugs*. 2022. Vol. 20. № 5. P. 327. DOI: <https://doi.org/10.3390/md20050327>.

37. Echave J., et al. Seaweed protein hydrolysates and bioactive peptides: extraction, purification, and applications. *Marine Drugs*. 2021. Vol. 19. № 9. P. 500. DOI: <https://doi.org/10.3390/md19090500>.

38. Shahrajabian M. H., Cheng Q., Sun W. The effects of amino acids, phenols and protein hydrolysates as biostimulants on sustainable crop production and alleviated stress. *Recent Patents on Biotechnology*. 2022. Vol. 16. № 4. P. 319–328. DOI: <https://doi.org/10.2174/1872208316666220412133749>.

39. Del Buono D. Can biostimulants be used to mitigate the effect of anthropogenic climate change on agriculture? It is time to respond. *Science of the Total Environment*. 2021. Vol. 751. P. 141763.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141763>.

40. Oleńska E., Małek W., Wójcik M., Swiecicka I., Thijs S., Vangronsveld J. Beneficial features of plant growth-promoting rhizobacteria for improving plant growth and health in challenging conditions: a methodical review. *Science of the Total Environment*. 2020. Vol. 743. P. 140682.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140682>.

41. 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. Vol. 11. № 3. P. 259.

DOI: <https://doi.org/10.3390/plants11030259>.

42. Makar O. O., Romanyuk N. D. Endophytic bacteria of wheat and the potential to improve microelement composition of grain. *Studia Biologica*. 2022. Vol. 16. № 3. P. 101–128. DOI: <https://doi.org/10.30970/sbi.1603.692>.

43. Rai N., Rai S. P., Sarma B. K. Prospects for abiotic stress tolerance in crops utilizing phyto- and bio-stimulants. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2021. Vol. 5. DOI: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.754853>.

44. Delitte M., Caulier S., Bragard C., Desoignies N. Plant microbiota beyond farming practices: a review. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2021. Vol. 5. DOI: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.624203>.

45. Dobrzyński J., Kulkova I., Jakubowska Z., Wróbel B. Non-native PGPB consortium consisting of *Pseudomonas* sp. G31 and *Azotobacter* sp. PBC2 promoted winter wheat growth and slightly altered the native bacterial community. *Scientific Reports*. 2025. Vol. 15. № 1. P. 3248.

DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-025-86820-3>.

46. Efthimiadou A., Katsenios N., Chanioti S., Giannoglou M., Djordjevic N., Katsaros G. Effect of foliar and soil application of plant growth promoting bacteria on growth, physiology, yield and seed quality of maize under Mediterranean conditions. *Scientific Reports*. 2020. Vol. 10. № 1. P. 21060. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-78034-6>.

47. González Rojas J. C., Salazar Orellana M. J. Arbuscular mycorrhizal: invisible allies in plant development. In: *Soil Microbiome in Green Technology Sustainability*. Cham: Springer Nature Switzerland. 2024. P. 511–524. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-71844-1_21.

48. Noceto P.-A., et al. Arbuscular mycorrhizal fungi, a key symbiosis in the development of quality traits in crop production, alone or combined with plant growth-promoting bacteria. *Mycorrhiza*. 2021. Vol. 31. № 6. P. 655–669.

DOI: <https://doi.org/10.1007/s00572-021-01054-1>.

49. Shahwar D., et al. Role of microbial inoculants as biofertilizers for improving crop productivity: a review. *Heliyon*. 2023. Vol. 9. № 6. P. e16134.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16134>.

50. Woo S. L., Hermosa R., Lorito M., Monte E. Trichoderma: a multipurpose, plant-beneficial microorganism for eco-sustainable agriculture. *Nature Reviews Microbiology*. 2023. Vol. 21. № 5. P. 312–326. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41579-022-00819-5>.

51. Guzmán-Guzmán P., et al. Trichoderma species: our best fungal allies in the biocontrol of plant diseases – a review. *Plants*. 2023. Vol. 12. № 3. P. 432.

DOI: <https://doi.org/10.3390/plants12030432>.

52. Yao X., Guo H., Zhang K., Zhao M., Ruan J., Chen J. Trichoderma and its role in biological control of plant fungal and nematode disease. *Frontiers in Microbiology*. 2023. Vol. 14. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1160551>.

53. Mohammed U., et al. Phosphite treatment can improve root biomass and nutrition use efficiency in wheat. *Frontiers in Plant Science*. 2022. Vol. 13. P. 1017048. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1017048>.

54. Mathlouthi F., Ruggeri R., Rossini A., Rossini F. A new fertilization approach for bread wheat in the Mediterranean environment: effects on yield and grain protein content. *Agronomy*. 2022. Vol. 12. № 9. P. 2152.

DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy12092152>.

55. Sammauria R., Kumawat S., Kumawat P., Singh J., Jatwa T. K. Microbial inoculants: potential tool for sustainability of agricultural production systems. *Archives of Microbiology*. 2020. Vol. 202. № 4. P. 677–693.

DOI: <https://doi.org/10.1007/s00203-019-01795-w>.

56. Bhupenchandra I., et al. Role of biostimulants in mitigating the effects of climate change on crop performance. *Frontiers in Plant Science*. 2022. Vol. 13. P. 967665. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.967665>.

57. Sible C. N., Seebauer J. R., Below F. E. Plant biostimulants: a categorical review, their implications for row crop production, and relation to soil health indicators. *Agronomy*. 2021. Vol. 11. № 7. P. 1297.

DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11071297>.

58. Carillo P., Avice J., Vasconcelos M. W., Du Jardin P., Brown P. H. Biostimulants in agriculture: editorial. *Physiologia Plantarum*. 2025. Vol. 177. № 1. P. e70046. DOI: <https://doi.org/10.1111/ppl.70046>.

59. Katsenios N., Sparangis P., Vitsa S., Leonidakis D., Efthimiadou A. Application of biostimulants and herbicides as a promising co-implementation: the incorporation of a new cultivation practice. *Agronomy*. 2023. Vol. 13. № 10. P. 2634. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy13102634>.

60. Kanatas P., et al. Biostimulants and herbicides: a promising approach towards Green Deal implementation. *Agronomy*. 2022. Vol. 12. № 12. P. 3205.

DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy12123205>.

61. Stamatiadis S., Evangelou E., Jamois F., Yvin J.-C. Targeting *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol. extract application at five growth stages of winter wheat. *Journal of Applied Phycology*. 2021. Vol. 33. № 3. P. 1873–1882.

DOI: <https://doi.org/10.1007/s10811-021-02417-z>.

62. Macra G., Sala F. Wheat biological yield variation in relation to nitrogen and foliar biostimulator treatment. *AgroLife Scientific Journal*. 2022. Vol. 11. № 1. P. 104–110. DOI: <https://doi.org/10.17930/AGL2022112>.

63. Li J., et al. Comprehensive effects of N reduction combined with biostimulants on N use efficiency and yield of the the winter wheat–summer maize rotation system. *Agronomy*. 2023. Vol. 13. № 9. P. 2319.

DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy13092319>.

64. Wadduwage J., Liu H., Egidi E., Singh B. K., Macdonald C. A. Effects of biostimulant application on soil biological and physicochemical properties: a field study. *Journal of Sustainable Agriculture and Environment*. 2023. Vol. 2. № 3. P. 285–300. DOI: <https://doi.org/10.1002/sae2.12057>.

65. Łangowski Ł., Goñi O., Ikuyinminu E., Feeney E., O’Connell S. Investigation of the direct effect of a precision *Ascophyllum nodosum* biostimulant on nitrogen use efficiency in wheat seedlings. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2022. Vol. 179. P. 44–57. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2022.03.006>.

66. Sokolovska-Sergiienko O. H., et al. Effects of complex microfertilizers-biostimulants on photosynthetic apparatus and productivity of winter wheat. *Fiziologia rastenij i genetika*. 2023. Vol. 55. № 4. P. 326–343.

DOI: <https://doi.org/10.15407/frg2023.04.326>.

67. Somai-Jemmali L., et al. Brown alga *Ascophyllum nodosum* extract-based product Dalgin Active® triggers defense mechanisms and confers protection in both bread and durum wheat against *Zymoseptoria tritici*. *Journal of Applied Phycology*. 2020. Vol. 32. № 5. P. 3387–3399. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10811-020-02200-6>.

68. Sîrbu C., Cioroianu T. M., Bireescu G., Mihalache D., Stănescu A. M. Results obtained by applying a biostimulant to tomato and wheat crops. *Scientific Papers*. 2022. Vol. 65. № 2. P. 436–444.

URL: https://agronomyjournal.usamv.ro/pdf/2022/issue_2/Art58.pdf

69. Дубицький О., Качмар О., Дубицька А., Вавринович О. Вплив екологізованих систем удобрення на формування продуктивності та якості зерна пшениці озимої. *Вісник аграрної науки*. 2020. Т. 98. № 7. С. 74–79.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202007-10>.

70. Dubytskyi A., Dubytska A., Kachmar O., Vavrynovych O., Shcherba M. Development of photosynthetic processes and grain productivity of winter wheat under biological fertilization systems. *Foothill and Mountain Agriculture and Stockbreeding*. 2023. Vol. 74. № 2. P. 39–49. DOI: [https://doi.org/10.32636/01308521.2023-\(74\)-2-4](https://doi.org/10.32636/01308521.2023-(74)-2-4).

71. Dubytskyj O., Kachmar O., Dubytska A., Vavrynovych O. Influence of environmental fertilizer systems on yield formation and grain quality of winter wheat. *Visnyk agrarnoi nauky*. 2020. Vol. 98. № 7. P. 74–79.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202007-10>.

72. Findura P., Šindelková I., Rusinek R., Karami H., Gancarz M., Bartoš P. Determination of the influence of biostimulants on soil properties and field crop yields. *International Agrophysics*. 2022. Vol. 36. № 4. P. 351–359.

DOI: <https://doi.org/10.31545/intagr/155955>.

73. Dmytryk A., Samoraj M., Moustakas K., Witek-Krowiak A., Chojnacka K. Bioactive fatty acids and compounds from *Spirulina (Arthrospira) platensis*: potential as

biostimulants for plant growth. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*. 2022. Vol. 30. P. 100899. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scp.2022.100899>.

74. Molnár Z., Lamnganbi M., Solomon W., Janda T. Chitosan and cyanobacterial biomass affecting physiological and biochemical development of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) under nutrient stress conditions. *Agrosystems, Geosciences & Environment*. 2023. Vol. 6. № 4. P. e20428.

DOI: <https://doi.org/10.1002/agg2.20428>.

75. Корхова М. М., Korkhova M. Вплив передпосівної обробки насіння суспензією хлорели на продуктивність різних сортів *Triticum aestivum* L., *T. durum* Desf. та *T. spelta* L. 2024.

URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/18799>

76. Mutum L., Solomon W., Janda T., Molnár Z. Time of application and cultivar influence on the effectiveness of microalgae biomass upon winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Cereal Research Communications*. 2024. Vol. 52. № 3. P. 1153–1161. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42976-023-00443-w>.

77. Zaghloul E. A. M., et al. Co-application of organic amendments and natural biostimulants on plants enhances wheat production and defense system under salt-alkali stress. *Scientific Reports*. 2024. Vol. 14. № 1. P. 29742.

DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-77651-9>.

78. Maksoud S. A., Gad K. I., Hamed E. Y. M. The potentiality of biostimulant (*Lawsonia inermis* L.) on some morpho-physiological, biochemical traits, productivity and grain quality of *Triticum aestivum* L. *BMC Plant Biology*. 2023. Vol. 23. № 1. P. 95. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12870-023-04083-4>.

79. Волгін Д. Г., Гавій В. М. Вплив передпосівної обробки насіння екстрактом вівса на фотосинтетичну активність пшениці озимої у фазах весняного кущіння та виходу в трубку. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The series: Agronomy and Biology*. 2023. Vol. 50. № 4. P. 14–20. DOI: <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.4.3>.

80. Gendaszewska D., Pipiak P., Ławińska K., Stanca M. Effect of protein hydrolysate-based biostimulants on chlorophyll content in wheat leaves. *Technologia i Jakość WYROBÓW*. 2023. Vol. 68. P. 187–201. DOI: <https://doi.org/10.57636/68.2023.1.11>.

81. Maignan V., Bernay B., Géliot P., Avice J.-C. Biostimulant impacts of Glutacetine® and derived formulations (VNT1 and VNT4) on the bread wheat grain proteome. *Journal of Proteomics*. 2021. Vol. 244. P. 104265.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2021.104265>.

82. Maignan V., Géliot P., Avice J.-C. Glutacetine® biostimulant applied on wheat under contrasting field conditions improves grain number leading to better yield, upgrades N-related traits and changes grain ionome. *Plants*. 2021. Vol. 10. № 3. P. 456. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants10030456>.

83. Maignan V., Bernay B., Géliot P., Avice J.-C. Biostimulant effects of Glutacetine® and its derived formulations mixed with N fertilizer on post-heading N uptake and remobilization, seed yield, and grain quality in winter wheat. *Frontiers in Plant Science*. 2020. Vol. 11. P. 607615.

DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.607615>.

84. Abbas M., Abdel-Lattif H., Badawy R., Abd El-Wahab M., Shahba M. Compost and biostimulants versus mineral nitrogen on productivity and grain quality of two wheat cultivars. *Agriculture*. 2022. Vol. 12. № 5. P. 699.

DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture12050699>.

85. Marenych M. M., et al. Optimization of factors of managing productive processes of winter wheat in the Forest-steppe. *Agricultural Science and Practice*. 2020. Vol. 7. № 2. P. 44–54. DOI: <https://doi.org/10.15407/agrisp7.02.044>.

86. Korotkova I., Marenych M., Hanhur V., Laslo O., Chetveryk O., Liashenko V. Weed control and winter wheat crop yield with the application of herbicides, nitrogen fertilizers, and their mixtures with humic growth regulators. *Acta Agrobotanica*. 2021. Vol. 74. P. 748. DOI: <https://doi.org/10.5586/aa.748>.

87. Маренич М. М., Гангур В. В., Попова К. М., Ляшенко В. В., Кабак Ю. І. Ефективність гумінових стимуляторів за умови передпосівної обробки насіння

зернових культур. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2020. № 3. С. 70–78. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.03.08>.

88. Novokhatsky M. Study of biopreparations efficacy in the growing of winter wheat. *Technical and Technological Aspects of Development and Testing of New Machinery and Technologies for Agriculture of Ukraine*. 2022. № 30(44).

DOI: [https://doi.org/10.31473/2305-5987-2022-1-30\(44\)-10](https://doi.org/10.31473/2305-5987-2022-1-30(44)-10).

89. Гуляєва І. І., Кривенко А. І., Зорунько В. І., Зубик М. М. Ефективність протруєння насіння пшениці озимої біологічними препаратами. 2020. URL: <http://lib.osau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/3113/1/1.pdf>

90. Чугрій Г. А., Вінюков О. О. Тестування програм збалансованого живлення пшениці озимої в умовах нестійкого зволоження зони Степу України з метою стабілізації врожайності зернової групи у східному регіоні. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. № 1. С. 55–64.

DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.01.06>.

91. Arslan E., Agar G., Aydin M. Humic acid as a biostimulant in improving drought tolerance in wheat: the expression patterns of drought-related genes. *Plant Molecular Biology Reporter*. 2021. Vol. 39. № 3. P. 508–519.

DOI: <https://doi.org/10.1007/s11105-020-01266-3>.

92. Гангур В. В., Кочерга А. А., Пипко О. С., Єщенко В. М., Кабак Ю. І., Онопрієнко О. В. Ефективність стимуляторів для передпосівної обробки насіння пшениці озимої. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2020. № 3. С. 40–45. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.03.04>.

93. Iwaniuk P., Konecki R., Kaczynski P., Rysbekova A., Lozowicka B. Influence of seven levels of chemical/biostimulator protection on amino acid profile and yield traits in wheat. *The Crop Journal*. 2022. Vol. 10. № 4. P. 1198–1206. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cj.2021.12.007>.

94. Борзих О., Сергієнко В., Шита О. Підвищення ефективності та безпечності агротехнологій за використання гумінових препаратів. *Вісник аграрної науки*. 2022. Т. 100. № 12. С. 12–20.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202212-02>.

95. Короткова І. В., Карасенко В. М. Вплив систем удобрення на вміст основних елементів живлення у ґрунті та компоненти урожаю пшениці озимої. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. Т. 26. № 2. С. 15–20. DOI: <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.02.03>.

96. Короткова І. В., Карасенко В. М. Вплив систем удобрення з гуміновим препаратом на врожайність та прибутковість вирощування пшениці озимої. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. Т. 26. № 3. С. 17–21.

DOI: <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.03.03>.

97. Ning P., et al. Biofortification of wheat with zinc as affected by foliar applications of zinc, pesticides, phosphorus and biostimulants. *Crop & Pasture Science*. 2021. Vol. 73. № 2. P. 3–12. DOI: <https://doi.org/10.1071/CP20455>.

98. Khan S., Basra S. M. A., Nawaz M., Hussain I., Foidl N. Combined application of moringa leaf extract and chemical growth-promoters enhances the plant growth and productivity of wheat crop (*Triticum aestivum* L.). *South African Journal of Botany*. 2020. Vol. 129. P. 74–81. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.01.007>.

99. Faculty of Engineering, et al. Preliminary determination of the possibility of reducing nitrogen fertilization under the influence of bacterial formulations in the cultivation of *Triticum aestivum* L. *Folia Pomeranae Universitatis Technologiae Stetinensis Agricultura, Alimentaria. Piscaria et Zootechnica*. 2024. Vol. 371. № 70. P. 21–35. DOI: <https://doi.org/10.21005/AAPZ2024.70.2.3>.

100. Shuvar A., et al. Application of biological preparations in organic technology of winter wheat growing. *Foothill and Mountain Agriculture and Stockbreeding*. 2020. № (67)-1. P. 143–155.

DOI: [https://doi.org/10.32636/01308521.2020-\(67\)-1-10](https://doi.org/10.32636/01308521.2020-(67)-1-10).

101. Saady H. S., Hamed M. F., Abd El-Momen W. R., Hussein H. Nitrogen use rationalization and boosting wheat productivity by applying packages of humic, amino acids, and microorganisms. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 2020. Vol. 51. № 8. P. 1036–1047. DOI: <https://doi.org/10.1080/00103624.2020.1744631>.

102. Binod Kumar S., Kalwasińska A., Świątek Brzezińska M., Wróbel M. Using halotolerant *Azotobacter chroococcum* W4ii from technosoils to mitigate wheat salt stress. *Open Research Europe*. 2024. Vol. 3. P. 76.

DOI: <https://doi.org/10.12688/openreseurope.15821.4>.

103. Давтян А. С., Зінченко О. Ю., Єлинська Н. О. Вплив представників роду *Azotobacter* на якість зерна та урожайність ячменю та пшениці. *Центр наукових публікацій*. 2018. URL: <https://dspace.onu.edu.ua/items/75e5aed9-9015-4e0f-8eea-2b4b94ea952a>

104. Milošević N., Tintor B., Protić R., Cvijanović G., Dimitrijević T. Effect of inoculation with *Azotobacter chroococcum* on wheat yield and seed quality. *Romanian Biotechnology Letters*. 2012. Vol. 17.

URL: <https://rombio.unibuc.ro/wp-content/uploads/2022/05/17-3-16.pdf>

105. Kordulyan R., Kordulyan Y., Sollomiichuk M. The influence of the bacteria genus *Azotobacter chroococcum* on the growth and development of agricultural crops in the West-Ukrainian forest-steppe province. *Foothill and Mountain Agriculture and Stockbreeding*. 2020. № (67)-2. P. 124–138.

DOI: [https://doi.org/10.32636/01308521.2020-\(67\)-2-8](https://doi.org/10.32636/01308521.2020-(67)-2-8).

106. Viniukov O., Balian A. V., Lihushyna G., Bondareva O., Sknypa N. L. The economic efficiency of the use of growth regulators in the cultivation of grain crops on different nutritional backgrounds in the arid conditions of the Eastern part of the Northern Steppe of Ukraine. *Visnyk agrarnoi nauky*. 2024. Vol. 102. № 5. P. 61–69. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202405-07>.

107. Bauza-Kaszewska J., Breza-Boruta B., Lemańczyk G., Lamparski R. Effects of eco-friendly product application and sustainable agricultural management practices on soil properties and phytosanitary condition of winter wheat crops. *Sustainability*. 2022. Vol. 14. № 23. P. 15754.

DOI: <https://doi.org/10.3390/su142315754>.

108. Boleta E. H. M., et al. Inoculation with growth-promoting bacteria *Azospirillum brasilense* and its effects on productivity and nutritional accumulation of

wheat cultivars. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2020. Vol. 4. P. 607262. DOI: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.607262>.

109. Korkhova M. M., Markova N. V., Panfilova A. V. The influence of moistening conditions and seed treatment with biological preparations on the growth and yield of winter wheat varieties. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2022. Vol. 18. № 3. P. 201–208. DOI: <https://doi.org/10.21498/2518-1017.18.3.2022.269001>.

110. Пінчук Н. В., Вергелес П. М., Коваленко Т. М., Амонс С. Е. Ефективність застосування біопрепаратів в посівах пшениці озимої в умовах Правобережного Лісостепу. Сільське господарство та лісівництво. *Захист рослин*. 2022. Вип. 24. С. 96–109. DOI: <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2022-1-7>

111. Panfilova A., Korkhova M., Domaratskiy Y., Kozlova O. Development of winter wheat productivity under the influence of biopreparations and different moisture conditions in the steppe zone. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2025. Vol. 26. № 3. P. 255–264. DOI: <https://doi.org/10.12912/27197050/200245>.

112. Panfilova A., Korkhova M., Markova N. Influence of biologics on the productivity of winter wheat varieties under irrigation conditions. *Notulae Scientia Biologicae*. 2023. Vol. 15. № 2. P. 11352. DOI: <https://doi.org/10.55779/nsb15211352>.

113. Korkhova M., Smirnova I., Panfilova A., Bilichenko O. Productivity of winter wheat depending on varietal characteristics and pre-sowing treatment of seeds with biological products. *Scientific Horizons*. 2023. Vol. 26. № 5. P. 65–77. DOI: <https://doi.org/10.48077/scihor5.2023.65>.

114. Смірнова І. В. Вплив передпосівної обробки насіння біопрепаратами на ріст і розвиток рослин сортів пшениці озимої. 2023. URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/14672>

115. Панфілова А. В. Наростання надземної маси та формування врожайності зерна пшениці озимої в умовах Південного Степу України. *Аграрні інновації*. 2023. № 17. С. 107–112.

DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.17.14>.

116. Game B. C., Ilhe B. M., Pawar V. S., Khandagale P. P. Effect of Azotobacter, phosphate solubilising bacteria and potash mobilising bacteria inoculants on productivity

of wheat (*Triticum aestivum* L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2020. Vol. 9. № 3. P. 2800–2807. DOI: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.903.322>.

117. Khandare R. N., Chandra R., Pareek N., Raverkar K. P. Carrier-based and liquid bioinoculants of Azotobacter and PSB saved chemical fertilizers in wheat (*Triticum aestivum* L.) and enhanced soil biological properties in Mollisols. *Journal of Plant Nutrition*. 2020. Vol. 43. № 1. P. 36–50.

DOI: <https://doi.org/10.1080/01904167.2019.1659333>.

118. Din I., Khan H., Ahmad Khan N., Khil A. Inoculation of nitrogen fixing bacteria in conjugation with integrated nitrogen sources induced changes in phenology, growth, nitrogen assimilation and productivity of wheat crop. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 2021. Vol. 20. № 7. P. 459–466.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2021.05.008>.

119. Öksel C., Balkan A., Bilgin O., Mirik M., Başer İ. Investigation of the effect of PGPR on yield and some yield components in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Turkish Journal of Field Crops*. 2022. Vol. 27. № 1. P. 127–133.

DOI: <https://doi.org/10.17557/tjfc.1019160>.

120. Деревянко І. О., Гончарова Д. Д., Подпряткова Ю. С., Аксенко П. А. Ефективність використання комплексного біологічного препарату «Мегаврожай» на формування показників врожайності та якості зерна пшениці озимої. *Аграрні інновації*. 2022. № 14. С. 23–29.

DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.14.4>.

121. Поліщук В. В., Коновалов Д. В. Вихід кондиційного насіння пшениці озимої залежно від технологій його вирощування. *Новітні агротехнології*. 2023. Т. 11. № 2. DOI: <https://doi.org/10.47414/na.11.2.2023.285907>.

122. Polishchuk V. V., Konovalov D. V. The yield of conditioned winter wheat seeds depending on the cultivation technology. *Advanced Agritechnologies*. 2023. Vol. 11. № 2. DOI: <https://doi.org/10.47414/na.11.2.2023.285907>.

123. Butkevičienė L. M., Steponavičienė V., Pupalienė R., Skinulienė L., Bogužas V. Effect of different tillage systems and soil biostimulants on agrochemical properties

and intensity of soil CO₂ emission in wheat crop. *Agronomy*. 2023. Vol. 13. № 2. P. 338. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy13020338>.

124. Rukaitė J., Juknevičius D., Kriaučiūnienė Z., Šarauskis E. Determination of soil organic carbon by conventional and spectral methods, including assessment of the use of biostimulants, N-fertilisers, and economic benefits. *Journal of Agriculture and Food Research*. 2024. Vol. 18. P. 101434.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101434>.

125. El-Sorady G. A., et al. Response of bread wheat cultivars inoculated with *Azotobacter* species under different nitrogen application rates. *Sustainability*. 2022. Vol. 14. № 14. P. 8394. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14148394>.

126. Каленська С. М., Гордина О. Ю. Закономірності розвитку пшениці озимої у весняно-літній період вегетації залежно від передпосівної обробки насіння. *Новітні агротехнології*. 2022. Т. 10. № 3.

DOI: <https://doi.org/10.47414/na.10.3.2022.270488>.

127. Гордина О. Ю. Особливості розвитку рослин пшениці озимої в осінньо-зимовий період вегетації залежно від передпосівної обробки насіння. *Новітні агротехнології*. 2021. № 9.

DOI: <https://doi.org/10.47414/na.9.2021.257353>.

128. Radzikowska-Kujawska D., John P., Piechota T., Nowicki M., Kowalczewski P. Ł. Response of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) to selected biostimulants under drought conditions. *Agriculture*. 2022. Vol. 13. № 1. P. 121. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture13010121>.

129. Butkevičienė L. M., Steponavičienė V., Pupalienė R., Skinulienė L., Čepulienė R., Bogužas V. Wheat productivity in different tillage systems after using biostimulants and their mixtures. *Zemdirbyste-Agriculture*. 2022. Vol. 109. № 4. P. 305–312. DOI: <https://doi.org/10.13080/z-a.2022.109.039>.

130. Valente F., et al. Growth, photosynthesis and yield responses of common wheat to foliar application of *Methylobacterium symbioticum* under decreasing chemical nitrogen fertilization. *Agriculture*. 2024. Vol. 14. № 10. P. 1670. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture14101670>.

131. Shakaliy S. M., Bahan A. V., Yeshchenko V. M., Senchuk T. Yu. Effectiveness of biological elements of winter wheat production technology in the Forestry zone of Ukraine. *Taurian Scientific Herald*. 2020. № 112. P. 174–180. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.112.25>.

132. Баган А. В., Гурба В. С. Вплив біопрепаратів на урожайність сортів пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.). *Аграрні інновації*. 2025. № 29. С. 7–11. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.29.1>.

133. Gamajunova V., Kovalenko O. A., Smirnova I. V., Korkhova M. The formation of the productivity of winter wheat depends on the predecessor, doses of mineral fertilizers and bio preparations. *Scientific Horizons*. 2022. Vol. 25. № 6. P. 65–74. DOI: [https://doi.org/10.48077/scihor.25\(6\).2022.65-74](https://doi.org/10.48077/scihor.25(6).2022.65-74).

134. Дацько А., Хоменко Т., Новохацький М., Квасніцька Л., Умрихін Н. Ефективність мікробних препаратів за обробки насіння пшениці озимої. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. 2022. № 31(45). С. 121–129. URL: <http://tta.org.ua/article/view/275858>

135. Wang Z., et al. Screening of phosphate-solubilizing bacteria and their abilities of phosphorus solubilization and wheat growth promotion. *BMC Microbiology*. 2022. Vol. 22. № 1. P. 296. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12866-022-02715-7>.

136. Шевченко Л. А., Селінний М. М., Рябуха Г. І., Кудряшова К. М. Вплив передпосівної інокуляції насіння на продуктивність різних сортів пшениці озимої. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The series: Agronomy and Biology*. 2022. Vol. 47. № 1. P. 138–143.

DOI: <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.1.19>.

137. Заєць С. О., Онуфран Л. І., Юзюк С. М., Фундират К. С., Пілярський В. Г. Вплив різних систем біологічного захисту рослин на врожайність та якість зерна пшениці озимої в органічному землеробстві. *Аграрні інновації*. 2024. № 23. С. 75–82. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.23.11>.

138. Поліщук М. І. Продуктивність рослин пшениці озимої залежно від фону живлення та застосування біологічних добрив в умовах Правобережного Лісостепу

України. *International Independent Scientific Journal*. 2020. Vol. 2. P. 19–27. URL: <https://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/24860.pdf>

139. Hansen V., et al. Seed inoculation with *Penicillium bilaiae* and *Bacillus simplex* affects the nutrient status of winter wheat. *Biology and Fertility of Soils*. 2020. Vol. 56. № 1. P. 97–109. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00374-019-01401-7>.

140. Naujokienė V., Lekavičienė K., Šarauskis E., Bendoraitytė A. Using a soil bioregeneration approach to reduce soil compaction and financial costs of planting winter wheat and rapeseed. *Agriculture*. 2022. Vol. 12. № 5. P. 666.

DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture12050666>.

141. Коломієць Л., Шевченко І., Повидало В., Терещенко О. Ефективність вирощування зернових культур за органічного землеробства на схилових агроландшафтах. *Вісник аграрної науки*. 2022. Т. 100. № 8. С. 26–32. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202208-03>.

142. Заєць С., Пілярський В., Юзюк С. Біологічний захист рослин пшениці озимої в системі органічного землеробства. *Вісник аграрної науки*. 2024. Т. 102. № 12. С. 14–22. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202412-02>.

143. Поспелова Г. Д., Коваленко Н. П., Поспелов С. В., Литвиненко С. О., Сиваш К. С. Ефективність застосування біопрепаратів на пшениці озимій. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. Т. 27. № 4. С. 37–42.

DOI: <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.04.07>.

144. Власюк О. Вплив екологічно безпечних препаратів на врожайність та ураження хворобами пшениці озимої в умовах Правобережного Лісостепу. *Вісник аграрної науки*. 2023. Т. 101. № 4. С. 30–37.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202304-04>.

145. Шейко Д. В. Фотосинтетичний потенціал сортів пшениці озимої залежно від способів застосування біологічно активних препаратів в умовах Західного Лісостепу. *Аграрні інновації*. 2023. № 19. С. 115–119. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.19.18>.

146. Шейко Д. Формування урожайності пшениці озимої залежно від сорту та способу обробки біологічними препаратами в умовах Західного Лісостепу України. *SWorldJournal*. 2023. № 20–01. С. 140–147.

DOI: <https://doi.org/10.30888/2663-5712.2023-20-01-034>.

147. Хоміна В. Я., Шейко Д. В. Елементи біологізації як засіб поліпшення технологічних показників та якісного складу зерна пшениці озимої в умовах Західного Лісостепу. *Podilian Bulletin Agriculture Engineering Economics*. 2023. № 39. С. 35–40. DOI: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-2.5>.

148. Zhang Q., Liu Y., Harvey P. R., Stummer B. E., Yang J., Ji Z. Wheat rhizosphere colonization by *Bacillus amyloliquefaciens* W10 and *Pseudomonas protegens* FD6 suppress soil and in planta abundance of the sharp eyespot pathogen *Rhizoctonia cerealis*. *Journal of Applied Microbiology*. 2023. Vol. 134. № 5. P. 1xad101. DOI: <https://doi.org/10.1093/jambio/1xad101>.

149. Martínez M., Arata A., Dinolfo M. I., Lázaro L., Welin B., Stenglein S. Evaluation of PSP1 biostimulant on *Fusarium graminearum* – wheat pathosystem: impact on disease parameters, grain yield, and grain quality. *Pest Management Science*. 2024. Vol. 80. № 7. P. 3578–3589. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.8062>.

150. Lamichhane J. R., Corrales D. C., Soltani E. Biological seed treatments promote crop establishment and yield: a global meta-analysis. *Agronomy for Sustainable Development*. 2022. Vol. 42. № 3. P. 45.

DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-022-00761-z>.

151. Яковенко Д. О., Бородай В. В. Вплив біопрепаратів Азотофіт та Граундфікс на мікробіологічні показники ґрунту за вирощування пшениці озимої. У: Матеріали міжнародної науково-практичної конференції Національної академії аграрних наук України. Київ, 2022.

152. Kotlyar M., Kalinichenko O., Maslak V., Okhmat O., Iungin O. Effect of priming with metabolites of growth-promoting bacteria on winter wheat plants development. *Ecological Sciences*. 2023. Vol. 4. № 49. P. 205–210.

DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.4-49.27>.

153. Abdi N., van Biljon A., Steyn C., Labuschagne M. T. Bread wheat (*Triticum aestivum*) responses to arbuscular mycorrhizae inoculation under drought stress conditions. *Plants*. 2021. Vol. 10. № 9. P. 1756.

DOI: <https://doi.org/10.3390/plants10091756>.

154. Димитров С., Саблук В. Підвищення врожайності сільськогосподарських культур за мікоризації кореневої системи. *Bulletin of Lviv National Environmental University: Agronomy*. 2022. № 26. С. 142–145. DOI: <https://doi.org/10.31734/agronomy2022.26.142>.

155. 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.

DOI: <https://doi.org/10.47414/be.1-2.2022.271348>.

156. Dymytrov S. H., Sabluk V. T. Increase in the root mass of crops under mycorrhization. *Taurian Scientific Herald*. 2022. № 127. P. 41–47. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.127.5>.

157. Корхова М. М., Панфілова А. В. Урожайність сортів пшениці озимої залежно від умов зволоження та живлення. 2024. URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/18952>

158. Мащенко Ю. В., Кулик Г. А., Трикіна Н. М., Малаховська В. О. Урожайність пшениці озимої у сівоzmінах Степу залежно від систем удобрення та біопрепарату. *Аграрні інновації*. 2023. № 18. С. 77–83.

DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.18.11>.

159. Вінюков О. О., Чугрій Г. А., Поплевко В. І., Шульц П., Скнипа Н. Л. Вплив мікробіологічних препаратів на фізіологічні процеси формування зернової продуктивності пшениці озимої. *Scientific Progress & Innovations*. 2022. № 2. С. 11–20. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.02.01>.

160. Peng Z., et al. Mycorrhizal effects on crop yield and soil ecosystem functions in a long-term tillage and fertilization experiment. *New Phytologist*. 2024. Vol. 242. № 4. P. 1798–1813. DOI: <https://doi.org/10.1111/nph.19493>.

161. Vidican R., Păcurar F., Vâtcă S. D., Pleșa A., Stoian V. Arbuscular mycorrhizas traits and yield of winter wheat profiled by mineral fertilization. *Agronomy*. 2020. Vol. 10. № 6. P. 846.

DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy10060846>.

162. Lamloom S. F., Irshad A., Mosa W. F. A. The biological and biochemical composition of wheat (*Triticum aestivum*) as affected by the bio and organic fertilizers. *BMC Plant Biology*. 2023. Vol. 23. № 1. P. 111. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12870-023-04120-2>.

163. Chugriy A. A. The formation of winter wheat productivity depending on the elements of growing technology in the conditions of the Northern Steppe of Ukraine. *Taurian Scientific Herald*. 2020. № 111. P. 152–157.

DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2.111.21>.

164. Quezada J. C., Bragazza L. Foliar applications of a zeolite-based biostimulant affect soil enzyme activity and N uptake in maize and wheat under different levels of nitrogen fertilization. *Journal of Plant Nutrition*. 2024. Vol. 47. № 3. P. 501–513. DOI: <https://doi.org/10.1080/01904167.2023.2280124>.

165. Fontana M., Borgatti D., Elfouki S., Grosjean Y., Brancaloni L., Bragazza L. Effects of foliar application of a zeolite-based biostimulant on maize and winter wheat. *Swiss Agricultural Research*. 2024. Vol. 15.

DOI: <https://doi.org/10.34776/AFS15-176E>.

166. Алмашова В. С., Скок С. В. Ефективність використання біологічних та рістрегулюючих препаратів для вирощування сільськогосподарських культур у зоні Південного Степу України. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The series: Agronomy and Biology*. 2022. Vol. 47. № 1. P. 11–17.

DOI: <https://doi.org/10.32845/agro.bio.2022.1.2>.

167. Tsygankova V. A., Spivak S. I., Shysha O. M., Pastukhova N. L., Yemets A. I., Blume Ya. B. The application of biostimulants Regoplant and Stimpo to increase wheat resistance to salinity conditions. *Faktori eksperymental'noi evolucii organizmiv*. 2021. Vol. 28. P. 117–122. DOI: <https://doi.org/10.7124/FEEO.v28.1386>.

168. Пушкарьова Н. О., et al. Вплив авермектинвмісних поліфункціональних біостимуляторів на стійкість пшениці до сольового стресу. *Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine*. 2022. № 2. С. 83–91. DOI: <https://doi.org/10.15407/dopovidi2022.02.083>.
169. Державний реєстр сортів рослин, придатних до поширення в Україні. Інформаційно-довідкова система «Сорт» [Електронний ресурс]. Сорт Манжелія. URL: <http://sort.sops.gov.ua/cultivar/view/19018>
170. Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла НААН України. Пшениця м'яка озима Богдана [Електронний ресурс]. URL: <https://mip.com.ua/page/76-pshenytsya-m-yaka-ozyma-bohdana>
171. Державний реєстр сортів рослин, придатних до поширення в Україні. Інформаційно-довідкова система «Сорт» [Електронний ресурс]. Сорт Алтіго. URL: <http://sort.sops.gov.ua/cultivar/view/3590>
172. Gomez K. A., Gomez A. A. Statistical procedures for agricultural research. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons. 1984. 704 p.
173. OECD. Test № 509: Crop field trial. OECD Guidelines for the Testing of Chemicals. Section 5. *Paris: OECD Publishing*. 2021.
DOI: <https://doi.org/10.1787/9789264076457-en>.
174. ДСТУ 4729:2007. Якість ґрунту. Визначання нітратного та амонійного азоту в модифікації ННЦ ІГА ім. О. Н. Соколовського. Київ. 2007. 5 с.
175. ДСТУ 4115:2002. Ґрунти. Визначання рухомих форм фосфору і калію за методом Чирикова. Київ. 2002. 7 с.
176. ДСТУ ISO 10390:2007. Якість ґрунту. Визначання рН. Київ: Держспоживстандарт України. 2008. 12 с.
177. Городній М. М. Агрохімія: підручник. 4-те вид., перероб. та доп. Київ: Арістей, 2008. 936 с.
178. Мойсейченко В. Ф., Єщенко В. О. Основи наукових досліджень в агрономії. Київ: Вища школа. 1994. 334 с.
179. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур. Вип. 2. Київ: Колос. 2001. 239 с.

180. Meier U. BBCH Monograph: Growth stages of mono- and dicotyledonous plants. Julius Kühn-Institut. 2018. 204 p.
181. Методичні вказівки щодо проведення польових досліджень і вивчення технології вирощування зернових культур. Чабани: Інститут землеробства УААН. 2001. 22 с.
182. International Rules for Seed Testing: Rules 2020. International Seed Testing Association. Bassersdorf, Switzerland: ISTA. 2020. 284 p.
183. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Опришко В. П., Костогриз П. В. Основи наукових досліджень в агрономії: підручник / за ред. В. О. Єщенка. Київ: Дія. 2005. 288 с.
184. ДСТУ ГОСТ 10840:2019. Зерно. Метод визначення натури (ГОСТ 10840–2017, IDT). Київ: ДП «УкрНДНЦ». 2019. 13 с.
185. ДСТУ 4138:2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. Київ: Держспоживстандарт України. 2003. 5 с.
186. ДСТУ ISO 21415-1:2009. Пшениця і пшеничне борошно. Вміст клейковини. Частина 1. Визначення сирої клейковини ручним способом (ISO 21415-1:2006, IDT). Київ: Держспоживстандарт України. 2010. 12 с.
187. ДСТУ 4117:2007. Зерно та продукти його переробки. Визначення показників якості методом інфрачервоної спектроскопії. Київ: Держспоживстандарт України. 2007. 13 с.
188. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних у пакеті Statistica 6.0: методичні вказівки. Київ: Поліграф Консалтинг. 2007. 56 с.
189. Ушкаренко В. О., Вожегова Р. А., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Статистичний аналіз результатів польових дослідів у землеробстві: монографія. Херсон: Айлант. 2013. 403 с.
190. Zar J. H. Biostatistical analysis. 5th ed. Upper Saddle River: Prentice Hall / Pearson. 2010. 944 p.
191. Ткаченко Т. Г. Агрометеорологія: навчальний посібник. Харків: Харківський національний аграрний університет ім. В. В. Докучаєва. 2015. 268 с.

192. Lalic B., Eitzinger J., Dalla Marta A., Orlandini S., Firanj Sremac A., Pacher B. Agricultural meteorology and climatology. Firenze: Firenze University Press. 2018. 352 p.

193. Пивовар В. С., Кукса Л. В., Кисляченко М. Ф. та ін. Методичні положення та норми продуктивності і витрати палива на сівбі, садінні та догляді за посівами. Київ: Укراгропромпродуктивність. 2010. 192 с.

194. Науково-практичний довідник по обґрунтуванню поелементних нормативів трудових, грошово-матеріальних та енергетичних витрат на виробництво зернових культур / за ред. А. В. Черенкова, В. С. Рибки. Дніпро: ДУ Інститут сільського господарства степової зони НААН України. 2014. 180 с.

195. Медведовський О. К., Іваненко П. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. Київ: Урожай. 1988. 208 с.

196. Господаренко Г. М., Любич В. В., Рябовол Я. С., Коховська І. В. Урожайність і якість зерна пшениці м'якої озимої залежно від сорту. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2021. № 29. С. 144–151. DOI: <https://doi.org/10.47414/np.29.2021.244457>.

197. Собко М. Г. та ін. Формування врожайності та якості зерна сучасних сортів пшениці озимої різних за географічним походженням. *Аграрні інновації*. 2022. № 12. С. 60–69. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.12.10>.

198. Палазюк Б.О., Юрченко С.О. Шляхи підвищення ефективності виробництва зерна пшениці озимої. Інноваційні технології в рослинництві – запорука сталого розвитку сільського господарства: матеріали всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції присвяченої 90-річчю з дня народження В. Карповича-Чуйка, 2 грудня 2022 р. м. Полтава, 2022. С. 40-42.

199. Палазюк Б.О., Юрченко С.О. Значення протруювання насіння в захисті посівів пшениці озимої від збудників хвороб і шкідників. Матеріали міжнародної науково-практичної інтернет конференції «Сучасні аспекти і технології у захисті рослин», 24 листопада 2022 р. м. Полтава, 2022. С. 38–41.

200. Палазюк Б.О., Юрченко С.О. Сорт як ключовий елемент технології вирощування пшениці озимої. Збірник матеріалів VII Міжнародної науково-

практичної інтернет-конференції «Хімія, біотехнологія, екологія та освіта», 17-18 травня 2023 р. Полтава. 2023. С. 265–268.

201. Палазюк Б.О., Юрченко С.О. Застосування біостимуляторів росту у посівах пшениці озимої. Сучасні напрями та досягнення селекції і насінництва сільськогосподарських культур: матеріали I Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції, присвяченої 75-річчю заснування кафедри селекції, насінництва і генетики. Полтава: ПДАУ, 2023. С. 180–181.

202. Палазюк Б.О., Юрченко С.О. Використання електронних програм дистанційного моніторингу сільськогосподарських угідь у дослідній справі. Урожайність та якість продукції рослинництва за сучасних технологій вирощування, присвячена 90-річчю з дня народження професора Г.П. Жемели: матеріали Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. (м. Полтава, 30 верес. 2023 р.). Полтава: ПДАУ, 2023. С.232–234.

203. Палазюк Б. О., Юрченко С.О., Використання гранульованого торфу у посівах пшениці озимої. Збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції «Сільськогосподарська наука від «українського ротамстеду» до сьогодення», 31 жовтня 2024 р., м. Полтава. С.114–116

204. Палазюк Б.О. Використання органічних добрив на основі торфу у посівах пшениці озимої. С. Урожайність та якість продукції рослинництва за сучасних технологій вирощування, присвячена пам'яті професора Г. П. Жемели: матеріали Міжнар. наук.- практ. інтернет-конф. (м. Полтава, 30 вересня 2024 р.). Полтава :ПДАУ, 2024. С.118–120

205. Юрченко С. О., Палазюк Б.О. Вплив мікоризного препарату на формування урожайності зерна пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.). Аграрний бізнес: технології вирощування, зберігання, переробки зернових і олійних культу: матеріали I міжнародної науково-практичної конференції, 22 квітня 2025 р. Полтава : ПДАУ, 2025. С. 21–23.

206. Yurchenko S. Palaziuk B. Formation of yield of soft winter wheat depending on varietal properties and the influence of biostimulants based on rhizobacteria. Урожайність та якість продукції рослинництва за сучасних технологій

виращування, присвячена пам'яті професора Г. П. Жемели: матеріали Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. (м. Полтава, 30 вересня 2025 р.). Полтава :ПДАУ, 2025. С. 144–145.

207. Юрченко С. О., Палазюк Б. О., Білокінь А. В. Вплив мікоризного препарату на урожайність пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.). *Таврійський науковий вісник*. Серія: Сільськогосподарські науки. 2024. № 39. С. 190–197. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.139.2.23>

208. Палазюк Б. О., Юрченко С. О. Формування урожайності пшениці м'якої озимої залежно від сортових властивостей та впливу біостимуляторів на основі ризобактерій. *Аграрні інновації*. 2025. № 32. С. 167–174

DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.32.24>

209. Палазюк Б.О., Юрченко С.О. Формування якісних показників зерна пшениці м'якої озимої залежно від сортових особливостей та дії біостимуляторів на основі ризобактерій. *Сільське господарство та лісівництво*. 2025. № 39. С. 163–176 DOI: <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2025-4-14df>

210. Палазюк Б.О., Юрченко С.О. Вплив біостимуляторів на врожайність та адаптивні властивості пшениці м'якої озимої. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 4.

DOI: <https://doi.org/10.31210/spi2025.28.04.03>.

211. Кліпакова Ю. О., Клипакова Ю. А., Білоусова З. В., Белоусова З. В. Вплив передпосівної обробки насіння та погодних умов року на урожайність та якість зерна пшениці озимої. *Кафедра Рослинництва та садівництва ім. професора В.В. Калитки*. 2018.

URL: <http://elar.tsatu.edu.ua/handle/123456789/5038>

212. Жемела Г. П., Кузнецова О. А. Вплив сортових властивостей на продуктивність та якість зерна пшениці м'якої озимої. *Scientific Progress & Innovations*. 2012. № 3. С. 23–25.

ДОДАТКИ

УЗГОДЖЕНО:
Проректор з науково-педагогічної роботи
Державного біотехнологічного університету
Максим СЕРІК
М.П. «16» серпня 2025 р.

УЗГОДЖЕНО:
Проректор з наукової роботи
Державного біотехнологічного університету
Валерій МИХАЙЛОВ
М.П. «15» серпня 2025 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

Результатів науково-дослідних, дослідно-конструкторських і технологічних робіт в освітній процес закладу вищої освіти

Замовник Державний біотехнологічний університет
найменування організації
В. о. ректора ДБТУ к.т.н. Кудряшова А.І.

Дійсним актом підтверджується, що результати науково-дослідної роботи
«Оптимізація технології вирощування пшениці м'якої озимої в умовах Лівобережного
Лісостепу України»

(назва роботи)

виконаної у співавторстві Палазюком Богданом Олександровичем, здобувачем ступеня
доктора філософії Полтавського державного аграрного університету МОН України.

впроваджено в освітній процес кафедр:

рослинництва, агрохімії

(найменування структурного підрозділу, де здійснюється впровадження)

1. **Вид впровадження результатів:** методологічний (технологічні підходи до
вирощування пшениці м'якої озимої на основі використання комплексу біологізованих
агротехнологічних прийомів)

2. **Форма впровадження:** застосування результатів досліджень в освітньому процесі.

3. **Новизна результатів науково-дослідної роботи:** якісно нове (побудовано математичні
моделі формування врожайності залежно від факторів вирощування для конкретно взятих
господарств; встановлена ефективність бактеріальних та гумінових біостимуляторів на
формування врожайності пшениці м'якої озимої; встановлено ефективність застосування
гумінових біостимуляторів в системі азотного живлення пшениці озимої)

(піонерське, принципово нове, якісно нове, модифікація, модернізація старих робіт)

4. **Перелік курсів і дисциплін, у рамках яких впроваджено результати НДР:**
«Рослинництво», «Агрохімія», «Система застосування добрив».

5. **Соціальний і науково-економічний ефект:** застосування бактеріальних та гумінових
біостимуляторів дає перспективу для підвищення ефективності засвоєння мінеральних
добрив, поліпшення стану навколишнього середовища, скорочення витрат та повністю
відповідає сучасній доктрині еколого-економічного рослинництва.

Від Полтавського державного аграрного
університету, проректор з науково-
педагогічної, наукової роботи, д. с.-г. н.,
професор

Анатолій ШОСТЯ

М.П. «22» серпня 2025 р.

Від ДБТУ декан факультету агрономії та
захисту рослин, к.с.-г. н., доцент

Олексій РОМАНОВ

М.П. «25» серпня 2025 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Проректор з науково-педагогічної,
наукової роботи Полтавського
державного аграрного університету,
доктор с.-г. наук, професор

Анатолій ШОСТЯ

« 02 » листопада 2025 р.

ДОВІДКА

про впровадження у освітній процес результатів наукових досліджень
здобувача освітньо-наукового ступеня доктора філософії

Палазюка Богдана Олександровича за темою дисертаційної роботи
«Оптимізація технології вирощування пшениці м'якої озимої в умовах
лівобережного Лісостепу України» за спеціальністю 201 Агрономія
галузі знань 20 Аграрні науки та продовольство.

Матеріали дослідження Палазюка Богдана Олександровича щодо
наукового обґрунтування та практичної оцінки ефективності біостимуляторів
як складової оптимізації технології вирощування пшениці м'якої озимої в
умовах Лівобережного Лісостепу України в освітньому процесі Полтавського
державного аграрного університету при викладанні навчальних дисциплін
«Сільськогосподарська мікробіологія» та «Органічне землеробство» на
кафедрі землеробства і агрохімії ім. В. І. Сазанова навчально-наукового
інституту агротехнологій, селекції та екології.

Директор ННІ агротехнологій,
селекції та екології

Микола МАРЕНИЧ

Завідувач кафедри з
емлеробства і агрохімії
ім. В. І. Сазанова

Сергій ПОСПЄЛОВ

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Проректор з науково-педагогічної,
наукової роботи Полтавського
державного аграрного університету,
доктор с.-г. наук, професор



Анатолій ШОСТЯ

20 25 р.

ДОВІДКА

про впровадження у освітній процес результатів наукових досліджень
здобувача освітньо-наукового ступеня доктора філософії
Палазюка Богдана Олександровича за темою дисертаційної роботи
«Оптимізація технології вирощування пшениці м'якої озимої в умовах
лівобережного Лісостепу України» за спеціальністю 201 Агрономія
галузі знань 20 Аграрні науки та продовольство.

Матеріали дослідження Палазюка Богдана Олександровича щодо
наукового обґрунтування та практичної оцінки ефективності біостимуляторів
як складової оптимізації технології вирощування пшениці м'якої озимої в
умовах Лівобережного Лісостепу України в освітньому процесі Полтавського
державного аграрного університету при викладанні навчальних дисциплін
«Рослинництво» та «Зернознавство» «Еколого-біологічне рослинництво»
«Управління якістю продукції рослинництва» на кафедрі рослинництва
навчально-наукового інституту агротехнологій, селекції та екології.

Директор ННІ агротехнологій,
селекції та екології

Микола МАРЕНИЧ

Завідувач кафедри рослинництва

Володимир ГАНГУР

ПОГОДЖЕНО:

Ректор Полтавського державного
аграрного університету

О.А. Галич

«15» жовтня 2025 р.



ЗАТВЕРДЖЕНО:

Проректор з науково-педагогічної,
наукової роботи

А.М. Шостя

«15» жовтня 2025 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

результатів науково-дослідних робіт у виробництво

Цим актом підтверджується, що результати дисертаційної роботи на тему «Оптимізація технології вирощування пшениці м'якої озимої в умовах Лівобережного Лісостепу України» одержаних здобувачем ступеня доктор філософії Палазюком Богданом Олександровичем впроваджені в умовах ФГ «Вектор-Агро» Кобеляцької ОТГ Полтавської області впродовж 2024-2025 рр. на площі 15 га.

Результати впровадження: позакореневе підживлення посівів пшениці м'якої озимої сорту Астарта мікробними біостимулятором «Граундфікс®» у фазі весняного кушення (ВВСН 21–23), що забезпечило приріст урожайності на рівні 0,61 т/га.

Від Полтавського ДАУ

Ректор

О.А. Галич

Виконавець

Б.О. Палазюк

ФГ «Вектор-Агро»

Голова

В.П. Серeda

«15» жовтня 2025 р.



ПОГОДЖЕНО:

Ректор Полтавського державного
аграрного університету

О.А. Галич

«03» жовтня 2025 р.



ЗАТВЕРДЖЕНО:

Проректор з науково-педагогічної,
наукової роботи

А.М. Шостя

«03» жовтня 2025 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ**результатів науково-дослідних робіт у виробництво**

Цим актом підтверджується, що результати дисертаційної роботи на тему «Оптимізація технології вирощування пшениці м'якої озимої в умовах Лівобережного Лісостепу України» проведеної здобувачем ступеня доктор філософії Палазюком Богданом Олександровичем впроваджені в умовах Селянського (фермерського) господарства «Златопіль» Кременчуцького району Полтавської області впродовж 2024-2025 рр., на площі 8,6 га.

Результати впровадження: підвищення врожайності пшениці м'якої озимої на 0,96 т/га, досягнуте внаслідок удосконалення елементів технології вирощування культури шляхом застосування гумінового біостимулятора «БіоСтимікс» на фоні азотного підживлення.

Від Полтавського ДАУ

Ректор

О.А. Галич



СФГ «Златопіль»

Голова

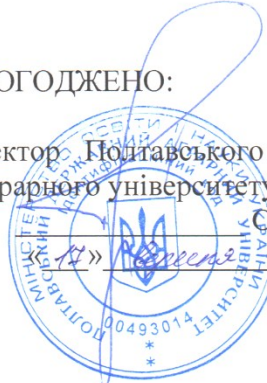
М.Г. Колісник

Виконавець

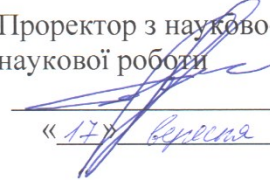
Б.О. Палазюк

«03» жовтня 2025 р.

ПОГОДЖЕНО:

Ректор Полтавського державного
аграрного університету
О.А. Галич
«17» вересня 2025 р.

ЗАТВЕРДЖЕНО:

Проректор з науково-педагогічної,
наукової роботи
А.М. Шостя
«17» вересня 2025 р.**АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ****результатів науково-дослідних робіт у виробництво**

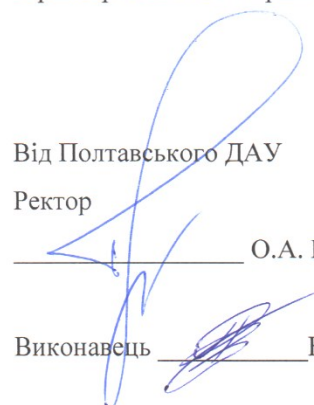
Цим актом підтверджується, що результати дисертаційної роботи на тему «Оптимізація технології вирощування пшениці м'якої озимої в умовах Лівобережного Лісостепу України» одержані здобувачем ступеня доктор філософії Палазюком Богданом Олександровичем впроваджені в умовах ТОВ «ФОКС ТРЕЙД ІНВЕСТ» Полтавського району Полтавської області впродовж 2024-2025 рр., на площі 4,7 га.

Результати впровадження: підвищення врожайності пшениці м'якої озимої на 1,21 т/га, досягнуте внаслідок удосконалення елементів технології вирощування культури шляхом застосування гумінового біостимулятора «Відновлення®» на фоні азотного підживлення N₆₈.

В результаті використання гумінового біостимулятора «Відновлення®» на фоні азотного підживлення N₆₈ чистий дохід від реалізації зерна зріс на 5806 грн/га.

Від Полтавського ДАУ

Ректор


О.А. ГаличВиконавець  Б.О. Палазюк

ТОВ «ФОКС ТРЕЙД ІНВЕСТ»

Директор


Е.Р. Лисак

«17» вересня 2025 р.



Агрометеорологічні показники за період 2022–2023 р.

Період вегетації 2022–2023						
Місяць	$\bar{x} t$, °C	Баг-річ $\bar{x} t$, °C	Max t, °C	Min t, °C	P, мм	Баг-річ $\bar{x}$ ΣP , мм
Серпень	22,9	21,2	31,7	14,6	83,0	41,2
Вересень	12,7	15,4	24,7	4,3	77,2	57,1
Жовтень	10,1	9,0	23,2	-1,4	72,0	49,6
Листопад	3,3	2,2	12,0	-3,6	70,5	38,3
Грудень	0,1	-2,7	9,9	-11,0	83,9	40,1
Січень	-1,9	-4,0	10,2	-14,9	17,5	40,8
Лютий	-1,8	-3,4	6,6	-14,9	43,2	32,7
Березень	4,7	2,0	19,0	-4,6	43,8	39,2
Квітень	9,8	10,2	19,7	3,5	107,7	35,8
Травень	15,5	16,1	26,0	2,6	25,9	56,7
Червень	19,4	19,8	30,5	7,2	48,9	71,3
Липень	21,5	21,9	32,5	12,3	64,6	65,4
ΣP , мм:					738,2	

Примітка:

$\bar{x} t$, °C – середньомісячна температура повітря, °C;

Баг-річ $\bar{x} t$, °C – багаторічна середньомісячна температура повітря, °C;

Max t, °C – максимальна температура повітря за місяць, °C;

Min t, °C – мінімальна температура повітря за місяць, °C;

P, мм – сума атмосферних опадів за місяць, мм;

Баг-річ $\bar{x} \Sigma P$, мм — багаторічна середня сума атмосферних опадів, мм;

ΣP , мм — сума атмосферних опадів за вегетаційний період, мм.

Агрометеорологічні показники за період 2023-2024 р.

Період вегетації 2023–2024 р.						
Місяць	$\bar{x} t$, °C	Баг-річ $\bar{x} t$, °C	Max t, °C	Min t, °C	P, мм	Баг-річ $\bar{x}$ ΣP , мм
Серпень	22,7	21,2	34,6	12,7	63,9	41,2
Вересень	17,4	15,4	26,9	6,8	50,7	57,1
Жовтень	11,0	9,0	24,9	-1,5	86,4	49,6
Листопад	4,3	2,2	16,7	-10,1	101,6	38,3
Грудень	0,3	-2,7	8,7	-5,5	68,2	40,1
Січень	-3,1	-4,0	5,8	-17,7	51,8	40,8
Лютий	1,7	-3,4	10,7	-5,4	37,0	32,7
Березень	4,1	2,0	20,9	-7,3	20,0	39,2
Квітень	13,9	10,2	28,4	0,2	23,9	35,8
Травень	15,3	16,1	28,4	2,0	18,4	56,7
Червень	21,8	19,8	31,2	12,7	78,0	71,3
Липень	25,2	21,9	35,4	14,0	12,3	65,4
ΣP , мм:					612,2	

Примітка:

$\bar{x} t$, °C—середньомісячна температура повітря, °C;

Баг-річ $\bar{x} t$, °C – багаторічна середньомісячна температура повітря, °C;

Max t, °C –максимальна температура повітря за місяць, °C;

Min t, °C – мінімальна температура повітря за місяць, °C;

P, мм – сума атмосферних опадів за місяць, мм;

Баг-річ $\bar{x} \Sigma P$, мм — багаторічна середня сума атмосферних опадів, мм;

ΣP , мм — сума атмосферних опадів за вегетаційний період, мм.

Агрометеорологічні показники за період 2024-2025 р.

Період вегетації 2024–2025 р.						
Місяць	$\bar{x} t$, °C	Баг-річ $\bar{x} t$, °C	Max t, °C	Min t, °C	P, мм	Баг-річ $\bar{x}$ ΣP , мм
Серпень	23,5	21,2	35,9	11,0	11,1	41,2
Вересень	20,3	15,4	32,9	7,4	3,9	57,1
Жовтень	11,3	9,0	25,8	0,5	30,0	49,6
Листопад	2,5	2,2	12,3	-6,2	66,6	38,3
Грудень	0,6	-2,7	7,7	-8,5	37,1	40,1
Січень	1,8	-4,0	11,0	-7,8	12,0	40,8
Лютий	-5,2	-3,4	5,9	-13,4	17,1	32,7
Березень	7,0	2,0	18,8	-7,7	28,5	39,2
Квітень	11,4	10,2	26,5	-3,9	17,0	35,8
Травень	14,7	16,1	28,5	2,3	76,3	56,7
Червень	19,2	19,8	33,5	9,5	39,8	71,3
Липень	23,5	21,9	36,2	11,1	27,8	65,4
ΣP , мм:					367,2	

Примітка:

$\bar{x} t$, °C – середньомісячна температура повітря, °C;

Баг-річ $\bar{x} t$, °C – багаторічна середньомісячна температура повітря, °C;

Max t, °C – максимальна температура повітря за місяць, °C;

Min t, °C – мінімальна температура повітря за місяць, °C;

P, мм – сума атмосферних опадів за місяць, мм;

Баг-річ $\bar{x} \Sigma P$, мм — багаторічна середня сума атмосферних опадів, мм;

ΣP , мм — сума атмосферних опадів за вегетаційний період, мм.

Додаток В1

Схематичне розміщення ділянок у Досліді 1: Оцінка ефективності біостимулятора на основі мікроорганізмів за передпосівної обробки насіння.

1,5 м	9 м				110 м					
	A1B4R1	A1B1R1	A1B3R1	A1B5R1	A1B2R1	A1B2R2	A1B5R2	A1B1R2	A1B4R2	A1B3R2
23 м	A1B3R3	A1B2R3	A1B4R3	A1B1R3	A1B5R3	A1B5R4	A1B3R4	A1B2R4	A1B1R4	A1B4R4
	A2B1R1	A2B4R1	A2B2R1	A2B5R1	A2B3R1	A2B3R2	A2B1R2	A2B5R2	A2B2R2	A2B4R2
	A2B5R3	A2B2R3	A2B3R3	A2B4R3	A2B1R3	A2B4R4	A2B3R4	A2B1R4	A2B5R4	A2B2R4
	A3B2R1	A3B3R1	A3B5R1	A3B1R1	A3B4R1	A3B4R2	A3B2R2	A3B5R2	A3B3R2	A3B1R2
	A3B5R3	A3B4R3	A3B2R3	A3B3R3	A3B1R3	A3B4R4	A3B2R4	A3B5R4	A3B1R4	A3B3R4

Примітка:

А – сорт: А1 – Манжелія, А2 – Богдана, А3 – Алтіго; В – варіант обробки: В1 – без обробки (контроль), В2 – АзотХелп[®], В3 – БіоАзот[®], В4 – БіоФосфор[®], В5 – Органік-Баланс[®]; R – повторення досліду.

Додаток В.2

Схематичне розміщення ділянок у Досліді 2: Оцінка ефективності біостимуляторів на основі мікроорганізмів за позакореневого застосування у період весняного кушення (ВВСН 21–23).

6,5 м	0,5 м	210 м																			
	9 м	A1B3R1	A1B1R1	A1B5R1	A1B2R1	A1B4R1	A1B2R2	A1B4R2	A1B1R2	A1B5R2	A1B3R2	A1B5R3	A1B3R3	A1B2R3	A1B4R3	A1B1R3	A1B1R4	A1B2R4	A1B4R4	A1B3R4	A1B5R4
	1,5 м	A2B4R1	A2B2R1	A2B5R1	A2B1R1	A2B3R1	A2B1R2	A2B3R2	A2B4R2	A2B2R2	A2B5R2	A2B3R3	A2B5R3	A2B2R3	A2B4R3	A2B1R3	A2B2R4	A2B1R4	A2B3R4	A2B5R4	A2B4R4
		A3B2R1	A3B5R1	A3B1R1	A3B3R1	A3B4R1	A3B3R2	A3B4R2	A3B2R2	A3B5R2	A3B1R2	A3B5R3	A3B1R3	A3B4R3	A3B2R3	A3B3R3	A3B1R4	A3B3R4	A3B5R4	A3B4R4	A3B2R4

Примітка:

А – сорт: А1 – Манжелія, А2 – Богдана, А3 – Алтіго; В – варіант обробки: В1 – без обробки (контроль), В2 – АзотХелп[®], В3 – БіоАзот[®], В4 – БіоФосфор[®], В5 – Граундфікс[®]; R – повторення дослідів.

Додаток В3

Схематичне розміщення ділянок у Досліді 3: Оцінка ефективності застосування біостимуляторів на основі гумінових речовин на фоні азотного живленням.

1,5 м	9 м				115 м							
	A1B4R1	A1B1R1	A1B6R1	A1B3R1	A1B5R1	A1B2R1	A1B2R2	A1B5R2	A1B1R2	A1B6R2	A1B3R2	A1B4R2
	A1B3R3	A1B2R3	A1B4R3	A1B1R3	A1B6R3	A1B5R3	A1B5R4	A1B3R4	A1B2R4	A1B6R4	A1B1R4	A1B4R4
	A2B1R1	A2B4R1	A2B2R1	A2B6R1	A2B3R1	A2B5R1	A2B3R2	A2B1R2	A2B6R2	A2B2R2	A2B5R2	A2B4R2
	A2B6R3	A2B2R3	A2B3R3	A2B4R3	A2B1R3	A2B5R3	A2B4R4	A2B3R4	A2B1R4	A2B6R4	A2B5R4	A2B2R4

Примітка. А – сорт: А1 – Манжелія, А2 – Алтіго; В – варіант обробки: В1 – контроль (вода, 1 л/га), В2 – БіоСтимікс[®], В3 – Відновлення[®], В4 – азотні добрива (N68), В5 – БіоСтимікс[®] + N68, В6 – Відновлення[®] + N68; R – повторення (R1–R4).

Вплив біостимуляторів на основі мікроорганізмів на кількість продуктивних стебел (шт./рослини) за передпосівної обробки насіння.

Сорт (фактор А)	Варіант обробки насіння (фактор Б)	2023 р.	2024 р.	2025 р.	Середнє за 2023-2025 рр.
Манжелія	Без обробки (контроль)	1,40	1,13	1,34	1,29
	АзотХелп®	1,52	1,27	1,34	1,38
	БіоАзот®	1,56	1,16	1,28	1,33
	БіоФосфор®	1,50	1,31	1,43	1,41
	Органік- баланс®	1,56	1,32	1,40	1,43
	Середнє ($\bar{x}$)	1,51	1,24	1,36	1,37
Богдана	Без обробки (контроль)	1,37	1,11	1,28	1,25
	АзотХелп®	1,48	1,22	1,33	1,34
	БіоАзот®	1,52	1,21	1,36	1,36
	БіоФосфор®	1,58	1,25	1,41	1,41
	Органік- баланс®	1,63	1,29	1,43	1,46
	Середнє ($\bar{x}$)	1,52	1,22	1,36	1,36
Алтіго	Без обробки (контроль)	1,39	1,25	1,30	1,31
	АзотХелп®	1,48	1,33	1,44	1,42
	БіоАзот®	1,51	1,39	1,53	1,48
	БіоФосфор®	1,50	1,46	1,57	1,51
	Органік- баланс®	1,44	1,27	1,54	1,42
	Середнє ($\bar{x}$)	1,46	1,34	1,48	1,43
НІР ₀₅	Фактор А	0,04	0,07	0,07	0,04
	Фактор Б	0,07	0,07	0,06	0,06

Додаток Г2

Вплив біостимуляторів на основі мікроорганізмів на кількість зерен в колосі (шт.) за передпосівної обробки насіння.

Сорт (фактор А)	Варіант обробки насіння (фактор Б)	2023 р.	2024 р.	2025 р.	Середнє за 2023-2025 рр.
Манжелія	Без обробки (контроль)	22,81	19,33	21,47	21,2
	АзотХелп®	25,13	19,17	22,00	22,1
	БіоАзот®	26,87	20,83	23,10	23,6
	БіоФосфор®	27,33	22,92	25,96	25,4
	Органік- баланс®	27,44	21,45	25,20	24,7
	Середнє ($\bar{x}$)	25,87	20,82	23,52	23,4
Богдана	Без обробки (контроль)	27,78	21,73	24,29	24,6
	АзотХелп®	28,83	21,70	24,76	25,1
	БіоАзот®	27,67	22,11	24,61	24,8
	БіоФосфор®	33,33	24,32	27,84	28,5
	Органік- баланс®	30,86	23,74	26,69	27,1
	Середнє ($\bar{x}$)	29,68	22,74	25,63	26,0
Алтіго	Без обробки (контроль)	29,87	22,73	26,00	26,2
	АзотХелп®	32,29	24,21	26,89	27,8
	БіоАзот®	30,12	22,87	25,91	26,3
	БіоФосфор®	32,25	25,94	29,10	29,1
	Органік- баланс®	31,85	24,27	27,87	28,0
	Середнє ($\bar{x}$)	31,25	24,06	27,18	27,5
НІР ₀₅	Фактор А	2,71	1,98	2,44	0,82
	Фактор Б	3,08	1,93	2,33	1,06

Додаток ГЗ

**Вплив біостимуляторів на основі мікроорганізмів на масу зерна з
колоса (г) за передпосівної обробки насіння.**

Сорт (фактор А)	Варіант обробки насіння (фактор Б)	2023 р.	2024 р.	2025 р.	Середнє за 2023-2025 рр.
Манжелія	Без обробки (контроль)	1,07	0,84	0,92	0,94
	АзотХелп®	1,31	0,98	1,10	1,13
	БіоАзот®	1,26	0,95	1,13	1,11
	БіоФосфор®	1,33	1,14	1,31	1,26
	Органік- баланс®	1,31	1,01	1,21	1,18
	Середнє ($\bar{x}$)	1,25	1,01	1,14	1,13
Богдана	Без обробки (контроль)	1,05	0,89	0,95	0,96
	АзотХелп®	1,29	0,95	1,10	1,12
	БіоАзот®	1,18	0,95	1,05	1,06
	БіоФосфор®	1,36	0,93	1,15	1,15
	Органік- баланс®	1,38	1,04	1,21	1,21
	Середнє ($\bar{x}$)	1,27	0,97	1,09	1,11
Алтіго	Без обробки (контроль)	1,33	1,02	1,16	1,17
	АзотХелп®	1,40	1,03	1,19	1,21
	БіоАзот®	1,39	1,10	1,22	1,24
	БіоФосфор®	1,48	1,19	1,34	1,34
	Органік- баланс®	1,43	1,09	1,25	1,26
	Середнє ($\bar{x}$)	1,41	1,08	1,22	1,24
НІР ₀₅	Фактор А	0,14	0,07	0,08	0,04
	Фактор Б	0,15	0,10	0,10	0,05

Додаток Г4

**Вплив біостимуляторів на основі мікроорганізмів на масу 1000 зерен
(г) за передпосівної обробки насіння.**

Сорт (фактор А)	Варіант обробки насіння (фактор Б)	2023	2024	2025	Середнє за 2023-2025 рр.
Манжелія	Без обробки (контроль)	41,6	35,2	39,1	38,6
	АзотХелп®	46,1	35,2	40,4	40,5
	БіоАзот®	45,3	35,1	39,0	39,8
	БіоФосфор®	41,6	34,9	39,6	38,7
	Органік- баланс®	45,8	36,1	41,6	41,2
	Середнє ($\bar{x}$)	44,1	35,4	40,0	39,8
Богдана	Без обробки (контроль)	44,0	34,4	38,5	39,0
	АзотХелп®	44,4	33,3	38,0	38,6
	БіоАзот®	43,2	34,6	38,2	38,7
	БіоФосфор®	47,5	34,5	40,0	40,7
	Органік- баланс®	45,0	34,7	39,0	39,6
	Середнє ($\bar{x}$)	44,8	34,3	38,7	39,3
Алтіго	Без обробки (контроль)	42,6	32,4	37,1	37,4
	АзотХелп®	44,7	33,5	37,2	38,5
	БіоАзот®	42,0	31,9	36,2	36,7
	БіоФосфор®	45,6	36,7	41,2	41,2
	Органік- баланс®	46,4	35,3	40,6	40,8
	Середнє ($\bar{x}$)	44,2	34,0	38,4	38,9
НІР ₀₅	Фактор А	1,09	0,91	0,93	1,25
	Фактор Б	2,12	1,64	1,74	1,62

Додаток Г5

**Вплив позакореневого застосування мікробних біостимуляторів у фазі
кущання на кількість продуктивних стебел (шт./рослини)**

Сорт (фактор А)	Варіант обробки насіння (фактор Б)	2023 р.	2024 р.	2025 р.	Середнє за 2023-2025 рр.
Манжелія	Без обробки (контроль)	1,32	1,23	1,35	1,30
	АзотХелп®	1,45	1,26	1,43	1,38
	БіоАзот®	1,44	1,27	1,40	1,37
	БіоФосфор®	1,49	1,31	1,48	1,43
	Граундфікс®	1,51	1,35	1,50	1,45
	Середнє ($\bar{x}$)	1,47	1,29	1,42	1,39
Богдана	Без обробки (контроль)	1,38	1,19	1,36	1,31
	АзотХелп®	1,48	1,27	1,45	1,40
	БіоАзот®	1,44	1,27	1,43	1,38
	БіоФосфор®	1,53	1,31	1,49	1,44
	Граундфікс®	1,52	1,36	1,51	1,46
	Середнє ($\bar{x}$)	1,48	1,27	1,45	1,40
Алтіго	Без обробки (контроль)	1,45	1,40	1,41	1,42
	АзотХелп®	1,47	1,46	1,50	1,48
	БіоАзот®	1,50	1,45	1,46	1,47
	БіоФосфор®	1,55	1,50	1,51	1,52
	Граундфікс®	1,57	1,52	1,53	1,54
	Середнє ($\bar{x}$)	1,52	1,47	1,48	1,49
НІР ₀₅	Фактор А	0,054	0,118	0,038	0,05
	Фактор Б	0,09	0,096	0,07	0,06

Додаток Г6

**Вплив позакореневого застосування мікробних біостимуляторів у фазі
кущення на кількість зерен в колосі(шт.)**

Сорт (фактор А)	Варіант обробки насіння (фактор Б)	2023 р.	2024 р.	2025 р.	Середнє за 2023- 2025 рр.
Манжелія	Без обробки (контроль)	22,7	20,0	21,9	21,5
	АзотХелп®	23,6	20,7	23,4	22,6
	БіоАзот®	23,8	20,2	23,0	22,3
	БіоФосфор®	26,1	23,0	25,3	24,8
	Граундфікс®	27,0	23,7	26,1	25,6
	Середнє ($\bar{x}$)	24,7	21,7	23,9	23,4
Богдана	Без обробки (контроль)	23,2	20,0	22,8	22,0
	АзотХелп®	25,4	21,7	24,8	24,0
	БіоАзот®	25,2	21,5	24,7	23,8
	БіоФосфор®	28,5	24,4	27,8	26,9
	Граундфікс®	29,2	24,9	28,6	27,6
	Середнє ($\bar{x}$)	26,3	22,6	25,8	24,9
Алтіго	Без обробки (контроль)	26,8	25,9	26,1	26,3
	АзотХелп®	28,5	27,5	27,7	27,9
	БіоАзот®	28,0	27,1	27,3	27,5
	БіоФосфор®	29,9	28,9	29,1	29,3
	Граундфікс®	30,4	29,4	29,6	29,8
	Середнє ($\bar{x}$)	28,8	27,8	28,0	28,2
НІР ₀₅	Фактор А	3,42	3,66	2,85	0,7
	Фактор Б	3,54	3,18	3,12	0,9

Додаток Г7

**Вплив позакореневого застосування мікробних біостимуляторів у фазі
кущення на маса зерна з колоса (г)**

Сорт (фактор А)	Варіант обробки насіння (фактор Б)	2023	2024	2025	Середнє за 2023- 2025 рр.
Манжелія	Без обробки (контроль)	0,97	0,90	0,97	0,95
	АзотХелп®	1,32	1,18	1,25	1,25
	БіоАзот®	1,33	1,13	1,27	1,24
	БіоФосфор®	1,39	1,21	1,37	1,32
	Граундфікс®	1,40	1,23	1,41	1,35
	Середнє ($\bar{x}$)	1,29	1,13	1,24	1,22
Богдана	Без обробки (контроль)	1,11	0,96	1,10	1,06
	АзотХелп®	1,29	1,16	1,32	1,26
	БіоАзот®	1,33	1,10	1,32	1,25
	БіоФосфор®	1,42	1,19	1,39	1,33
	Граундфікс®	1,44	1,23	1,41	1,36
	Середнє ($\bar{x}$)	1,32	1,13	1,29	1,25
Алтіго	Без обробки (контроль)	1,14	1,10	1,11	1,12
	АзотХелп®	1,26	1,20	1,23	1,23
	БіоАзот®	1,33	1,20	1,14	1,22
	БіоФосфор®	1,42	1,25	1,39	1,35
	Граундфікс®	1,41	1,36	1,37	1,38
	Середнє ($\bar{x}$)	1,29	1,24	1,25	1,26
НІР ₀₅	Фактор А	0,06	0,11	0,06	0,04
	Фактор Б	0,12	0,1	0,1	0,06

Додаток Г8

**Вплив позакореневого застосування мікробних біостимуляторів у фазі
кущення на масу 1000 зерен (г)**

Сорт (фактор А)	Варіант обробки насіння (фактор Б)	2023	2024	2025	Середнє за 2023-2025 рр.
Манжелія	Без обробки (контроль)	40,3	35,5	38,8	38,2
	АзотХелп®	41,9	36,7	40,6	39,7
	БіоАзот®	41,3	36,3	40,0	39,2
	БіоФосфор®	41,9	37,0	40,6	39,8
	Граундфікс®	44,5	39,0	43,1	42,2
	Середнє ($\bar{x}$)	41,9	36,9	40,6	39,8
Богдана	Без обробки (контроль)	40,5	34,9	39,8	38,4
	АзотХелп®	43,0	36,8	42,0	40,6
	БіоАзот®	43,8	37,5	43,0	41,4
	БіоФосфор®	43,5	37,3	42,5	41,1
	Граундфікс®	43,2	36,9	42,3	40,8
	Середнє ($\bar{x}$)	42,8	36,7	41,9	40,5
Алтіго	Без обробки (контроль)	40,6	39,3	39,6	39,9
	АзотХелп®	42,4	41,0	41,3	41,6
	БіоАзот®	42,3	40,9	41,2	41,5
	БіоФосфор®	44,0	42,5	42,8	43,1
	Граундфікс®	44,3	42,8	43,1	43,4
	Середнє ($\bar{x}$)	42,8	41,3	41,6	41,9
НІР ₀₅	Фактор А	1,48	1,62	1,55	1,5
	Фактор Б	1,65	1,72	1,68	1,7

Додаток Г9

**Вплив застосування гумінових біостимуляторів в системі азотного
живлення пшениці озимої на кількість продуктивних стебел
(шт./рослини)**

Сорт (фактор А)	Варіант обробки насіння (фактор Б)	2023 р.	2024 р.	2025 р.	Середнє за 2023- 2025 рр.
Манжелія	Без обробки (контроль)	1,37	1,19	1,26	1,27
	БіоСтимікс®	1,42	1,25	1,31	1,33
	Відновлення®	1,43	1,24	1,29	1,32
	N ₆₈	1,51	1,34	1,39	1,41
	БіоСтимікс® + N ₆₈	1,57	1,43	1,44	1,48
	Відновлення® + N ₆₈	1,64	1,40	1,42	1,49
	Середнє ($\bar{x}$)	1,48	1,31	1,34	1,38
Алтіго	Без обробки (контроль)	1,45	1,24	1,39	1,36
	БіоСтимікс®	1,46	1,31	1,45	1,41
	Відновлення®	1,53	1,34	1,45	1,44
	N ₆₈	1,63	1,30	1,57	1,50
	БіоСтимікс® + N ₆₈	1,66	1,41	1,58	1,55
	Відновлення® + N ₆₈	1,73	1,39	1,59	1,57
	Середнє ($\bar{x}$)	1,58	1,33	1,50	1,47
НІР ₀₅	Фактор А	0,095	0,082	0,110	0,05
	Фактор Б	0,145	0,12	0,135	0,07

Додаток Г10

**Вплив застосування гумінових біостимуляторів в системі азотного
живлення пшениці озимої на кількість зерен в колосі(шт.)**

Сорт (фактор А)	Варіант обробки насіння (фактор Б)	2023	2024	2025	Середнє за 2023- 2025 рр.
Манжелія	Без обробки (контроль)	22,0	19,9	21,0	21,0
	БіоСтимікс®	23,9	20,9	22,0	22,3
	Відновлення®	23,5	20,7	21,8	22,0
	N ₆₈	27,1	23,6	23,6	24,8
	БіоСтимікс® + N ₆₈	28,9	26,3	26,4	27,2
	Відновлення® + N ₆₈	29,9	26,4	26,0	27,4
	Середнє ($\bar{x}$)	25,9	23,0	23,4	24,1
Алтіго	Без обробки (контроль)	25,6	21,8	24,5	24,0
	БіоСтимікс®	26,4	23,6	25,6	25,2
	Відновлення®	27,8	24,3	26,2	26,1
	N ₆₈	30,9	25,2	29,2	28,4
	БіоСтимікс® + N ₆₈	32,4	27,5	30,7	30,2
	Відновлення® + N ₆₈	33,6	27,1	31,8	30,8
	Середнє ($\bar{x}$)	29,5	24,9	28,0	27,5
НІР ₀₅	Фактор А	2,35	2,1	2,45	1,8
	Фактор Б	3,1	2,75	2,95	2,2

Додаток Г11

**Вплив застосування гумінових біостимуляторів в системі азотного
живлення пшениці озимої на маса зерна з колоса (г)**

Сорт (фактор А)	Варіант обробки насіння (фактор Б)	2023	2024	2025	Середнє за 2023- 2025 рр.
Манжелія	Без обробки (контроль)	0,98	0,87	0,93	0,93
	БіоСтимікс®	1,09	0,95	0,99	1,01
	Відновлення®	1,05	0,92	1,01	0,99
	N ₆₈	1,26	1,08	1,11	1,15
	БіоСтимікс® + N ₆₈	1,35	1,24	1,25	1,28
	Відновлення® + N ₆₈	1,38	1,21	1,32	1,30
	Середнє ($\bar{x}$)	1,19	1,06	1,08	1,11
Алтіго	Без обробки (контроль)	1,15	0,98	1,10	1,08
	БіоСтимікс®	1,21	1,09	1,18	1,16
	Відновлення®	1,26	1,10	1,18	1,18
	N ₆₈	1,42	1,15	1,34	1,30
	БіоСтимікс® + N ₆₈	1,50	1,27	1,42	1,40
	Відновлення® + N ₆₈	1,58	1,28	1,49	1,45
	Середнє ($\bar{x}$)	1,35	1,14	1,28	1,26
НІР ₀₅	Фактор А	0,12	0,09	0,12	0,9
	Фактор Б	0,17	0,14	0,16	0,16

Додаток Г12

**Вплив застосування гумінових біостимуляторів в системі азотного
живлення пшениці озимої на масу 1000 зерен (г)**

Сорт (фактор А)	Варіант обробки насіння (фактор Б)	2023	2024	2025	Середнє за 2023- 2025 рр.
Манжелія	Без обробки (контроль)	40,4	36,5	38,4	38,4
	БіоСтимікс®	41,9	36,8	39,1	39,3
	Відновлення®	41,5	36,5	38,9	38,9
	N ₆₈	43,1	37,5	40,1	40,3
	БіоСтимікс® + N ₆₈	43,9	39,7	41,3	41,6
	Відновлення® + N ₆₈	44,1	40,1	41,3	41,8
	Середнє ($\bar{x}$)	42,5	37,8	39,9	40,0
Алтіго	Без обробки (контроль)	42,0	35,6	40,0	39,2
	БіоСтимікс®	42,0	37,7	40,5	40,1
	Відновлення®	43,0	37,7	40,4	40,4
	N ₆₈	44,8	38,2	41,9	41,6
	БіоСтимікс® + N ₆₈	46,0	39,0	43,3	42,7
	Відновлення® + N ₆₈	47,2	38,1	44,6	43,3
	Середнє ($\bar{x}$)	44,2	37,7	41,8	41,2
НІР ₀₅	Фактор А	1,7	1,7	1,8	1,6
	Фактор Б	2,4	2,1	2,3	1,9