

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Кваліфікаційна наукова  
праця на правах рукопису

ШПИРНА ВЛАДИСЛАВ ГЕННАДІЙОВИЧ

УДК 631.421.2: 504.054

ДИСЕРТАЦІЯ

**ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ПРОБІОТИЧНИХ ПРЕПАРАТІВ  
ТА БІОФІТУ У БІОЛОГІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ЗАХИСТУ**

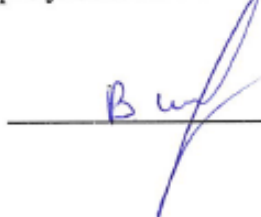
**ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ**

**201 – Агрономія**

**20 – Аграрні науки та продовольство**

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

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



**Шпірна В.Г.**

Науковий керівник – Писаренко Павло Вікторович,  
доктор сільськогосподарських наук, професор

Полтава - 2026

## АНОТАЦІЯ

**Шпирна В.Г. Ефективність використання пробіотичних препаратів та бішофіту у біологізації системи захисту пшениці озимої.** – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

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

Дисертаційна робота присвячена вирішенню важливої сільськогосподарської проблеми – науковому обґрунтуванню біологізації системи захисту пшениці озимої за допомогою бішофіту та пробіотичних препаратів в контексті сталого функціонування агроєкосистем.

За сучасних умов енергетичної та екологічної кризи пошук нових речовин, що забезпечували б формування мікробного ценозу з багатим складом агрономічно цінних груп мікроорганізмів, оптимальний рівень гуміфікації і збільшення органічної речовини в ґрунті, надасть можливість обґрунтувати інноваційні екологічнобезпечні види захисту рослин в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах. Тому доцільно розширити науковий пошук інноваційних екологічнобезпечних засобів захисту рослин, зокрема щодо дії пробіотичних препаратів та бішофіту у системі захисту рослин.

Тому мета дослідження полягала в теоретичному обґрунтуванні і розробці науково-методичних засад використання пробіотичних препаратів та бішофіту у біологізації системи захисту пшениці озимої як основи сталого функціонування агроєкосистем.

На основі проведеного дослідження впливу бішофіту на субклітинну організацію досліджуваних рослинних об'єктів (пшениці озимої та лободи білої) встановлено ряд фактів, що підтверджують різнопланову дію їх на культурні рослини і на бур'яни. Визначено, що після застосування обприскування бур'яну бішофітом відбувається падіння об'ємних часток

мітохондрій, а об'ємні частки мітохондрій клітин озимої пшениці під дією бішофіту збільшуються.

На основі проведеного дослідження інтенсивності протікання мікробіологічних процесів за умов внесення проб бішофіту різної концентрації (50, 100, 150 та 200 л/га) встановлено, що найкращим варіантом досліду і у весняний, і у осінній періоди, для покращення життєдіяльності ґрунтових мікробних ценозів, був варіант з нормою внесення 150 л/га. Зокрема, при внесенні бішофіту 150 л/га кількість педотрофних мікроорганізмів зростає на 118-187% порівняно з контролем. Вираженої дії бішофіту на оліготрофні мікроорганізми не відмічено. Встановлено, кількість амоніфікуючих бактерій при використанні бішофіту збільшується порівняно з контролем, при цьому найбільше при використанні бішофіту дозою 150 л/га, зокрема чисельність мікроорганізмів даної групи зростає на 86-280% порівняно з контролем. Обґрунтовано, що кількість амілолітичних мікроорганізмів при внесенні бішофіту дозою 50-200 л/га знижується, що пояснюється тим, що інтенсифікується розвиток мікроорганізмів, які засвоюють органічний азот (білкових речовин ґрунту), а кількість мікроорганізмів, що використовують аміачний (мінеральний) азот дещо зменшується.

Аналіз загальної кількості мікроскопічних грибів, актиноміцетів та неспорової мікрофлори ґрунту показав, що на варіанті використання бішофіту дозою до 150 л/га чисельність даної еколого-трофічної групи є найвищою. Отже, у результаті вивчення основних еколого-трофічних груп мікроорганізмів в одиниці об'єму ґрунту встановлено, що при використанні бішофіту дозою 150 л/га спостерігається найкращий результат для мікробіоти ґрунту. При збільшенні концентрації до 200 л/га спостерігається незначне зниження питомої ваги мікроорганізмів в мікробному ценозі (на 20-32% гірше у порівнянні з концентрацією бішофіту 150 л/га).

За результатами аналізу коефіцієнтів мінералізації–імобілізації, оліготрофності та педотрофності доведено, що використання бішофіту сприяє збільшенню вмісту поживних речовин у ґрунті для різних екологіо-трофічних груп мікроорганізмів, зменшенню швидкості розкладання гумусу і створення сприятливих умов для розвитку ґрунтових мікроорганізмів. Визначено, що мінімальне значення ІМІ спостерігалось при дозі бішофіту 150 л/га, що свідчить про зменшення швидкості розкладання гумусу і створення сприятливих умов для розвитку ґрунтових мікроорганізмів. Найкращий ефект по коефіцієнту оліготрофності (ІО) спостерігався при використанні бішофіту 150 л/га, що свідчить про збільшення вмісту доступних для мікроорганізмів поживних речовин і високу забезпеченість елементами живлення. Таким чином, обґрунтовано, що при використанні бішофіту дозою 50-200 л/га покращуються умови для розвитку ґрунтових мікроорганізмів у порівнянні з контролем, у той же час найкращий результат отримано при використанні бішофіту дозою 150 л/га.

Обґрунтовано, що при внесенні бішофіту 50-150 л/га структурний стан ґрунту не погіршується. Тільки при внесенні у ґрунт доз бішофіту більше 200 л/га спостерігається деяке погіршення структури ґрунту та зменшення вмісту водотривких агрегатів. Оптимальною дозою, яка не викликала погіршення структури ґрунту та вмісту в ньому водотривких агрегатів, була 150 л/га. Також використання бішофіту в дозах 50-300 л/га не сприяє накопиченню нітратів, нафтопродуктів і важких металів у ґрунті. Таким чином, обґрунтовано відсутність негативного впливу бішофіту на фізико-хімічні властивості ґрунту при внесенні його в дозі 150 л/га.

На основі вивчення чутливості фітопатогенних бактерій та грибів до комплексного використання суміші пробіотичних препаратів та бішофіту встановлено, що найкращі результати зафіксовані при комплексному використанні пробіотику *Sviteco PBP* (1% розведення) та бішофіту (10% розведення). Таким чином, підтвержено синергічну дію пробіотику *Sviteco*

*PBP* та бішофіту при їх комплексному використанні проти фітопатогенних бактерій. Результати дослідження фунгіцидної активності свідчать, що пробіотичний препарат *Sviteco PBP* у комплексі із бішофітом виявляє токсичну дію до фітопатогенних штамів грибів. Встановлено, що найкращий результат для захисту агрофітоценозу отримано при обробці насіння пшениці озимої сумішшю пробіотичного препарату *Sviteco PBP* (1%-го розчину) та бішофіту (10% розчину), зокрема енергія проростання склала 94%, що на 25% більше у порівнянні з контролем, а схожість 97%, що на 10% більше у порівнянні з контролем відповідно.

Досліджено використання бішофіту різної концентрації як гербіциду на посівах пшениці озимої по всходах. Найбільш суттєва загибель рослин від опіків листової поверхні спостерігалась після обробки бішофітом 100-75 % концентрації (150 л/га). Опіки листової поверхні названих рослин бур'янів призводили до їх загибелі. При цьому найвища урожайність (50,3 ц/га) спостерігалася при використанні 100% розчину бішофіту як за рахунок ефективного контролю забур'янення так і оптимізації живлення рослин за рахунок мікроелементів, що містяться в бішофіті.

Встановлено, що за допомогою бішофіту відбувається значне покращення фітосанітарного стану посівів (ураженість рослин борошнистою росою знизилася з 5,7-5,8% на різних сортах пшениці озимої на контролі до 0,8-1,9% після обробки бішофітом). Відмічено виражену геностатичну дію бішофіту, про що свідчив ефективний захист листків 2-го і 3-го ярусів, процес розгортання яких відбувався в період застосування бішофіту.

Обґрунтовано комплексну біологічну систему захисту пшениці озимої за допомогою бішофіту та пробіотиків, що включає використання суміші пробіотику *Sviteco PBP* (1 л/т) та бішофіту (10 л/т) як протруювача та бішофіту (150 л/га) як гербіциду на посівах озимої пшениці по всходах. Доведено, що суміш пробіотику *Sviteco PBP* (1 л/т) та бішофіту (10 л/т) є ефективним протруювачем для насіння озимої пшениці. Внесення бішофіту

як гербіциду (150 л/га 100% концентрації) дозволяє підвищити урожайність пшениці озимої за рахунок зниження засміченості полів та має одночасно фунгіцидну дію, пригнічуючи спори збудників захворювань, без негативних наслідків для довкілля, покращити мікробний ценоз ґрунту, як наслідок – сприяти підвищенню його родючості.

На основі проведеної економічної оцінки ефективності використання комплексної біологічної системи захисту пшениці озимої за допомогою бішофіту та пробіотиків встановлено, що рентабельність запропонованої технології протягом 2022-2024 рр. у середньому склала 117,5%, що на 65% більше у порівнянні з стандартною технологією хімічного захисту рослин, та на 92% більше у порівнянні з контролем (без внесення). При цьому важливим економічним фактором використання запропонованої технології біологічного захисту пшениці озимої є те, що підвищується не тільки урожайність зерна пшениці озимої, але і його якість (вміст білку підвищувався на 7,75%, сирої клітковини в зерні - на 10,3% та маса 1000 насінин на 21,3% в порівнянні з контролем).

Одержані результати досліджень можуть бути використані при розробці рекомендації щодо використання пробіотичних препаратів та бішофіту у системі захисту пшениці озимої у контексті забезпечення екологічної, продовольчої безпеки регіону та створення сталих агроecosистем. Реалізація запланованих заходів відповідає принципам сталого розвитку та є їх частиною на локальному рівні.

**Ключові слова:** мікробіологічні процеси, ґрунт, сталий розвиток, захист рослин, пшениця озима, пробіотичні препарати, бішофіт, агроecosистеми.

## ABSTRACT

*Shpyrna V.G.* The effectiveness of using probiotics and bischofite in the biologization of the winter wheat protection system. – Qualification scientific work in the form of a manuscript.

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

The dissertation is devoted to solving an important agricultural problem - the scientific substantiation of the biologization of the winter wheat protection system using bischofite and probiotics in the context of the sustainable functioning of agroecosystems.

Under the current conditions of energy and environmental crisis, the search for new substances that would ensure the formation of a microbial cenosis with a rich composition of agronomically valuable groups of microorganisms, the optimal level of humification and an increase in organic matter in the soil will provide an opportunity to substantiate innovative environmentally friendly types of plant protection in specific soil and climatic conditions. The issue of using probiotics in the plant protection system is innovative and requires further research. Given the prospects of previous studies on the use of bischofite in the plant protection system, which at the same time is a source of macro- and microelements and can act as a nutrient medium for beneficial microorganisms, it is advisable to expand the scientific search for innovative environmentally friendly plant protection products, in particular regarding the synergistic action of probiotic preparations and bischofite in the plant protection system.

Therefore, the purpose of the study was to theoretically substantiate and develop scientific and methodological principles for the use of probiotic

preparations and bischofite in the biologization of the winter wheat protection system as the basis for the sustainable functioning of agroecosystems.

Based on the conducted study of the effect of bischofite on the subcellular organization of the studied plant objects (winter wheat and white quinoa), a number of facts were established that confirm their diverse effect on cultivated plants and weeds. The effect of bischofite on the chloroplasts of weed cells leads to disorganization, destruction and loss of order in the localization of membranes in these organelles. Moreover, in weed cells, there is not an increase in the volume of these organelles (as in cultivated plants), but on the contrary, a decrease. It was determined that after spraying weeds with bischofite, the volume fraction of mitochondria decreases, and the volume fraction of mitochondria in winter wheat and corn cells increases under the influence of bischofite. Therefore, the functions inherent in mitochondria (ATP biosynthesis) in weed cells are disrupted. In weeds, there are more volume fractions of chloroplasts and mitochondria, which determine their high ability to obtain and transform energy. Under the influence of bischofite, their number per unit volume of cells decreases sharply, and this causes a decrease in the structural and functional indicators of cells and their viability in general. Thus, it was determined that in weeds, under the influence of bischofite, such a restructuring of the organization of cellular components occurs, as a result of which the chaotic nature increases and the orderliness of the processes occurring in cells decreases.

Based on the conducted study of the intensity of microbiological processes under the conditions of applying bischofite samples of different concentrations (50, 100, 150 and 200 l/ha), it was established that the best variant of the experiment in both the spring and autumn periods, to improve the vital activity of soil microbial coenoses, was the variant with the rate of application of 150 l/ha. In particular, when applying bischofite 150 l/ha, the number of pedotrophic microorganisms increases by 118-187% compared to the control. No pronounced effect of bischofite on oligotrophic microorganisms was noted. It was established that the

number of ammonifying bacteria when using bischofite increases compared to the control, while the largest increase is observed when using bischofite at a dose of 150 l/ha, in particular, the number of microorganisms of this group increases by 86-280% compared to the control. It is substantiated that the number of amylolytic microorganisms decreases when bischofite is applied at a dose of 50-200 l/ha, which is explained by the fact that the development of microorganisms that absorb organic nitrogen (protein substances of the soil) is intensified, and the number of microorganisms that use ammonia (mineral) nitrogen is slightly reduced. Analysis of the total number of microscopic fungi, actinomycetes and non-spore soil microflora showed that the number of this ecological-trophic group is the highest when bischofite is applied at a dose of up to 150 l/ha. Thus, as a result of studying the main ecological-trophic groups of microorganisms per unit volume of soil, it was established that when bischofite is applied at a dose of 150 l/ha, the best result for the soil microbiota is observed. When the concentration increases to 200 l/ha, a slight decrease in the specific gravity of microorganisms in the microbial cenosis is observed (20-32% worse compared to the bischofite concentration of 150 l/ha).

According to the results of the analysis of the mineralization-immobilization coefficients, oligotrophicity and pedotrophicity, it was found that the use of bischofite contributes to an increase in the content of nutrients in the soil for various ecological-trophic groups of microorganisms, a decrease in the rate of humus decomposition and the creation of favorable conditions for the development of soil microorganisms. It was determined that the minimum value of IMI was observed at a bischofite dose of 150 l/ha, which indicates a decrease in the rate of humus decomposition and the creation of favorable conditions for the development of soil microorganisms. The best effect on the oligotrophic coefficient (IO) was observed when using bischofite 150 l/ha, which indicates an increase in the content of nutrients available to microorganisms and a high supply of nutrients. Thus, it is substantiated that when using bischofite at a dose of 50-200 l/ha, the conditions for

the development of soil microorganisms improve compared to the control, at the same time the best result was obtained when using bischofite at a dose of 150 l/ha.

It is substantiated that when applying bischofite 50-150 l/ha, the structural condition of the soil does not deteriorate. Only when applying bischofite doses of more than 200 l/ha to the soil is there some deterioration of the soil structure and a decrease in the content of water-resistant aggregates. The optimal dose, which did not cause deterioration of the soil structure and the content of water-resistant aggregates in it, was 150 l/ha. Also, the use of bischofite in doses of 50-300 l/ha does not contribute to the accumulation of nitrates, petroleum products and heavy metals in the soil. Thus, the absence of a negative effect of bischofite on the physicochemical properties of the soil when applied at a dose of 150 l/ha was substantiated.

Based on the study of the sensitivity of phytopathogenic bacteria and fungi to the complex use of a mixture of probiotic preparations and bischofite, it was established that the best results were recorded with the complex use of the probiotic Sviteco PBP (1% dilution) and bischofite (10% dilution). Thus, the synergistic effect of the probiotic Sviteco PBP and bischofite when used in combination against phytopathogenic bacteria was confirmed. The results of the study of fungicidal activity indicate that the probiotic preparation Sviteco PBP in complex with bischofite exhibits a toxic effect on phytopathogenic strains of fungi. It was found that the best result for the protection of agrophytocenosis was obtained when treating winter wheat seeds with a mixture of the probiotic preparation Sviteco PBP (1% solution) and bischofite (10% solution), in particular, the germination energy was 94%, which is 25% more compared to the control, and the germination was 97%, which is 10% more compared to the control, respectively.

The use of bischofite of different concentrations as a herbicide on winter wheat crops was studied after germination. The most significant death of plants from burns of the leaf surface was observed after treatment with bischofite of 100-

75% concentration (150 l/ha). Burns of the leaf surface of the named weed plants led to their death. At the same time, the highest yield (50.3 c/ha) was observed when using 100% bischofite solution due to both effective weed control and optimization of plant nutrition due to the microelements contained in bischofite.

It was established that using bischofite significantly improves the phytosanitary condition of crops (the incidence of powdery mildew on plants decreased from 5.7-5.8% on different varieties of winter wheat in the control to 0.8-1.9% after treatment with bischofite). A pronounced genostatic effect of bischofite was noted, as evidenced by the effective protection of leaves of the 2nd and 3rd tiers, the unfolding process of which occurred during the period of bischofite application.

A complex biological system for the protection of winter wheat using bischofite and probiotics was substantiated, which includes the use of a mixture of probiotic Sviteco PBR (1 l/t) and bischofite (10 l/t) as a treatment agent and bischofite (150 l/ha) as a herbicide on winter wheat crops after emergence. It was proven that a mixture of probiotic Sviteco PBR (1 l/t) and bischofite (10 l/t) is an effective treatment agent for winter wheat seeds. The application of bischofite as a herbicide (150 l/ha 100% concentration) allows to increase the yield of winter wheat by reducing the littering of fields and at the same time has a fungicidal effect, suppressing spores of pathogens, without negative consequences for the environment, improving the microbial coenosis of the soil, as a result - contributing to an increase in its fertility.

Based on the conducted economic assessment of the effectiveness of the use of a comprehensive biological system for the protection of winter wheat using bischofite and probiotics, it was established that the profitability of the proposed technology during 2022-2024 was on average 117.5%, which is 65% more compared to the standard technology of chemical plant protection, and 92% more compared to the control (without application). At the same time, an important economic factor in using the proposed technology for biological protection of

winter wheat is that not only the yield of winter wheat grain increases, but also its quality (the protein content increased by 7.75%, crude fiber in the grain - by 10.3%, grain quality - by 15.3%, and the weight of 1000 seeds by 21.3% compared to the control).

The obtained research results can be used in developing recommendations for the use of probiotic preparations and bischofite in the winter wheat protection system in the context of ensuring environmental and food security in the region and creating sustainable agroecosystems. The implementation of the planned measures complies with the principles of sustainable development and is part of them at the local level.

***Keywords:*** *microbiological processes, soil, sustainable development, plant protection, winter wheat, probiotic preparations, bischofite, agroecosystems.*

**СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА, В ЯКИХ ВИСВІТЛЕНО  
ОСНОВНІ НАУКОВІ РЕЗУЛЬТАТИ ДИСЕРТАЦІЇ**

*Публікації у закордонних наукових виданнях які внесені до  
міжнародних наукометричних баз Scopus та Web of Science:*

1. Pysarenko P., Samojlik M., Taranenko A., Lavrinenko I., Shpyrna V. Efficiency of Probiotic Application for the Remediation of Contaminated Soils in Agrocenoses. *Ecological Engineering and Environmental Technology*. 2023. 24 (6). P. 94–99 <https://doi.org/10.12912/27197050/168085> (40 % авторства, проведення досліджень, отримання експериментальних даних, написання статті).

2. Pysarenko P., Samojlik M., Galytska M., Dychenko O., Shpyrna V., Lastovka V., Husinsky D., Zhylin O. Using of probiotics and associated formation water as a basic fertilizer. *Journal of Ecological Engineering*. 2025. 26 (5). P. 301–309 <https://doi.org/10.12911/22998993/201384> (40 % авторства, проведення досліджень, отримання експериментальних даних, написання статті).

3. Pysarenko P., Samojlik M., Taranenko A., Taranenko S., Mostoviak I., Berezovskyi A., Dychenko O., Shpyrna V., Zhylin O., Oliynyk A. Microbiological Evaluation of Biodegradation Processes of Solid Waste in Reclaimed Landfills. *Rocznik Ochrona Środowiska*. 2025. Volume 27. P. 354-360 <https://ros.edu.pl/index.php?id=1577&lang=en> (40 % авторства, проведення досліджень, отримання експериментальних даних, написання статті).

**Публікації в наукових фахових виданнях України:**

4. Pysarenko P. V., Samoilik M. S., Dychenko O. Yu., Lastovka V. P., Husynskyi D. V., Shpirna V. H. Estimation of resource-ecological safety in the region: methodical and methodological aspects. *Таврійський науковий вісник*. 2024. № 136. Частина 2. С. 322-326 <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.136.2.41> (35 % авторства, проведення досліджень, отримання експериментальних даних, узагальнення, написання статті).

5. Писаренко П. В., Самойлік М. С., Диченко О. Ю., Шпирна В. Г., Ластовка В. П., Гусинський Д. В. Використання супутньо-пластової води та бішофіту як екологічнобезпечного засобу захисту рослин в посівах пшениці озимої. *Таврійський науковий вісник*. 2025. № 141. Частина 2. С. 243-251 <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.141.2.32> (35 % авторства, проведення досліджень, отримання експериментальних даних, узагальнення, написання статті).

6. Писаренко П. В., Самойлік М. С., Диченко О. Ю., Ластовка В. П., Гусинський Д. В., Шпирна В. Г., Жилін О. С. Використання пластової мінералізованої води та бішофіту як некореневого підживлення на посівах сільськогосподарських культур. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 1. Том 28. С. 50-54 <https://doi.org/10.31210/spi2025.28.01.09> (40 % авторства, проведення досліджень, отримання експериментальних даних, узагальнення, написання статті).

7. Писаренко П. В., Самойлік М. С., Диченко О. Ю., Жилін О. С., Шпирна В. Г. Механізм дії пластової мінералізованої води на культурні рослини і бур'яни. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2025. Випуск 2 (47). <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-2.17> С. 124-131 (35 % авторства, проведення досліджень, отримання експериментальних даних, узагальнення, написання статті).

8. Писаренко П. В., Самойлік М. С., Тараненко А. О., Галицька М.А., Шпирна В. Г., Жилін О. С. Покращання якості органічних добрив за рахунок використання пробіотиків та бішофіту *Аграрні інновації*. 2025. Вип. 30. С. 128-134 <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.30.19> (40 % авторства, проведення досліджень, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання статті).

9. Писаренко П. В., Самойлік М. С., Диченко О. Ю., Шпирна В. Г., Жилін О. С., Грищенко О. С. Комплексне використання пробіотичних препаратів та бішофіту в агросистемах. *Подільський вісник: сільське*

господарство, техніка, економіка №3 (48), 2025. С. 79-85.  
<https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-3.10> (30 % авторства, проведення досліджень, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання статті).

### **Матеріали й тези доповідей на конференціях:**

10. Писаренко П. В., Шпирна В. Г., Олійник А. О., Жилін О. С. Оцінка еколого-економічної ефективності очистки техногенно забруднених агроценозів. *Ефективне функціонування екологічно-стабільних територій у контексті стратегії стійкого розвитку: агроекологічний, соціальний та економічний аспекти* : матеріали VI міжнар. наук.-практ. інтернет – конф., м. Полтава, 21 грудня 2022 р. Полтава, 2022. С. 52-55.

11. Писаренко П. В., Шпирна В.Г. Використання пробіотичних препаратів та бішофіту у біологізації системі захисту агрофітоценозу. *Екологічні проблеми навколишнього середовища та раціонального природокористування в контексті сталого розвитку* : матеріали V міжнар. наук.-практ. конф., м. Полтава, 25 травня 2023 р. Полтава, 2023. С. 12-17.

12. Писаренко П. В., Самойлік М. С., Жилін О. С., Шпирна В. Г. Відновлення якості поливної води в контексті сталого функціонування агроecosистем. *Ефективне функціонування екологічно-стабільних територій у контексті стратегії стійкого розвитку: агроекологічний, соціальний та економічний аспекти* : матеріали VII міжнар. наук.-практ. інтернет – конф., м. Полтава, 13 груд. 2023 р. Полтава, 2023. С. 103-108.

13. Писаренко П. В, Самойлік М. С., Шпирна В. Г. Використання біологічних методів захисту рослин в контексті формування сталих агроecosистем. *Екологічні проблеми навколишнього середовища та раціонального природокористування в контексті сталого розвитку* : матеріали VI міжнар. наук.-практ. конф., м. Полтава, 27 травня 2024 р. Полтава, 2024. С. 8-15.

14. Писаренко П. В., Самойлік М. С., Галицька М. А., Олійник А. О., Шпирна В.Г. Формування комплексної системи відновлення техногенно забруднених агроценозів на локальному рівні. *Ефективне функціонування екологічно-стабільних територій у контексті стратегії стійкого розвитку: агроекологічний, соціальний та економічний аспекти*. матеріали VIII міжнар. наук.-практ. конф., м. Полтава, 12 грудня 2024 року, Полтава, 2024. С. 87-92.

15. Писаренко П. В., Шпирна В. Г. Покращення фітосанітарного стану посівів пшениці озимої за допомогою бішофіту. *Екологічні проблеми навколишнього середовища та раціонального природокористування в контексті сталого розвитку*: матеріали VII міжнар. наук.-практ. конф., м. Полтава, 23 травня 2025 р. Полтава, 2025. С. 23-26.

16. Писаренко П. В., Самойлік М. С., Шпирна В. Г., Жилін О. С. Фітотоксична оцінка використання біологічних методів очистки ґрунтів сільськогосподарського призначення, забруднених внаслідок воєнних дій. *Екологія, природокористування та охорона навколишнього середовища: прикладні аспекти*: матер. VIII Всеукр. наук.-практ. заоч. конф., м. Київ, 17 травня 2025 р. Київ: МДУ, 2025. С. 124-127 (отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання тези).

17. Писаренко П. В., Самойлік М. С., Шпирна В. Г., Жилін О. С. Комплексне використання пробіотичних препаратів та бішофіту в агросистемах. *Achievements of Science and Applied Research: Collection of Scientific Papers with the Proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Conference*. May 19-21, 2025. Dublin, Ireland, 2025. С. 14-18.

18. Писаренко П. В., Самойлік М. С., Жилін О. С., Шпирна В.Г. Використання бішофіту в посівах пшениці озимої. *Science and Information Technologies in the Modern World: Collection of Scientific Papers with Proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Conference*. May 21-23, 2025. Athens, Greece. С. 40-43.

**Наукові праці, які додатково відображають наукові результати  
дисертації:  
Монографії**

19. Писаренко П. В., Самойлік М. С., Жилін О. С., Шпирна В. Г. Теоретико-методологічні засади сталого функціонування агроєкосистем в контексті продовольчої та екологічної безпеки України : монографія. Полтава: ПДАУ, 2025. 388 с.

20. Писаренко П. В., Самойлік М. С., Шпирна В. Г., Жилін О. С. Наукові засади відновлення техногенно порушених земель сільськогосподарського призначення в умовах воєнних дій в Україні: монографія. Полтава: ПДАУ, 2025. 312 с.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП .....</b>	<b>20</b>
<b>РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ВИКОРИСТАННЯ ПРОБІОТИЧНИХ ПРЕПАРАТІВ ТА ПРИРОДНИХ МІНЕРАЛІВ І РОЗСОЛІВ В СИСТЕМІ ЗАХИСТУ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ .....</b>	<b>26</b>
1.1 Основні чинники формування сталих агроєкосистем .....	26
1.2 Використання біологічних методів захисту рослин в контексті формування сталих агроєкосистем.....	37
1.3 Використання пробіотичних препаратів та бішофіту на посівах сільськогосподарських культур.....	51
Висновки до розділу 1.....	61
Публікації до розділу 1.....	62
<b>РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТ, ПРЕДМЕТ І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ.....</b>	<b>63</b>
2.1 Ґрунтово-кліматичні умови району дослідження.....	63
2.1.1. Ґрунтові умови.....	63
2.1.2 Природно-кліматичні умови.....	71
2.2 Об'єкт дослідження.....	79
2.3 Агробіологічні особливості вирощування пшениці озимої.....	84
2.4 Методика проведення досліджень.....	93
Висновки до розділу 2.....	100
Публікації до розділу 2.....	100
<b>РОЗДІЛ 3. АГРОЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ДІЇ БІШОФІТУ НА ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ТА БІОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ҐРУНТУ .....</b>	<b>101</b>
3.1 Механізм дії бішофіту на культурні рослини і бур'яни.....	101
3.2 Вплив бішофіту на мікробіологічну активність ґрунту.....	108
3.3 Вплив бішофіту на фізико-хімічні властивості ґрунту.....	124
Висновки до розділу 3.....	129
Публікації до розділу 3.....	132

<b>РОЗДІЛ 4. ВИКОРИСТАННЯ ПРОБІОТИЧНИХ ПРЕПАРАТІВ ТА БІШОФІТУ У БІОЛОГІЗАЦІЇ СИСТЕМІ ЗАХИСТУ АГРОФІТОЦЕНОЗУ.....</b>	<b>133</b>
4.1 Визначення властивостей комплексного використання пробіотичних препаратів та бішофіту у боротьбі з фітопатогенам.....	133
4.2 Вплив пробіотиків та бішофіту на посівні якості пшениці озимої .....	141
4.3 Використання бішофіту в посівах пшениці озимої .....	149
4.4 Комплексне використання пробіотичних препаратів та бішофіту в агросистемах .....	158
Висновки до розділу 4.....	162
Публікації до розділу 4.....	164
<b>РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ПРОБІОТИЧНИХ ПРЕПАРАТІВ ТА БІШОФІТУУ БІОЛОГІЗАЦІЇ СИСТЕМІ ЗАХИСТУ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ.....</b>	<b>165</b>
Висновки до розділу 5.....	174
Публікації до розділу 5.....	174
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>175</b>
<b>РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ.....</b>	<b>180</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>181</b>
<b>ДОДАТКИ.....</b>	<b>216</b>

## ВСТУП

**Актуальність теми дослідження.** Сьогоднішні методи інтенсивного землеробства спираються на надмірне внесення синтетичних добрив та отрутохімікатів. Це призводить до накопичення в рослинах, ґрунті шкідливих, у тому числі канцерогенних, речовин, здійснює негативний вплив на біологічну активність ґрунту, змінюючи його мікробний ценоз, погіршує якість продукції та в кінцевому підсумку представляє собою загрозу для продовольчої та екологічної безпеки суспільства, порушує стале функціонування агроecosystem.

За сучасних умов енергетичної та екологічної кризи пошук нових речовин, що забезпечували б формування мікробного ценозу з багатим складом агрономічно цінних груп мікроорганізмів, оптимальний рівень гуміфікації і збільшення органічної речовини в ґрунті, надасть можливість обґрунтувати інноваційні екологічнобезпечні види захисту рослин в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах.

Питання екологізації сільськогосподарського виробництва детально висвітлені в численних публікаціях. Значну увагу вивченню цієї тематики приділяли відомі вітчизняні фахівці, серед яких: С. Балюк, В. Будзяк, Я. Гадзало, В. Гамаюнова, А. Калініченко, М. Кобець, Н. Макаренко, В. Писаренко, П. Писаренко, О. Тараріко, А. Третьак, О. Фурдичко та колеги. Однак питання формування стабільних агроecosystem, зокрема використання саморегулюючого механізму екосистеми у системі захисту рослин, залишаються актуальними для наукового пошуку.

Питання використання пробіотиків у системі захисту рослин є інноваційним та потребує подальшого дослідження. Враховуючи перспективність попередніх досліджень щодо використання бішофіту у системі захисту рослин, який в той же час є джерелом макро- і мікроелементів та може виступати як середовище живлення для корисних мікроорганізмів, варто поглибити науковий пошук інноваційних

екологобезпечних засобів захисту рослин, зокрема щодо синергічної дії пробіотиків та бішофіту у системі захисту рослин.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.**

Дослідження за темою дисертаційної роботи виконані відповідно до державних науково-технічних програм: «Система зменшення техногенного навантаження на території і на населення регіонів України, 0119U002817», номер державної реєстрації 0119U002817 (2019-2025 рр.); «Теоретичне і експериментальне обґрунтування системи відновлення техногенно забруднених територій», номер державної реєстрації 0119U002816 (2019-2025 рр.); «Оцінка якісного стану ґрунту під посівами енергетичних культур в умовах Полтавської області», номер державної реєстрації 0116U007734 (2017 -2024 р.).

**Мета й основні завдання наукового дослідження.** Мета дослідження полягала в теоретичному обґрунтуванні і розробці науково-методичних засад використання пробіотичних препаратів та бішофіту у біологізації системи захисту пшениці озимої як основи сталого функціонування агроєкосистем. Досягнення мети дослідження зумовило необхідність вивчення і розв'язання таких основних завдань:

- визначити ключові вектори екологічної стабілізації агроценозів, що базуються на стимулюванні внутрішніх адаптаційних ресурсів при суттєвому скороченні техногенного тиску на довкілля;
- встановити механізм дії бішофіту на культурні рослини і бур'яни;
- дослідити мікробіологічні процеси які відбуваються у ґрунті при внесенні бішофіту різними нормами внесення, провести аналіз коефіцієнтів мінералізації–імобілізації, оліготрофності та педотрофності;
- проаналізувати залежність фізико-хімічного стану та структурних особливостей ґрунту від концентрації внесеного бішофіту;
- проаналізувати здатність пробіотиків та їхніх комбінацій із бішофітом пригнічувати розвиток фітопатогенної мікрофлори;

- визначити перспективність застосування та встановити оптимальні концентрації суміші пробіотичних препаратів та бішофіту для протруювання насіння пшениці озимої;
- дослідити можливість застосування бішофіту при різних нормах внесення як гербіциду на посівах пшениці озимої по всходах;
- визначити вплив застосування бішофіту при різних нормах внесення на фітосанітарний стан посівів пшениці озимої;
- сформувати комплексну систему захисту пшениці озимої на основі використання пробіотиків та бішофіту;
- оцінити економічну ефективність використання пробіотично-бішофітних сумішей у систему захисту пшениці озимої в контексті сталого функціонування агроecosystem.

*Предметом дослідження є механізм дії пробіотичних препаратів та бішофіту на трансформацію мікробного ценозу й структурно-хімічний стан ґрунту.*

*Об'єктом дослідження є бішофіт та пробіотичні препарати.*

*Методи дослідження.* Методологічна база роботи ґрунтується на поєднанні фундаментальних наукових підходів (діалектичного пізнання, аналітичного розчленування та синтезу даних, висування гіпотез) із вузькопрофільними прийомами: експериментально-польовий - дозволив відстежити трансформацію агрофізичного та хімічного стану ґрунту під дією бішофіту, а також оцінити динаміку врожайності; візуальний - застосовувався для моніторингу етапів онтогенезу та загального стану рослин; комплексний лабораторний - поєднав інструментальні, біохімічні та мікробіологічні методи для верифікації якісних параметрів досліджуваних зразків; математико-статистичний - через кореляційно-регресійний та дисперсійний аналізи підтверджено вірогідність отриманих цифр та виявлено закономірності між діючими факторами; економіко-аналітичний -

використаний для обґрунтування фінансової доцільності запропонованих рішень шляхом порівняння витрат та отриманого ефекту.

**Наукова новизна отриманих результатів** полягає у такому:

*вперше:*

- визначено, що інтеграція пробіотиків та бішофіту в технологію захисту пшениці озимої забезпечує гармонізацію мікробіологічного складу ґрунту та зміцнює екологічну стійкість агроценозів;

*удосконалено:*

- отримання інноваційного протруювача насіння пшениці озимої з метою покращення фітосанітарного стану посівів на основі використання бішофітно-пробіотичної суміші;

- комплексну стратегію біозахисту пшениці озимої, що базується на синергічній взаємодії мінералу бішофіту та пробіотиків;

*дістало подальшого розвитку:*

- механізм дії бішофіту на мікробний ценоз та хіміко-фізичні властивості ґрунту;

- механізм трансформації метаболічних процесів у культурних культурах та бур'янах під впливом бішофіту.

**Практичне значення одержаних результатів** дослідження полягає у розробленні науково-прикладних положень біологічної системи захисту пшениці озимої, що базується на синергії пробіотичних культур та бішофіту. Основні положення дисертаційного дослідження доведено до рівня методичних розробок та практичних рекомендацій щодо біологізації системи захисту пшениці озимої, реалізація яких створює основу забезпечення екологічної та продовольчої безпеки, сталого функціонування агроєкосистем в контексті біосферної парадигми суспільного розвитку України. Рентабельність запропонованої технології протягом 2022-2024 рр. у середньому склала 117,5%, що на 65% більше у порівнянні з стандартною технологією хімічного захисту рослин. При цьому важливим економічним

фактором використання запропонованої технології біологічного захисту пшениці озимої є те, що підвищується не тільки урожайність зерна озимої пшениці але і його якість.

Рекомендації щодо використання суміші пробіотичних препаратів та бішофіту у якості комплексної системи захисту пшениці озимої використані у роботі СФГ «СТЕРХ». Методику протруювання насіння пшениці озимої на основі використання суміші пробіотичних препаратів та бішофіту використано у роботі СФГ «СКІФ».

Результати досліджень використовуються у процесі підготовки здобувачів вищої освіти за спеціальністю 201 Агрономія в Полтавському державному аграрному університеті, зокрема в процесі вивчення дисциплін: «Оцінка наслідків господарської діяльності на агроєкосистемах», «Менеджмент забруднених територій» для другого (магістерського) рівня вищої освіти ОПП «Еколого-економічне рослинництво» за спеціальністю Н1 Агрономія; «Екологічно стабільні агроєкосистемах», «Біо- та фіторе mediaція ґрунтів» для другого (магістерського) рівня вищої освіти ОПП «Агроєкологія» за спеціальністю Е2 Екологія; «Агроєкологія» для першого (бакалаврського) рівня вищої освіти ступеня Бакалавр ОПП «Екологія» за спеціальністю Е2 Екологія.

**Особистий внесок здобувача.** Дисертаційна робота виконана автором безпосередньо і самостійно. Здобувачем особисто заплановано програму досліджень, визначено мету та завдання, проаналізовано літературні джерела за обраною дисертаційною тематикою, згідно з науковими методиками та рекомендаціями проведено польові та лабораторні дослідження, узагальнено експериментальний матеріал, здійснено математично-статистичний аналіз отриманих даних, що дало можливість сформулювати наукові положення, висновки та рекомендації виробництву. За результатами отриманих результатів, підготовлено та опубліковано наукові статті, здійснена апробація досліджень. Дисертаційна робота виконана автором безпосередньо і

самостійно. Теоретична частина роботи підготовлена здобувачем із використанням найсучасніших літературних джерел. На основі теоретичного підходу спланована програма досліджень, визначені її головні напрями, розроблено схеми дослідів, визначено й обґрунтовано перелік спостережень та обліків, проведені лабораторні дослідження, статистична обробка результатів експериментів та власноруч зроблена їхня інтерпретація. Наукові положення та висновки за результатами досліджень сформульовані особисто автором.

**Апробація результатів дослідження.** Основні положення та результати дисертації пройшли апробацію на 9-х міжнародних та всеукраїнських наукових та науково-практичних конференціях: «Ефективне функціонування екологічно-стабільних територій у контексті стратегії стійкого розвитку: агроекологічний, соціальний та економічний аспекти» (м. Полтава, 2022 р., 2023 р., 2024 р., 2025 р.), «Екологічні проблеми навколишнього середовища та раціонального природокористування в контексті сталого розвитку» (м. Полтава, 2022 р., 2023 р., 2024 р., 25025 р.), «Екологія, природокористування та охорона навколишнього середовища: прикладні аспекти» (Київ, 2025 р.), «Achievements of Science and Applied Research» (м. Дублін, Ірландія, 2025 р.), «Science and Information Technologies in the Modern World» (м. Афіни, Греція, 2025 р.).

**Публікації.** За результатами дисертаційних досліджень опубліковано 20 наукових праць, серед яких 2 монографії у співавторстві, 6 статей у наукових фахових виданнях, 3 статті у виданнях, що індексуються наукометричною базою Scopus, 9 матеріалах і тезах конференцій.

**Обсяг та структура роботи.** Дисертація у вигляді рукопису викладена на 180 сторінках основного тексту, містить анотацію, вступ, 5 розділів, висновки, 36 таблиць експериментального матеріалу, 25 рисунків, список використаної літератури, що включає 319 джерел. У додатках подано таблиці й розрахунки, які не ввійшли в основний текст дисертації.

## **РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ВИКОРИСТАННЯ ПРОБІОТИЧНИХ ПРЕПАРАТІВ ТА ПРИРОДНИХ МІНЕРАЛІВ І РОЗСОЛІВ В СИСТЕМІ ЗАХИСТУ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ**

### **1. Основні чинники формування сталих агроecosистем**

Сучасний етап розвитку суспільства характеризується суперечністю двох взаємопов'язаних процесів – економічного зростання та обмеженості асиміляційних властивостей біосфери, вичерпності природних ресурсів, що передбачає врахування екологічних обмежень в процесі антропогенного впливу на природу і трансформацію суспільного виробництва в напрямку екологізації і соціального прогресу. Можна констатувати, що попередній концептуальний базис економіки і суспільства вичерпав себе, а використання традиційних методів досягнення цілей неприйнятне у вирішенні нових задач збереження довкілля, що потребує зміни парадигми суспільного розвитку на екологоорієнтовану, результатом чого має стати гармонійний, екологічно безпечний поступовий соціально-економічний розвиток та збереження якості довкілля і природних ресурсів.

даних умовах ключового значення набуває ноосферний підхід, який розглядає соціум та довкілля як нерозривне ціле, а не як набір ізольованих компонентів. Така модель передбачає вибудовування гармонійної взаємодії всередині системи через свідоме регулювання процесів. Це потребує зміни парадигми природокористування, зокрема методів управління у сільському господарстві у напрямку збалансованого розвитку [1].

Сучасний стан аграрного сектору характеризується посиленням дестабілізації та частими протиріччями всередині самої галузі. Така ситуація спричинена суспільними змінами, що провокують хаотичність та втрату контролю, ігноруючи фундаментальні засади системного аналізу. Зокрема, поза увагою залишаються: єдність структури, де кожен компонент має унікальні риси, але працює на спільний результат; специфіка взаємозв'язків та ймовірні сценарії трансформації системи; ефект синергії, за якого загальна

якість системи перевищує просту сукупність її частин; ступінь адаптації до зовнішнього середовища [2].

Актуальні наукові праці підтверджують, що суспільство поступово приходить до розуміння себе як невід'ємного та визначального складника біосферних процесів. По суті, людська природа є біологічно детермінованою, що робить нас прямо залежними від стану екосистем. Тому подальше існування цивілізації можливе лише за умови свідомого самообмеження та переходу до ролі конструктора, а не руйнівника природного балансу [3]. Таким чином, конфлікт між потребою у забезпеченні продовольством та необхідністю збереження цілісності екосистем стає ключовим викликом для сільськогосподарської галузі. Розв'язання цієї суперечності ставатиме дедалі пріоритетнішим завданням, що вимагає від аграрної науки пошуку компромісних та інноваційних рішень..

Внаслідок інтенсивного землеробства значні масиви українських чорноземів зазнали деградації. Це стало наслідком агресивного впливу агрохімікатів, пестицидного навантаження та загального техногенного тиску на довкілля. На Сьогодні, на тлі глибокої нестабільності, питання біологізації агротехнологій та збереження життєздатних екосистем стає критичним. Ситуація додатково ускладнюється руйнівними наслідками військової агресії, що спричинили нові екологічні та ресурсні виклики. Тому першочерговим завданням галузі є створення таких моделей господарювання, які б гарантували харчову незалежність держави через відновлення природного потенціалу земель.

Агроекосистема представляє собою антропогенну систему, в якій на відміну від природної екосистеми кругообіг речовини і енергії відбувається при обов'язковій участі людини. Водночас природні механізми, що протікають у ґрунтовому середовищі та рослинних угрупованнях, відіграють не менш вагому роль у життєздатності системи, ніж техногенні чинники (агротехнічні заходи, зрошення чи живлення). Згідно з поглядами провідних

дослідників [4-11], фундаментом раціонального господарювання має бути глибоке розуміння біотичних зв'язків між флорою, фауною та мікросвітом, а також їхньої реакції на зовнішні екологічні виклики.

Застосування пестицидів і гербіцидів зумовлене дестабілізацією екосистем та переходом до монокультур, які є надто вразливими до патогенів і шкідливих рослин. Проте хімізація сільського господарства провокує негативні наслідки, погіршуючи якість ґрунтового покриву та забруднюючи прилеглі водойми. При інтенсивному веденні сільського господарства навіть незначні порушення технології призводять або до великих непродуктивних витрат внесених у ґрунт хімічних меліорантів, або до недобору урожаю та до зниження його якості [12].

Усвідомлення екологічних наслідків сприяло виникненню альтернативних форм землеробства, одним з яких є органічне землеробство. Згідно з концепцією International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM) такий тип агровиробництва орієнтований на збереження здоров'я біосфери та добробуту людей. Його фундаментом є природні цикли та біологічне розмаїття, адаптовані до конкретних територій, що виключає застосування токсичних компонентів. Органічне землеробство гармонійно поєднує народний досвід, сучасні наукові розробки та інновації, спрямовуючи їх на оздоровлення екосистем, формування етичних взаємовідносин та підвищення якості життя всіх учасників процесу [13, 14].

Питання екологізації аграрного сектору перебувають у центрі уваги багатьох дослідників. Значний теоретичний та практичний внесок у розробку цієї тематики зробили такі вчені, як В. Писаренко, С. Антоненко [15], М. Кобець [16], А. Третяк [17], С. Балюк [8-19], В. Будзяк, F. Thomas [21], Є. Милованов [22], Н. Макаренко [23], В. Гудзь [24], В. Гамаюнова [25], В. Таргоня [26] та інші.

Зокрема екологічні проблеми використання земель у сільському господарстві України досліджували Третяк А. М., Будзяк О. С., Писаренко В.

М. [17; 27-28]; екологічний стан агроландшафтів - Дєдов О. В., Дмитренко В. Л., Корніцька О. І, Писаренко П. В., Фесенко А. М, Таргоня В. С. [29-34]; питання удосконалення структури, оптимізації, екологізації та ефективності використання сільськогосподарських земель - Саблук П. Т., Ходаківська О.В., Тараріко О. Г., Вороненко В. І., Тарасова В. В., Petry R., Abrahams P.W [35-41] та ін. Попри ґрунтовність наявних напрацювань питання формування стабільних екосистем залишаються для наукового пошуку.

Аналізуючи засади створення стабільних агросистем, науковці [2; 42] наголошують на важливості ландшафтно-екологічного підходу. Дана концепція передбачає виконання таких етапів:

- діагностика природних явищ і ретельний аудит наявного ресурсного потенціалу територій;
- типологізація екосистем залежно від варіантів їх господарської експлуатації;
- прогностичне моделювання трансформацій у довкіллі, спричинених антропогенним втручанням;
- проектування механізмів свідомого коригування змін у природних комплексах.

Згідно з концепцією С. П. Сонька [42], агроекосистема виступає антропогенно створеним середовищем для самозабезпечення людства продовольством. Вона зберігає базову структуру з продуцентами, консументами та редуцентами, проте має суттєву відмінність: якщо у дикій природі колообіг енергії локалізований, то в агроценозах значний обсяг біомаси вилучається та транспортується далеко за межі місця вирощування.

При цьому ґрунтовий покрив розглядається як ключовий екологічний результат життєдіяльності людини як виду, будучи продуктом взаємодії всіх біотичних компонентів системи [43]. Процес трансформації природного середовища в аграрне починається саме з просторового впорядкування

територій (рис. 1.1), де специфіка землевпорядкування фактично окреслює фізичні межі функціонування агроєкосистем.

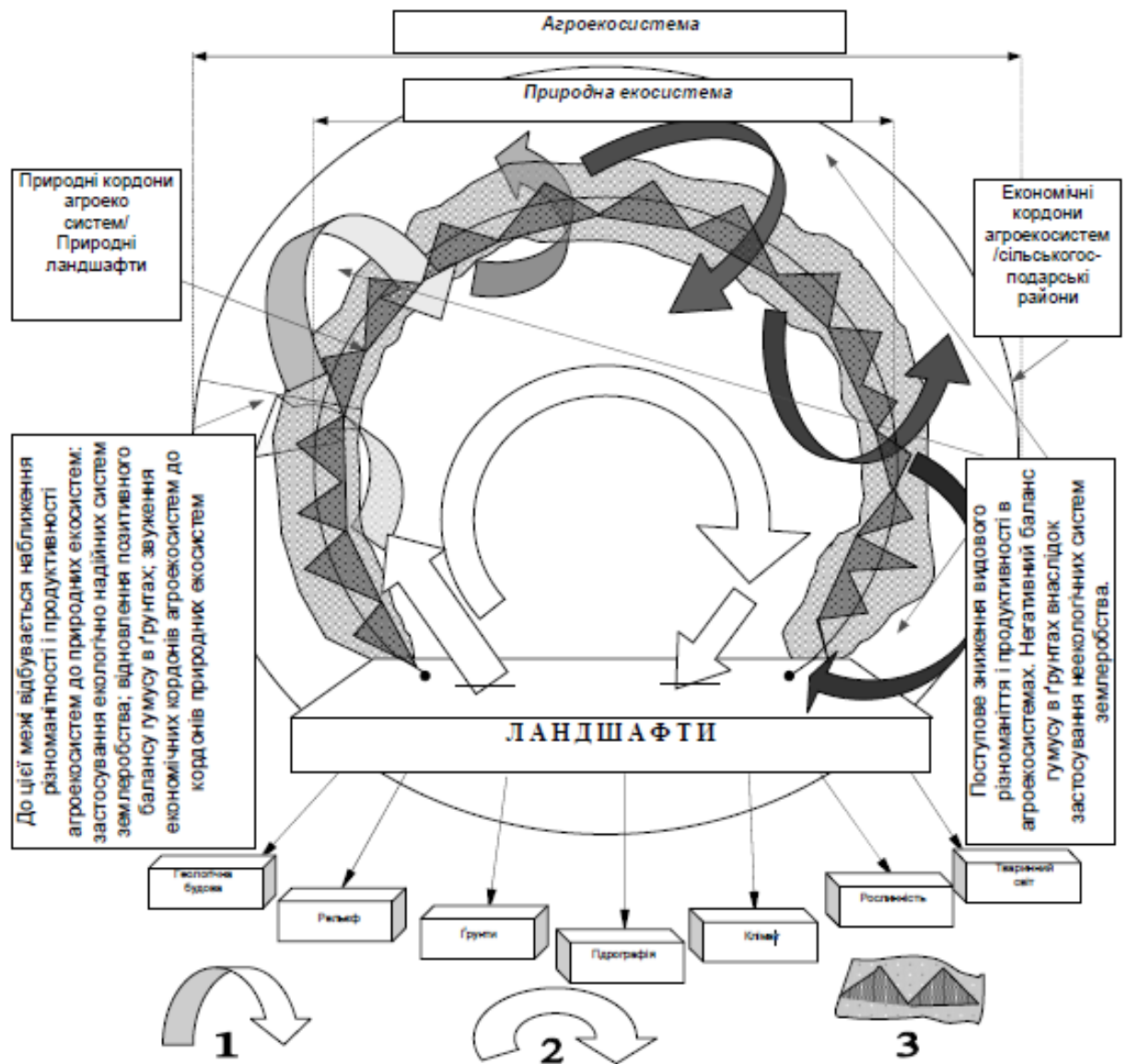


Рис. 1.1 - Динаміка формування агроєкосистем [43]

Умовні позначення: 1 – потоки речовини та енергії, що формуються в агроєкосистемах; 2 – потоки речовини та енергії, що формуються в природних екосистемах; 3 – зона рухомого кордону агроєкосистеми

Ряд дослідників наголошує, що агросистеми успадковують властивості своїх природних прототипів, зокрема: цілісність та здатність до внутрішньої

саморегуляції; резистентність (стійкість) до зовнішнього тиску; адаптивну еластичність та інерційність процесів [44].

Вперше загальні екологічні становища раціонального використання землі сформулював В.В.Докучаєв [45]. При системному веденні землеробства необхідно виходити з того, що продуктивний ландшафт повинен складатися не менш ніж на третину з природних біоценозів, що є критерієм його порогової стійкості. При збільшенні відсоткового співвідношення природних угруповань до штучних стан ландшафту буде більш екологічно стабільним.

При конструюванні агроландшафтів з урахуванням екологічних вимог можливі різноманітні комбінації, що дозволяють найповніше використовувати ресурси флори, фауни та педосферу. Ряд науковців [46-47] виділяють п'ять блоків чинників, кожен з яких буде нести інформацію про елементи, що входять до неї.

Початковий сегмент присвячено природно-кліматичним чинникам. Він базується на принципах обмеження довкіллям, що визначають особливості місцевого тваринного світу та харчові ланцюги. Наступна частина описує природну екосистему. Тут розглядаються внутрішні процеси в ландшафті, що функціонують через механізми прямої та реверсної взаємодії.

Третій і четвертий розділи аналізують людське втручання через призму екологічних стандартів. Головне завдання тут — визначити межі експлуатації середовища. Така аграрна модель не є ідентичною природній, оскільки її формування відбувається під впливом штучних факторів.

Фінальний, п'ятий елемент, пропонує сценарії моделювання агроландшафтів, спираючись на існуючі особливості місцевого рельєфу. Вибір конкретних етапів чи їх комбінація залежить від витривалості природи та інтенсивності людської діяльності. Такий підхід дає змогу дбати про екологію, зберігаючи при цьому частину угідь для регулярного сільськогосподарського обробітку.

Як зазначають більшість вітчизняних та зарубіжних науковців [1; 48-50], стабільність аграрних комплексів визначається їхньою здатністю зберігати ключові показники та внутрішню будову протягом тривалого часу, не втрачаючи при цьому базових функцій. Оскільки така система є антропогенно зміненою частиною природи, її життєдіяльність напряду залежить від людського втручання. Для того, щоб підтримувати високу врожайність та не допускати екологічного дисбалансу, у процес залучають зовнішні ресурси: від енергетичних витрат до внесення засобів захисту та добрив. Це дозволяє штучно регулювати продуктивність угідь і мінімізувати шкоду для довкілля.

У той же час, як зазначає В.М. Писаренко [51] необхідною умовою стійкості є обмеження надходження поживних речовин в екосистему та збільшення кількості цих речовин, що утворюються безпосередньо в екосистемі. Продуктивність процесів синтезу та розкладання органічної речовини має набагато перевищувати зовнішнє надходження поживних речовин до екосистеми. Якщо ж сторонні ресурси забезпечують хоча б половину потреб живих організмів, природна замкненість кругообігу руйнується. Саме тому внутрішні процеси мають бути значно інтенсивнішими за приплив речовин іззовні. Це дає змогу природним угрупованням не лише ефективно протистояти змінам довкілля, а й домінувати над видами, що залежать від зовнішніх джерел. Таким чином, саме життєдіяльність біоти є визначальним фактором у підтримці сталої концентрації поживних елементів у середовищі.

Втрата балансу в екосистемі відбувається через деформацію її структури або вихід ключових показників за межі критичних значень. Якщо під час переходу між різними фазами рівноваги внутрішні механізми системи не руйнуються, це свідчить про її ресурсну гнучкість (пружність). Водночас спроможність природного комплексу самостійно відновитися після завершення зовнішнього тиску — чи то природного лиха, чи людської

діяльності — визначає його стабільність. Безсумнівно, що у ряді параметрів, відповідальних за стійкість і стабільність агроєкосистеми, першорядне значення має продуктивність агроценозів, падіння якої з різних причин нижче за заданий рівень свідчить про перехід агроєкосистеми в нестійку область [52].

Таким чином, ґрунтуючись на принципі Ле Шательє [53], можна констатувати, що агроєкосистема здатна компенсувати зовнішній вплив, якщо він не перевищує певної величини й обмежений у часі, тобто система здатна повернутись у нормальне положення при введенні природоохоронних та природовідновлювальних заходів. Згідно з концепцією екологічної безпеки, життєздатність будь-якої структури залежить від того, наскільки далеко її поточні показники знаходяться від критичної межі стійкості.

Межі витривалості, у яких функціонують природні та аграрні комплекси, зумовлені їхньою спроможністю нівелювати зовнішній тиск (рис. 1.2). Найвищий рівень життєздатності системи спостерігається у точці екстремуму на графіку виживання. Будь-яке відхилення від цього оптимального стану змушує систему витратити значно більше ресурсів та енергії на власне відновлення, що призводить до зниження її загального благополуччя. Діапазон, у якому ці коливання є прийнятними, окреслює зону штатної роботи екосистеми. Якщо ж вона виходить за межі балансу, її стан оцінюють через баланс енергообміну та руху речовин. Фактично, це різниця між обсягом накопиченої органіки та тією часткою енергії, яка йде на підтримання життєвих процесів. Математично таку модель добробуту середовища можна описати наступним чином [54].

$$\Phi(t)dt = K(dE - dP), \quad (1.1)$$

де  $\Phi(t)$  - функція благополуччя екосистеми;  $K$  - нормувальний коефіцієнт, який відображає біоінтервал фактору  $X$ ;  $E$  - енергія, утилізована системою;  $P$  - енергія, яка витрачена на підтримку рівня життєдіяльності протягом часу  $t$ .

При  $\Phi(t) = 0$ , стан системи виходить за межі нормального функціонування і починаються структурні порушення.

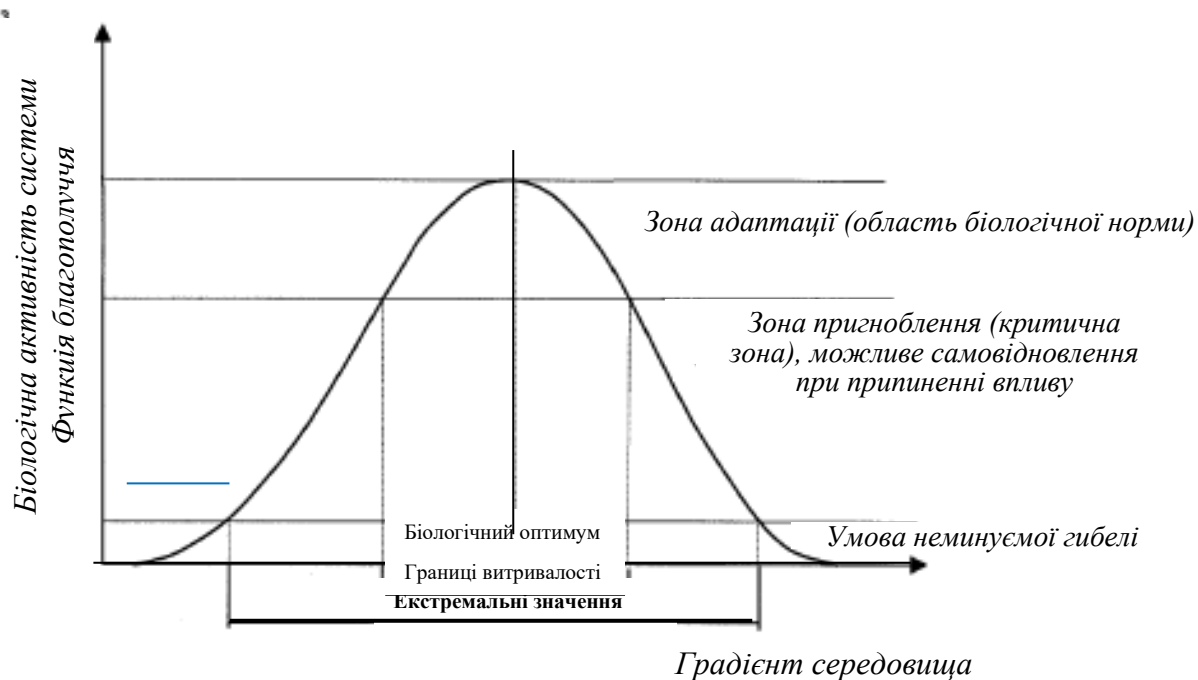


Рис. 1.2 -Залежність активності екосистеми від дії факторів середовища (складено з використанням [53-55])

Ключовим фактором створення стабільних аграрних комплексів, що перебувають у межах адаптації, є здатність прогнозувати потенційні загрози, а не просто реагувати на їхні наслідки. Для цього необхідно максимально залучати сприятливі фактори довкілля, підвищуючи їхню роль у створенні біомаси та активуючи внутрішні ресурси ландшафту. Екологізація землеробства передбачає роботу за природними алгоритмами: мінімізацію або повну відмову від хімічних засобів на користь дотримання законів біологічного оптимуму. Такий підхід гарантує, що культури отримають ідеальні умови для розвитку, що зрештою забезпечить високу врожайність та отримання екологічно безпечної продукції [56].

Наприклад, у Сполучених Штатах активно впроваджують органічний підхід, що повністю виключає використання штучних стимуляторів росту, пестицидів чи синтетичних доменів на всіх етапах — від вирощування до

переробки. Французька біологічна модель також накладає вето на хімікати (особливо розчинні), роблячи ставку на свіжу органіку, насичені бобовими сівозміни та використання сидератів для природного збагачення ґрунту азотом. У Швейцарії ж розвивають органо-біологічний напрям, де головний пріоритет — це «жива земля», стан якої підтримують через стимуляцію корисної мікрофлори. Таким чином, усі перераховані альтернативні системи землеробства мають загальний підхід - скорочення або повна відмова від застосування мінеральних синтетичних добрив і пестицидів; перехід на елементи живлення рослинного походження; одержання екологічно безпечної продукції рослинництва. З викладеного випливає, що основною перспективою розвитку землеробства є його екологізація з метою одержання екологічно безпечної продукції рослинництва, збереження здоров'я людини [51].

На сьогодні Україна є європейським лідером в напрямку розвитку органічного землеробства, про що свідчить динаміка зростання органічних сільськогосподарських угідь та об'ємів експорту продукції органічного статусу (рис. 1.3). Станом на 2022 рік у країні офіційно працювало 528 профільних господарств, які обробляли понад 422 тисячі гектарів землі [57]. Особливе місце в цій галузі належить Полтавщині, яка має колосальні можливості для екологізації агросектору. Наукові розробки місцевих дослідників отримали практичне підтвердження на базі відомих підприємств регіону, таких як приватне підприємство «Агроекологія» [58-60], групі компаній «Арніка» [61]. Їхній досвід доводить ефективність переходу на безхімічне виробництво в масштабах великих господарств.



Рис. 1.3 – Органічна карта України станом на 2022 р. [57]

Тобто, на даний час у сільськогосподарському господарстві актуалізується трьохстороння задача, яка включає екологічну сторону – відновлення ґрунту та забезпечення екологічної безпеки в сучасних умовах, економічну – отримання сільськогосподарської продукції необхідної кількості та якості при обмежених фінансових можливостях аграріїв, соціальної – забезпечення продовольчої безпеки за рахунок якісної сільськогосподарської продукції необхідної кількості. Фундаментальна ідея біологічного землеробства полягає у створенні таких аграрних структур, які за своєю життєздатністю наближаються до природних екосистем. Це досягається через активацію внутрішніх механізмів саморегуляції та зменшення техногенного тиску. Пріоритетом стає посилення ролі природних

факторів у створенні біомаси та використання адаптивного потенціалу ландшафтів.

Таким чином виникає необхідність у пошуку нових методів та технологій в аграрному виробництві, основаних на природніх екологічнобезпечних методах відтворення родючості ґрунту, захисту рослин з метою забезпечення сталого функціонування агроєкосистем, екологічної та продовольчої безпеки на території України в сучасних умовах.

## **1.2 Використання біологічних методів захисту рослин в контексті формування сталих агроєкосистем**

За статистикою ФАО, світові збитки в аграрному секторі через хвороби та шкідників щороку сягають близько 75 мільярдів доларів, що становить майже 35% потенційного врожаю [62]. Поширенню шкідливих мікроорганізмів сприяє сучасна модель господарювання: однотипність посівів, занадто короткі сівозміни та надмірне антропогенне втручання. У хімічно захищеному ґрунті дана ситуація ще більше посилюється внаслідок створення найсприятливіших умов розвитку збудників захворювань рослин. Обмеженість простору, відсутність природних бар'єрів, що стримують розвиток фітопатогенів, сприяють збільшенню кількості генерацій та вищим втратам урожаю [63].

Для запобігання втратам врожаю від шкідливих організмів, хвороб та бур'янів постійно вдосконалюються стратегії захисту посівів. На практиці застосовують переважно три підходи: хімічний, біологічний та механічний. Хімічний метод захисту рослин найбільше широко використовується в даний час. Він базується на використанні хімічних засобів для попередження поширення шкідників та хвороб рослин, винищення комах-шкідників та бур'янів (протруювання насіння, внесення пестицидів у ґрунт при сівбі, ранньо-весняні та передсходові обробки інсектицидами, гербіцидами та ін.). Цей метод набув широкого розвитку, завдяки високій ефективності,

універсальності, швидкості та простоті застосування широкої гами препаратів.

Однак суттєві недоліки — висока вартість препаратів, їхня токсичність, накопичення шкідливих речовин у довкіллі та поява стійких до отрут шкідників — змушують аграріїв переходити до інтегрованих систем. Така модель передбачає поступову відмову від агресивних хімікатів на користь селективних засобів та біопрепаратів під суворим локальним контролем [64].

Механічний метод захисту рослин передбачає використання загороджувальних та ловчих канавок, ловчих поясів, різних пристосувань для вилову шкідників тощо. Хоча раніше ці прийоми були основою захисту, сьогодні їх використовують рідко. Головними причинами втрати актуальності стали низька продуктивність та занадто великі витрати ручної праці порівняно з сучасними альтернативами [64].

Біологічний метод захисту рослин ґрунтується на застосуванні організмів або продуктів їх життєдіяльності з метою обмеження чисельності шкідливих комах, кліщів, гризунів, патогенів та ін. Цей метод передбачає інтродукцію та акліматизацію ентомофагів в осередку шкідника, їх внутрішньоареальне розселення зі старого вогнища в нову сезонну колонізацію з розрахунком на подальше розмноження в новому осередку, створення умов для збереження, залучення та накопичення місцевих ентомофагів в агробіоценоз [65].

Перевагою біологічного підходу є його екологічність, безпека для працівників та висока результативність. Часто використання природних агентів обходиться дешевше, ніж закупівля агрохімікатів. Водночас існують і складні моменти: потреба в масовому розведенні корисних комах, специфіка їхнього зберігання та труднощі з автоматизацією випуску в поле через їхній короткий життєвий цикл.

Сучасна наукова спільнота схиляється до того, що найефективнішим є

інтегрований захист рослин. Це стратегічне поєднання різних методів у часі та просторі для контролю за бур'янами, інфекціями та шкідниками. Такий підхід базується на постійному фітосанітарному моніторингу, що дозволяє приймати зважені рішення про втручання, зберігаючи при цьому корисну фауну агроценозу. Досвід свідчить, що поодинокі акції не дають тривалого ефекту. Стабільно низького рівня загрози можна досягти лише через системне поєднання профілактики та винищувальних заходів, що зрештою дозволяє максимізувати врожайність [66-71]. Дослідниками встановлено, що використання окремих прийомів захисту рослин не може забезпечити довготривалого пригнічення чисельності шкідливих організмів [72-75]. Цього можна досягти лише за систематичного комплексного використання всіх профілактичних і винищувальних заходів, що є можливістю оптимізувати продуктивність культури.

Інтенсивне використання добрив, особливо азотних, та пестицидів значною мірою змінили видовий склад ризосфери, філосфери, ґрунтових мікробних ценозів. Найчастіше ці зміни посилюють виживання, прояв патогенних властивостей інфекційної мікрофлори [64; 65; 68; 71-76]. У той же час розвиток сучасного сільського господарства потребує інтенсифікації всіх його галузей і, насамперед, рослинництва. Проте це неможливо без організованого захисту рослин, без урахування фітопатологічної ситуації, яка в останні роки погіршується в усьому світі. Ця обставина обумовлює необхідність удосконалення методів захисту рослин, пошуку альтернативних шляхів боротьби зі шкідливими організмами, що сприяють зменшенню чисельності популяції та зниженню вірулентності патогенів.

Загалом аграрні ландшафти відрізняються малою насиченістю різними видами живих організмів. Тому агроєкосистеми і біогеохімічні потоки в таких ландшафтах нестійкі. Це проявляється в значних коливаннях урожайності, забрудненні і руйнуванні природних об'єктів, зниженні економічної ефективності продовольства. Видове збіднення агроландшафтів

приводить до розмноження шкідливих організмів. Тому біологічна різноманітність – необхідна умова стабільного функціонування агроecosистем і збереження необхідної якості довкілля та продуктів харчування для життя і здоров'я людства [73].

Властивості і режими орних ґрунтів на території Центрального лісостепу України в цілому уже зараз далекі від екологічного оптимуму і мають стійку тенденцію до подальшої деградації. Деградаційні процеси, спричинені помилками в агротехнологіях, значно загострилися через наслідки воєнних дій на території країни. Сьогодні ці руйнівні явища ризикують стати незворотними, що загрожує повним вилученням значних масивів родючих угідь із господарського обігу.

У даних умовах землеробство, враховуючи його сучасний екологічний стан, потребує глибокої агроecологічної реорганізації в наступних напрямках:

- раціоналізація техногенного тиску: науково обґрунтоване зниження інтенсивності людського втручання в роботу агросистем;
- гармонізація виробництва: забезпечення повної відповідності аграрних процесів принципам природної стабільності екосистем;
- біологізація захисту рослин: перехід на методи, які не спричиняють забруднення ґрунту й рослин та які не пригнічують нецільові шкідливі організми, а сприяють розвитку мікроценозу ґрунту та пригнічують тільки патогенні мікроорганізми;
- екологічне живлення: впровадження безпечних стратегій підживлення культур та регенерації родючого шару;
- інноваційна база: створення науково-технічного забезпечення і благоприємних умов для широкого розповсюдження екологізованих ґрунтозахисних і ресурсозберігаючих систем землеробства із стабільно високим виробництвом екологічно безпечної продукції.

Розглядаючи питання екології та агротехніки, В.М. Писаренко [77-78]

підкреслює, що екологічно безпечне землеробство може бути лише тоді, коли екологічність стане обов'язковою складовою технологій, а не яким-небудь окремим заходом. При цьому функціонування сучасних систем землеробства мають бути природозберігаючими та екологічно збалансованими, тобто не тільки не повинно входити в протиріччя з навколишнім природнім середовищем, але і не наносити їй збитку. Потрібно забезпечити стале відновлення і саморегуляцію відновлювальних біологічних ресурсів. У зв'язку з цим, в системі землеробства актуалізується загальний принцип сталого розвитку, що потреби екології мають пріоритет над вимогами економіки.

Дослідники [63; 64; 71; 74; 75; 79; 80] зазначають, що основою біологічного захисту є використання природних ворогів — антагоністів та паразитів — для регулювання чисельності шкідливих видів. У порівнянні з традиційними пестицидами, біопрепарати мають суттєві переваги: вони діють селективно, не зачіпаючи корисних комах-запилувачів, та не викликають швидкого звикання у шкідників. Крім того, такі засоби цілком безпечні для довкілля та людей, не накопичуються в урожаї та можуть застосовуватися на будь-якому етапі росту рослин завдяки мінімальному терміну очікування.

Хоча біологічні агенти іноді поступаються хімікатам у швидкості та інтенсивності дії, їхня екологічність зумовлює стабільне розширення площ обробки. Головним обмеженням методу залишається залежність від погоди: опади можуть змити робочий розчин, а надмірне сонячне випромінювання чи холод суттєво знижують життєздатність корисних мікроорганізмів [81; 82; 83].

Під час планування захисних заходів вкрай важливо застосовувати індивідуальний підхід, зважаючи на специфіку місцевого клімату та природні особливості. Ключовим правилом у протидії бур'янам, інфекціям та шкідникам залишається системність. Інтеграція різноманітних методів

дозволяє значно швидше та з меншими фінансовими вкладеннями стабілізувати фітосанітарний стан посівів. Такий комплексний шлях дає змогу мінімізувати або повністю виключити використання пестицидів, що є головним кроком до екологічно чистого та безпечного господарювання..

Використання природних ворогів шкідників — комах-хижаків (ентомофагів), кліщів (акарифагів), нематод, а також птахів і ссавців — становить основу біологічного захисту посівів. Окрім прямого залучення живих організмів, метод передбачає застосування біопрепаратів, створених на основі продуктів метаболізму мікроорганізмів [74; 84]. Дослідники наголошують на особливій актуальності цього підходу сьогодні, коли питання продовольчої безпеки та екологічного стану країни стоять надзвичайно гостро [76; 85; 86]. Головна відмінність такої стратегії від хімічної обробки полягає в її повній безпеці для людей та природи. Оскільки біометоди спираються на природні взаємозв'язки між видами, вони не порушують біологічну рівновагу та органічно вписуються в екосистему [87]. Вони не суперечать її нормальному круговороту та не розбалансують устояні екологічні зв'язки.

Дослідники виділяють кілька ключових стратегій у сфері біологічного захисту рослин [64; 88; 89 ]:

1. Раціональне використання зоофагів: максимальне залучення корисних видів, які вже існують у природному середовищі.
2. Інтродукція та посилення популяцій: штучне заселення агроценозів корисними організмами, якщо їхня природна кількість недостатня для стримування шкідників.
3. Гормональне регулювання: застосування ювеноїдів та інших активних речовин, що блокують нормальний розвиток і перетворення комах.
4. Феромонний моніторинг і дезорієнтація: використання статевих атрактантів для спотворення комунікації між особинами шкідників і запобігання їх розмноженню.

5. Використання антифідантів: застосування сполук, які відлякують комах або блокують їхнє бажання жититися конкретними культурними рослинами.

6. Мікробіологічний контроль: впровадження препаратів на основі вірусів, бактерій чи грибів для боротьби як із комахами-фітофагами, так і зі збудниками хвороб.

Окремим перспективним підходом є генетичний метод контролю чисельності популяцій. Він базується на штучній стерилізації шкідливих комах або впровадженні інших маніпуляцій, що дестабілізують їхню репродуктивну систему. Таке втручання призводить до поступового вимирання шкідників без застосування хімікатів.

Одним із засновників систем біозахисту став Ілля Мечников, який ще у 1880-х роках висунув ідею використання мікроорганізмів для регуляції чисельності комах. Його першим успішним дослідом було застосування спор грибів проти хлібного жука. Проте комерційний етап розпочався у Франції, де створили перший промисловий препарат на основі бацили тюрингської (*Bacillus thuringiensis*). На сьогодні цей мікроорганізм є основою для понад двадцяти видів захисних засобів [90]. Приблизно в цей же час біометод був успішно застосований у Каліфорнії. В 1872 р. у цей район США був випадково занесений австралійський жолобчастий червець, який став основним шкідником цитрусових культур. Для порятунку садів у 1889 році з Австралії завезли його природного ворога — хижого жука сонечко-родолію (*Rodolia cardinalis*). Результат був миттєвим: лише за кілька місяців популяція шкідника катастрофічно зменшилася. Цей успішний приклад згодом запозичили ще в пів сотні країн, де вирощують цитрусові [91].

До біологічного методу також зараховують контроль за розповсюдженням чужорідних видів, які на нових територіях починають неконтрольовано розмножуватися. Яскравим прикладом є Австралія, де для стримування експансії кактуса опунції успішно використали кактусову

вогнівку, а для боротьби з водною папороттю сальвінією залучили спеціальний вид довгоносиків. Не менш вражаючим є досвід 1920-х років у Європі. Поширення американської рибки гамбузії у водоймах Італії та Іспанії допомогло зупинити епідемії малярії, оскільки вона масово поїдала личинок малярійних комарів. Згодом цю практику перейняли на Гавайях, Близькому Сході та в Аргентині, а також у середньоазійських регіонах. За порятунку від смертельної хвороби та перетворення колишніх боліт на безпечні курортні зони вдячні громади навіть спорудили цій маленькій рибиці пам'ятник [92].

Використовуючи харчові принади, можна сконцентрувати комах у конкретних зонах, що значно спрощує їхню подальшу ліквідацію. Паралельно з цим використовують пастки з атрактантами та феромонами. Ця технологія базується на природній здатності комах до обміну сигналами через специфічні секрети статевих залоз. Такі пристрої мають різноманітну конструкцію і є незамінними як для відстеження динаміки популяції, так і для прямого знищення шкідників. Вони демонструють високу ефективність у боротьбі з попелицями, плодожерками, різними видами совок, листовійками та прихованохоботниками.

Використання ентомофагів (корисних комах-хижаків) дозволяє виявляти загрозу на ранніх етапах, суттєво зменшити кількість хімічних обробок та гарантувати екологічну чистоту продукції. Для підтримки їхньої чисельності необхідно:

- відмовитися від агресивних пестицидів, що знищують корисну фауну;
- різноманітнити сівозміну бобовими та пряно-ароматичними культурами, які приваблюють природних ворогів шкідників.

Еталоном у цій сфері є застосування трихограми. Цей мікроскопічний наїзник діє на випередження: він відкладає власні яйця безпосередньо у кладки шкідників. Його личинка, що вилуплюється всередині, з'їдає вміст

яйця господаря, ліквідуючи загрозу ще до появи гусениць [89].

Цей ентомофаг ефективно контролює понад шістдесят різновидів аграрних шкідників. До переліку його цілей входять різні типи совок (зокрема озима, капуста та бавовняна), білянки, яблунова плодожерка, кукурудзяний метелик, капуста міль, а також інші комахи, що пошкоджують листя садових культур. Умови та регламент застосування: сприятливе середовище - найкращий результат досягається при температурі повітря від 18 до 30 градусів та рівні вологості від 60% до 95%; періодичність - процедуру проводять у 2-3 етапи, стартують на самому початку появи яйцекладок, повторюють у піковий період розмноження шкідника, а за потреби проводять третій випуск за 5-10 діб після попереднього; техніка випуску роботи планують на ранок або вечір, обираючи теплу погоду без опадів та сильних поривів вітру [93].

Для збагачення місцевої екосистеми корисними видами рекомендується висаджувати по краях угідь парасолькові рослини (кріп, моркву, кмин, петрушку чи селеру). Такі посіви приваблюють природних захисників саду. Зокрема, сонечка ефективно очищують територію від білокрилок, рослиноїдних кліщів та попелиць.

Не менш дієвими є золотоочки: їхнє потомство надзвичайно прожерливе — лише за добу одна личинка здатна знищити до півтори сотні попелиць. Свої кладки вони зазвичай розміщують на звороті листя, безпосередньо біля колоній шкідників. Також для захисту овочів та квітів часто використовують амблісейуса. Цей хижий кліщ є незамінним у боротьбі з трипсами та павутинними кліщами, особливо на полуниці.

Деякі дослідники [72; 88; 89] зазначають, що застосування живих істот, їхніх метаболітів або штучних замінників для регулювання чисельності шкідників, бур'янів та грибкових інфекцій вважається найбільш практичним і технологічним підходом у сучасному біозахисті. Для протидії широкому колу хвороб на різних посівах уже розроблені засоби на базі грибів роду

*Trichoderma* та бактеріальних культур *Bacillus subtilis*. Згідно з висновками Жуйкова О.Г. [89], надзвичайно перспективним є створення мікогербіцидів — інноваційних препаратів, над якими спільно працюють науковці України, Італії та Ізраїлю. Ці засоби містять спори патогенних грибів, що діють вибірково: вони вражають лише конкретні бур'яни, зокрема амброзію полинолисту, не завдаючи шкоди іншим рослинам.

Одним із провідних підходів у сучасному біозахисті є вивчення та використання «фітотригерів». Ці хімічні маркери виділяються коренями сільгоспкультур і дають команду до проростання насінню рослин-паразитів, зокрема вовчка або стриги, що виснажують злакові посіви [89]. Метод працює на випередження: внесення у ґрунт навіть мікроскопічної дози таких речовин дезорієнтує бур'яни. Насіння сприймає сигнал як появу господаря, починає активно рости, але, не знайшовши живлення, швидко виснажується та гине. В українському органічному секторі вже напрацьовано позитивні кейси боротьби з цими паразитами за допомогою їхніх природних ворогів. Використання спеціалізованого грибка фузаріума та мушки фітомізи дозволяє ефективно контролювати популяцію бур'янів без хімічного втручання [93].

Таким чином, характерною рисою біологічного методу захисту культурних рослин від комплексу шкідливих організмів є спрямована дія кожного препарату або біологічного агенту, який вражає певний вид збудника захворювання, бур'яну або фітофага, хоча в останні роки в арсеналі агрономів-органіків з'явилися фунгіцидні мікробні препарати й раси ентомофагів, здатні контролювати чисельність популяцій одночасно декількох видів комах-шкідників і патогенів. Ряд науковців [87; 89; 90] наголошує, що біологічний метод не варто вважати виключно частиною органічного виробництва. Ці ефективні інструменти контролю чудово вписуються в інтегровані системи захисту будь-яких господарств. Водночас для органічного сектору впровадження біометодів є критично важливою

умовою, що гарантує стабільну роботу та екологічну рівновагу агроєкосистем у сучасних реаліях.

На фоні стрімкого розвитку ресурсозберігаючих технологій низка вітчизняних та іноземних науковців [90; 93; 94; 95; 96; 97] вважають вкрай перспективними такі підходи до біозахисту від бур'янів:

- екологічне пригнічення: використання культур із потужною конкурентною здатністю. Такі рослини, як жито, люпин, буркун або багаторічні трави, здатні самостійно «заглушати» небажану рослинність;

- створення полікультур: висівання сумішей різних сортів та видів рослин. Це дозволяє максимально щільно заповнити екологічні ніші, не залишаючи бур'янам вільного місця та ресурсів для росту.

Такі методи не лише очищують посіви, а й допомагають значно заощадити енергію та кошти, що зазвичай витрачаються на хімічну обробку.

Значення біозахисту в сучасному агровиробництві стрімко посилюється. Наприклад, у США цей підхід уже охоплює 8% усіх угідь, а в Китаї завдяки йому вдалося скоротити використання пестицидів на посівах бавовнику на вражаючі 90% [90]. В Україні роль таких методів також стає вагомішою. Для багатьох передових господарств випуск трихограми та передпосівна обробка насіннєвого матеріалу біопрепаратами вже стали невід'ємними й обов'язковими елементами технологічного циклу.

Для біологічної протидії фітопатогенам застосовують мікроби-антагоністи, антибіотичні речовини та гіперпаразити. Є кілька препаратів на основі гриба роду *Trichoderma*, розроблені різні форми препарату триходерміну. Один з них (триходермін-4) досліджують у боротьбі з хворобами рослин, що передаються через ґрунт: корневими гнилями зернових, огірків у закритому ґрунті, ризоктоніозом картоплі, вілтом бавовнику. Препарат ефективний при дражируванні насіння при нормі 1—2 кг/ц, обпудрюванні — 0,5-1 кг/ц, при внесенні у ґрунт в теплицях, оранжереях — 4-5 кг/ц. *Trichotecinum* ефективний у боротьбі з корневими

гнилями зернових, борошнесторосяними грибами в умовах закритого ґрунту. Рекомендований для обприскування рослин у період вегетації з інтервалом 7-8 днів. Норма витрати препарату - 2 кг/га. Строк очікування - 3 дні [75].

За даними Федоринчика М. С. [98], високу результативність демонструє застосування фітобактеріоміцину (ФБМ). Зокрема, засіб Фітолавін-100 застосовують для підготовки насінневого матеріалу та догляду за розсадою [98].

Біологічний метод захисту також стає основним важелем санітарного впливу на лісові екосистеми. Останні наукові досягнення дозволили виокремити специфічний штам тюрингської бацили, що провокує захворювання у найбільш небезпечних ворогів лісу. Цей мікробіологічний агент ефективно пригнічує популяції: непарного та золотавого шовкопрядів; американського білого метелика [89].

Впровадження проміжних культур у сівозміну є дієвим засобом очищення ґрунту від небажаної рослинності. Досвід показує, що на посівах цукрового буряку такий підхід дозволяє скоротити кількість бур'янів перед жнивними майже на третину. Окрім зменшення чисельності, ці культури суттєво пригнічують розвиток бур'янів, що призводить до помітного зниження їхньої загальної біомаси [80].

Для зниження шкідливого впливу бур'янів потрібно ширше використовувати здатність висококонкурентних рослин подавляти бур'яни. Саме на здатності культурних рослин самостійно пригнічувати опонентів ґрунтується фітоценотичний метод контролю забур'яненості. Цей підхід успішно випробувано на різноманітних посівах, зокрема для протидії найбільш стійким та агресивним видам, як-от осот польовий. Різні комбінації культур дозволяють ефективно витіснити бур'яни з екосистеми, не вдаючись до хімікатів [99].

Як зазначають Писаренко В. М., Татаріко О. Г. [75; 81] стримування популяцій шкідників, інфекцій та бур'янів має відбуватися з найменшим

тиском на екосистему. Це досягається завдяки грамотному плануванню сівозмін, ретельному вибору сортів, гнучким підходам до обробітку ґрунту та раціональному внесенню добрив. Важливо використовувати лише ті засоби захисту, що безпечні для довкілля, орієнтуючись виключно на підтвержені економічні та екологічні пороги шкодочинності. Науковці також радять застосовувати точкові методи впливу: локальну обробку окремих вогнищ зараження; захист лише країв полів (де найчастіше накопичуються шкідники); смугове або ланцюгове обприскування; внесення гранульованих засобів безпосередньо в рядки під час висіву [82].

Зважаючи на той факт, що Україна останнім часом займає лідируючі позиції в Європі за темпами розвитку органічного землеробства, біологічний метод захисту польових культур від комплексу шкодочинних організмів набуває все більшої актуальності. Сучасні способи біологічного захисту за своєю дієвістю та ефективністю не лише не поступаються синтетичним хімічним пестицидам, а часто навіть переважають їх, особливо за рахунок високої селективності та екологічної толерантності до макро і мікробіоти. Згідно з прогнозами українських фахівців [59; 60; 76], активна інтеграція органічних підходів у загальні системи захисту рослин дозволить найближчим часом довести частку біопрепаратів у них до 25–30%.

Аналіз сучасних досліджень у галузі захисту рослин свідчить про нагальну потребу перегляду традиційних методів на користь екологічно безпечних підходів. Ключовим пріоритетом стає поступова відмова від синтетичних пестицидів через їхню стійкість у довкіллі та негативний вплив на здоров'я людей і біорізноманіття. Основними векторами розвитку інноваційних систем захисту є:

- локальність та вибірковість: розробка засобів, що діють «адресно» на конкретного шкідника, не пригнічуючи корисну мікрофлору ґрунту та комах-запилювачів.

- збереження агроекосистем: використання біологічних агентів та

природних сполук, які легко розкладаються та не накопичуються в продукції чи підземних водах.

- системний підхід: пріоритет віддається технологіям, що підтримують природну стійкість біоценозу, — від сівозмін до використання мікробіологічних препаратів [78].

У науковій літературі зазначається необхідність зменшення використання хімічних засобів захисту рослин, таких як гербіциди, інсектициди, фунгіциди [73; 74; 77; 80; 82]. Рекомендується зводити до мінімуму рекомендовані норми внесення хімічних препаратів за рахунок підбору чутливої фази бур'янів та відповідних кліматичних умов (відсутність опадів, помірна температура повітря тощо) [93; 94]. Також рекомендується використання сумішевих препаратів синергістів, які дозволяють покращувати біологічну та економічну ефективність захисних заходів.

До недавнього часу вважалося, що негативні наслідки інтенсивного використання агрохімікатів стосуються лише аграрного сектору. Проте сьогодні очевидно, що масштабне забруднення пестицидами перетворилося на глобальний виклик. Ця проблема безпосередньо впливає на вектори розвитку світового землеробства, стан людського здоров'я, збереження біорізноманіття та стабільність усієї біосфери [81]. Тому на сьогодні загальноприйнята концепція інтегрованої системи захисту рослин передбачає використання комбінованих методів, при яких з переважним врахуванням біологічних, біотехнічних, селекційних, а також рослинницьких та агротехнічних заходів, використання хімічних засобів захисту рослин зводиться до мінімуму [75]. При цьому пріоритет надається швидко розкладаючим пестицидам та препаратам, що використовуються з мінімальними нормами витрат, а також комплексні малотоксичні пестициди.

Водночас міжнародна практика підтверджує, що стабільно висока врожайність неможлива без надійної системи фітосанітарного контролю. Загрози з боку шкідливих організмів залишаються критичними: у періоди

масового розмноження шкідників втрати продукції можуть сягати 80%, а масштабні спалахи хвороб (епіфітотії) здатні повністю знищити посіви [97].

Наразі хімічний метод все ще домінує в технологіях вирощування озимої пшениці. Проте інтенсивне використання пестицидів провокує низку критичних проблем: токсичні залишки накопичуються у ґрунтах та акваторіях, руйнується природне середовище існування корисної фауни, а шкідники поступово набувають резистентності до препаратів. Така хімізація спричинила дисбаланс у природних біоценозах, послабивши механізми саморегуляції природи. Це призвело до неочікуваного результату — появи нових видів шкідників, які раніше не мали суттєвого економічного впливу, але тепер становлять серйозну загрозу врожаю [69, 100, 101, 102,103].

У той же час біологічний метод захисту рослин дає можливість стабілізувати екологічну рівновагу в агроценозі, що є необхідною умовою сталого функціонування агроecosystem, забезпечення екологічної та продовольчої безпеки в країні. Все це актуалізує дослідження у даному напрямку, а також нових методів та технологій біологічного захисту рослин у сучасних умовах. Дане питання посилюється сучасними екологічними, економічними і соціальними проблемами, пов'язані з наслідками воєнних дій на Україні.

### **1.3 Використання пробіотичних препаратів та біофіту на посівах сільськогосподарських культур**

Сучасні інтенсивні технології вирощування сільськогосподарських культур ґрунтуються на використанні високих доз мінеральних добрив та хімічних засобів захисту рослин. Це призводить до накопичення в рослинах, ґрунті шкідливих, у тому числі канцерогенних, речовин, здійснює негативний вплив на біологічну активність ґрунту, змінюючи його мікробний ценоз, погіршує якість продукції та в кінцевому підсумку представляє собою

загрозу для продовольчої та екологічної безпеки суспільства, порушує стале функціонування агроecosистем. Рекомендований арсенал гербіцидів забезпечує зниження забур'яненість посівів і підвищення урожайності, проте з екологічної і економічної точок зору являється не завжди прийнятним для господарств. Тому необхідний пошук нових підходів до застосування гербіцидів і альтернативних заходів захисту рослин в землеробстві.

Сучасні стратегії формування регіональних систем землеробства все частіше базуються на залученні місцевих ресурсів для відновлення родючості земель та загальної біологізації агросектору. зокрема природні розсоли та мінерали. Зокрема, наукові праці [104; 105; 106] підтверджують, що використання природних мінералів та мінералізованих розсолів (бішофіт або мінералізована пластова вода) є дієвою та екологічно безпечною альтернативою традиційним хімічним препаратам.

Дослідження П. В. Писаренка [104] підтвердили високу результативність очищення полів від бур'янів за допомогою органічних добрив, збагачених природними мінералами та розсолами. Зокрема, після чотиримісячної витримки гною, обробленого пластовою водою (250 л/т) або бішофітом (від 100 л/га), спостерігалися вражаючі результати:

- насіння осоту польового, лободи білої та редьки дикої повністю втратило здатність до проростання;
- життєздатність інших видів суттєво знизилася: у триреберника — на 66,1%, у щиріці — на 55,8%, а у пирію повзучого — на 45,6% [107].

Даний метод дозволяє перетворити звичайне добриво на інструмент активного біоконтролю забур'яненості.

Дослідження [107] підтверджують специфічну реакцію бур'янів на дію мінералізованої пластової води (МПВ). Найбільшу вразливість до цього засобу виявляють широколисті дводольні види: талабан, грицики, лобода біла, гірчиця польова та амброзія. Водночас злакові та багаторічні бур'яни (зокрема хвощ, мишій та різні види осотів) хоч і отримують опіки зелені,

проте повністю не гинуть.

Попри це, використання МПВ є ефективним методом стримування вегетації осоту польового та рожевого. Після обробки рослини зазнають пошкоджень, особливо в зонах росту, і залишаються у стані стагнації протягом 10–12 днів. Це дає аграріям критично важливий час, щоб завершити жнива до моменту цвітіння бур'янів, блокуючи їхнє подальше розмноження насінням [109].

Використання природних мінеральних розсолів для передпосівної обробки насіння є дієвою альтернативою традиційним фунгіцидам [110]. За попередніми дослідженнями Писаренка П.В. [292] щодо впливу різних концентрацій МПВ на проростання спор збудників пильної головні проса (*Sphacelotheca panici mileaceae (Pers)*) встановлено, що мінералізована пластова вода ефективно пригнічує проростання спор збудників пильної головні проса у будь яких її концентраціях. Практично у всіх розчинів, крім МПВ 15% (89,7% - пригнічення проростання спор збудників пильної головні прос), 20% (70,5% - пригнічення) та 25% (85,4% - пригнічення) цей показник був не нижче за 90%. Також встановлено, що схожість насіння була знижена на 2% по відношенню до контролю у варіанті тільки з 100% концентрацією МПВ, у всіх останніх схожість насіння оброблених МПВ була більше ніж на контролі. Обробіток протруювачем сумі-8 значно знижує схожість насіння проса (66% проти 94% на контролі) [104].

Окрім захисних властивостей, науковці вивчали потенціал бішофіту як базового елемента живлення для різноманітних агрокультур. Дослідження підтвердили можливість його застосування у ролі основного добрива, що сприяє насиченню рослин необхідними мінералами та підвищенню загальної врожайності [104; 105; 106]. Оскільки бішофіт містить високу концентрацію хлоридів, результативність його застосування безпосередньо корелює з обсягом опадів восени та взимку. Достатня кількість вологи забезпечує

промивний режим, що дозволяє вимити зайві солі хлору з кореневмісного шару ґрунту, запобігаючи пригніченню рослин [104].

У роботі [105] рослини ярого ячменю обробляли 1% бішофіту у фазі кущення. В результаті дослідження було виявлено, що обприскування посівів у фазі кущення 1% бішофіту скорочує вегетаційний період на 2–4 дні при обробці ярого ячменю на дерново-підзолистому ґрунті; збільшує асиміляційну листову поверхню рослин на 8,5 та 11,1% відповідно, фотосинтетичний потенціал на 5,7% та чисту продуктивність фотосинтезу на 3 та 10%.

Також попередні дослідження, проведені Писаренком П.В., Цьовою Ю.А. [159; 160; 290] дозволили встановити, що серед сільськогосподарських рослин найвищу толерантність до впливу бішофіту та мінералізованих пластових вод виявляють злакові. Найбільш стійкими до таких обробок є стратегічні для агросектору культури, зокрема озима пшениця, кукурудза та просо, що дозволяє безпечно використовувати ці природні ресурси на їхніх посівах.

Аналіз та узагальнення наукових даних літературного пошуку дозволили зробити висновок про те, що розпочатий науковий напрямок по використанню природних розчинів і мінералів в сільськогосподарському виробництві, зокрема землеробстві, є мало вивчений. Зокрема відомо про використання солоної води озера Сиваш для боротьби з повитицею європейською на насінневих посівах люцерни; застосування морської води з метою контролю фітосанітарного стану плодово-ягідних культур та оптимізації кореневого живлення сільськогосподарських культур за рахунок забезпечення їх мікро- та макроелементами, а також створення штучних розсолів для використання їх у сільськогосподарському виробництві [104; 290; 291].

Таким чином можна констатувати, що вивчення питання використання природних розсолів і мінералів, зокрема бішофіту, у системі захисту рослин

потребує подальшого дослідження. Враховуючи перспективність попередніх досліджень щодо використання бішофіту у системі захисту рослин, яка в той же час є джерелом макро- і мікроелементів, та може виступати як середовище живлення для корисних мікроорганізмів, доцільно розширити науковий пошук інноваційних екологобезпечних засобів захисту рослин.

Надмірне застосування пестицидів у сучасному землеробстві призвело не лише до екологічної кризи, а й до формування нових, резистентних штамів збудників хвороб. У зв'язку з цим актуальність питання щодо необхідності розвитку біологічних методів захисту рослин, які ґрунтуються на використанні природних агентів біологічної регуляції шкідливих видів, не викликає сумніву [109]. При цьому одними із новітніх екологобезпечних методів заміни хімічних засобів захисту рослин є використання мікробіологічних препаратів. Дослідження, проведені Волкогоном В. В. [110; 111; 112; 113], Патиною М.В., Патиною В. Ф. [114; 115; 116] доказали, що покращити стан ґрунту можливо при використанні мікробіологічних препаратів. Завдяки такому підходу вдається суттєво оздоровити ґрунт, знизивши рівень його токсичності. Крім того, це мінімізує поширення інфекцій та створює оптимальні умови для мінерального живлення культур.

Оскільки мікроорганізми є невід'ємною частиною живої природи, їхнє розмноження в лабораторних умовах і подальше повернення в ґрунт не порушує цілісності природних екосистем. Такі біологічні засоби гармонійно доповнюють існуючі угруповання організмів, не створюючи загрози для культурних рослин. Завдяки мікробіологічному підходу стає можливим ефективне управління агроценозами, що значно підвищує їхню продуктивність та екологічну стійкість [117].

Дослідження у сфері мікробіологічного захисту тривають у багатьох країнах, і Україна посідає тут вагоме місце. Вітчизняні фахівці розробили дієві засоби для боротьби з грибковими інфекціями [116; 118], а також активно працюють над селекцією нових штамів-антагоністів та зручних у

використанні форм препаратів. Біофунгіциди, створені на основі живих мікроорганізмів, мають низку суттєвих переваг, зокрема безпечність - вони не загрожують здоров'ю людей чи тварин; екологічність - відсутня мутагенна чи онкогенна дія, а також негативний вплив на самі рослини (фітотоксичність); ефективність: широкий спектр дії дозволяє протистояти багатьом видам збудників хвороб.

Окрім екологічної безпеки, біопрепарати відкривають шлях до значного розширення лінійки біологічних інсектицидів. На сьогодні фахівці вже успішно застосовують перевірений часом Бітоксібацилін, а також працюють над впровадженням його нових, більш досконаліх аналогів (на основі *Bacillus thuringiensis*) [119].

Надзвичайно перспективними в цьому напрямі є дослідження антипаразитарного впливу метаболітів актинобактерій роду *Streptomyces* [120]. У разі застосування біопестицидів не вирішеним може залишатися питання з окремими захворюваннями сільськогосподарських культур, наприклад головнею. Але для розв'язання цього питання розробляють агрозаходи, що ґрунтуються не на застосуванні агрохімікатів. Перспективним є знезараження насінневого матеріалу за використання методів електропроменевої та мікрохвильової обробок [121]. Проте максимальний ефект досягається лише при поєднанні цих фізичних методів із подальшим застосуванням біопрепаратів, що мають ще й добривну дію [122].

Важливо розуміти: точкове покращення одного елемента без зміни всієї системи може бути марним. Впровадження мікробіологічних засобів потребує відповідної корекції всієї технології - від способів підживлення до норм внесення добрив. Лише такий комплексний підхід гарантує високу екологічну та економічну результативність [121-123].

Такий підхід є цілком логічним з огляду на біологічні процеси. Обробка насіння одним із зазначених вище методів може забезпечити їх стерилізацію, при цьому будуть знищені як патогенні, так і корисні

мікроорганізми. Між тим, саме насіння еволюційно пристосоване для передачі наступному поколінню рослин необхідної для нормального функціонування мікрофлори [115]. Оскільки внаслідок застосування фізичних методів може бути розірваним один із ланцюгів забезпечення рослин корисними мікроорганізмами, необхідна штучна бактеризація простерилізованого посівного матеріалу. Крім того, звільнення поверхні насіння від мікроорганізмів залишає незаповненою екологічну нішу, яка може бути зайнятою патогенними ґрунтовими мікроорганізмами. Отже, важливо, щоб вона була освоєною саме корисною мікробіотою [133].

Боротьба з вірусними захворюваннями залишається одним із найскладніших викликів у сучасному рослинництві, оскільки такі інфекції здатні знищити від 30% до 80% врожаю. Отримання оздоровленого насіння є дієвим кроком, проте воно не вирішує проблеми повторного зараження рослин у полі. Це потребує від науковців комплексних рішень, зокрема: системного моніторингу природного інфекційного середовища; створення бази даних та колекцій місцевих штамів вірусів; розробки точних тест-систем для швидкої ідентифікації патогенів [134,135]. Особливу тривогу викликає поява в українських агроценозах нових, раніше невідомих вірусів, що робить розвиток вірусологічних досліджень критично важливим завданням [136].

Як показує світовий досвід, ефективність сільськогосподарського виробництва значною мірою залежить від означених питань фітовірусологічних досліджень і використання результатів у практичній роботі. Як зазначає ряд вітчизняних та зарубіжних дослідників [136-141] при нормальних умовах функціонування агроценозів та високої культури землеробства (яку ми розуміємо як екологізацію землеробства) можна істотно обмежити використання агрохімікатів, або застосовувати їх лише у випадку виникнення надзвичайної, некерованої ситуації.

Зокрема, В. В. Волкогон [129] наголошує, що завдяки комплексному поєднанню науково обґрунтованих сівозмін, селекції імунних сортів,

механізації та впровадження біопрепаратів, можна мінімізувати використання синтетичних фунгіцидів та інсектицидів. Кінцевою метою такого підходу є повна заміна хімічних засобів їхніми біологічними аналогами.

Як зазначають у своїх дослідженнях Волкогон В. В., Бердніков О.М. [129], у результаті різнобічної діяльності людини досить часто зміщується екологічна рівновага і, в першу чергу, це стосується складу угруповань мікроорганізмів навколишнього середовища. Результати такого впливу на мікроорганізми виявляються не тільки у зміні мікробних ценозів ґрунтів, що вже обговорювалося вище, а й у виникненні нових захворювань людей і тварин. Так тривале застосування антибіотиків сприяє формуванню популяцій мікроорганізмів, стійких до лікарських препаратів. Виходом із даної ситуації, як зазначено у дослідженнях Патики В. П., Тараріко Ю. О. [131], є використання бактеріальних препаратів на основі живих мікробних культур — пробіотиків. Їхня дія базується на природному пригніченні патогенів, стимуляції імунітету (активація макрофагів та інтерферонів) і підтримці антиоксидантного захисту організму [141; 142]. На відміну від антибіотиків, пробіотичні препарати не мають протипоказань, допомагають відновити природну мікрофлору та зміцнити імунну систему тварин.

В Інституті мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України розроблено низку пробіотичних препаратів, нешкідливість, високу ферментативну та антагоністичну активність яких підтверджено в ході виробничих випробувань [143]. Зважаючи на те, що ефекту досягнуто від застосування незначних доз препаратів, а їх собівартість невисока, використання пробіотиків у рослинництві може стати надзвичайно вигідним і з економічного погляду. Хоча наразі пробіотики найчастіше застосовують у тваринництві [144], для приготування силосу [145] чи консервування вологого зерна, їх використання безпосередньо для захисту рослин є надзвичайно перспективним напрямом, що потребує подальшого глибокого

вивчення [146].

До складу пробіотиків входять специфічні бактеріальні культури та ферменти, при цьому вони повністю позбавлені токсичних хімічних чи мінеральних домішок. Хоча за методом використання їх іноді порівнюють із реагентами, завдяки своїй природній основі вони не виснажують ґрунт і не погіршують його властивостей, на відміну від синтетичних засобів. Такі мікроорганізми є цілком безпечними: вони не виділяють токсинів, натомість демонструють потужну здатність закріплюватися на поверхнях (адгезія) та ефективно пригнічувати життєдіяльність хвороботворних бактерій.

До складу більшості пробіотичних засобів зазвичай входять факультативно-анаеробні мікроорганізми (переважно представники родів *Lactobacillus* та *Bifidobacterium*), а також аеробні бактерії роду *Bacillus*, що здатні до утворення спор *Bacillus* (*Bacillus subtilis*, *Bacillus subtilis* var. *amyloliquefaciens*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus pumilus*, *Bacillus megaterium* і ін.). Бактерії родів *Bifidobacterium* та *Lactobacillus* синтезують органічні кислоти та цілу низку біоактивних сполук — від перекису водню й лізоциму до природних антибіотиків і бактеріоцинів. Завдяки цьому, а також активній конкуренції за поживні ресурси, вони ефективно витісняють патогенну та гнильну мікрофлору з її екологічної ніші. Крім того, представники роду *Bacillus* здатні збагачувати середовище вітамінами, амінокислотами та іншими цінними компонентами. [147; 148].

Сінна паличка (*Bacillus subtilis*) синтезує широкий спектр протимікробних речовин: від ферментів і поліпептидів до складних непептидних сполук. Саме цей метаболічний арсенал забезпечує її потужну фунгіцидну дію проти найбільш агресивних грибкових інфекцій рослин [149-152]. Найбільшу увагу дослідників привернули ліпопептиди (зокрема представники родин фенгіцинів, ітуринів та сурфактинів), механізм впливу яких на патогени вивчено найдетальніше [152-156]. Важливо, що в природному середовищі вироблення цих захисних сполук бактерією

активується саме за наявності фітопатогенів, що робить *Bacillus subtilis* інтелектуальним і саморегульованим інструментом біозахисту.

Висока результативність *Bacillus subtilis* у боротьбі з грибковими інфекціями зумовлена здатністю її метаболітів руйнувати клітинні оболонки патогенів. Взаємодіючи з ергостеролом мембран, ці сполуки провокують появу мікропор, через які вимиваються катіони, що призводить до розчинення (лізису) клітини шкідника. Особливості дії ліпопептидів: механізм - способи утворення пор відрізняються залежно від сімейства ліпопептидів; ефективність - штами з високою концентрацією цих антибіотичних речовин мають потужніший антагонізм та ширший діапазон впливу; стимуляція: Полісахариди самих рослин активують вироблення сурфактину вже в перші години контакту бацил із кореневою системою [154; 155; 156].

Фунгіцидну активність пов'язують також з наявністю у бацил поверхнево-активних речовин, які являють собою амфіпатичні молекули з полярними та гідрофобними дільницями [157]. Серед них найефективнішими є сурфактини. Попри схожість з ітуринами, вони відрізняються специфічним складом амінокислот із

Таким чином потужний фунгіцидний вплив *Bacillus subtilis* на агресивні грибкові інфекції пояснюється її здатністю синтезувати широкий набір біоактивних сполук, що різняться за будовою та функціями. Попри очевидну ефективність, сфера застосування пробіотичних культур безпосередньо для захисту рослин наразі перебуває на початковому етапі та потребує глибоких додаткових вивчень..

Таким чином можна констатувати, що вивчення питання використання пробіотиків у системі захисту рослин є інноваційним та потребує подальшого дослідження. У той же час потрібно відзначити, що мікробні препарати при незаперечній екологічній доцільності їх застосування мають такий недолік, як нестабільність їх дій, залежність від зовнішніх

факторів. Тому враховуючи перспективність попередніх досліджень щодо використання мінералізованої пластової води та, зокрема, бішофіту у системі захисту рослин, що у той же час є джерелом макро- і мікроелементів, та може виступати як середовище живлення для корисних мікроорганізмів, доцільно розширити науковий пошук інноваційних екологічнобезпечних засобів захисту рослин, зокрема щодо синергічної дії пробіотичних препаратів та бішофіту у системі захисту рослин.

### **Висновки до 1 розділу**

1. Встановлено, що попри значну кількість наукових праць з питань екологізації агровиробництва, проблема підтримки екологічної стабільності агросистем залишається надзвичайно гострою. Обґрунтовано, що отримання сільськогосподарської продукції необхідної кількості та якості при обмежених фінансових можливостях аграріїв, що є основою продовольчої безпеки країни, при збереженні родючості ґрунту, можливе тільки з урахуванням принципів функціонування природних екосистем, що включають природні функції саморегуляції при мінімізації антропогенного впливу на агроценози. В зв'язку з цим необхідно забезпечити ефективне використання позитивних факторів навколишнього середовища, насамперед шляхом збільшення їх питомої ваги в процесі продукування основних біологічних компонентів, більш повно використати саморегулюючий механізм агроекосистем. На основі аналізу літературних джерел встановлено необхідність формування інноваційних екологічнобезпечних засобів захисту рослин, які є природними та діють локально на потрібні шкідники, не наносячи шкоду якості ґрунту, мікробному біоценозу та біорізноманіттю.

2. Доведено, що створення стійких агроекосистем у теперішніх умовах неможливе без екологізації землеробства, яка передбачає впровадження природних і безпечних методів захисту посівів. Застосування пробіотиків у цій сфері є новаторським підходом, що відкриває широкі горизонти для подальших наукових розробок. З огляду на доведену ефективність бішофіту,

який не лише захищає рослини, а й збагачує їх мінералами та створює живильне середовище для мікрофлори, критично важливим стає вивчення його синергічної взаємодії з пробіотиками. Таке поєднання може стати основою для створення принципово нових, екологічно безпечних систем захисту, що поєднують живлення та біоконтроль шкідників.

Основні результати проведеного дослідження опубліковані в працях [298; 299; 301; 303; 307; 312; 314].

## РОЗДІЛ 2

### ОБ'ЄКТ, ПРЕДМЕТ І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 2.1 Грунтово-кліматичні умови району дослідження

##### 2.1.1. Грунтові умови

Польові дослідження проводилося протягом 2021-2024 рр. на території Полтавської обл., Миргородського району, селище Велика Багачка (СФГ «СКІФ», СФГ «СТЕРХ»), лабораторні дослідження проводилися у лабораторії агроекологічного моніторингу ПДАУ.

Дослідження проводилися на території Полтавської області, яка розташована в центральній частині України в межах Лісостепової зони. Цей регіон вирізняється помірно-континентальними кліматичними умовами та різноманітністю ґрунтового покриву. Територія області має значну протяжність: понад 213 км із півночі на південь та 245 км із заходу на схід. Згідно з актуальною статистикою Держгеокадастру [161], Полтавщина має потужний аграрний потенціал: сільськогосподарські землі займають понад 2,2 млн га (77,3% від загальної площі); сільськогосподарські угіддя становлять близько 2,16 млн га (75,31%); орні землі (рілля) охоплюють 1,77 млн га, що складає 61,7% від усієї території області.

Полтавщина входить до трійки лідерів України за обсягами виробництва сільгосппродукції, хоча за розміром території посідає лише сьоме місце в країні (що становить близько 4,6% загальної площі) [162]. Посівні площі озимих колосових культур у структурі зернового клину Полтавської області займають біля 30%, серед них найбільша частка належить пшениці озимій (біля 94,2%), як важливій продовольчій культурі. Решта площі відводиться під ячмінь озимий (2,4%), жито (3,4%) [163].

Рівень розораності Полтавської області сягає 61,7% загальної площі (82% сільськогосподарських угідь), більше, ніж в середньому по Україні (до

60%). Подібне використання земельних ресурсів не відповідає вимогам раціонального природокористування. Нинішній дисбаланс між ріллею, пасовищами та лісами підриває стійкість агроландшафтів. Ключові чинники деградації земельних ресурсів області:

- надмірне заорювання: особливо небезпечним є обробіток схилів, що провокує ерозію;
- агротехнічні порушення: недотримання сівозмін та дефіцит органічних і мінеральних добрив;
- техногенний тиск: використання важких сільгоспмашин, що ущільнюють ґрунт;
- спеціалізація на виснажливих культурах: занадто велика частка технічних рослин, зокрема соняшнику, у структурі посівів;
- природно-антропогенна деградація: збільшення площ земель, що втрачають родючість під спільним впливом людини та довкілля [163].

Незважаючи на значні площі, зайняті чорноземами, на території Великобагачанської громади, як і в Полтавській області загалом, мають місце процеси, що негативно позначаються на стані ґрунту та зменшують його родючість. Ключовою загрозою є прогресуюча втрата гумусу, що виснажує ґрунт. Масштаби ерозійних процесів в області також є значними: водна ерозія охопила 369 тис. га (17,1% від усіх сільгоспугідь), вітрова ерозія (дефляція) вразила 380 тис. га (17,6% угідь) [162].

На Полтавщині зафіксовано 53 різновиди ґрунтів, серед яких виділяють 12 ключових агровиробничих груп (від класичних чорноземів та підзолистих до торфовищ, солонців і солодів). Характерною особливістю місцевих ґрунтів є надзвичайно глибокий гумусовий шар (від 80 до 120 см). Такий потужний профіль сформувався завдяки багатовіковому накопиченню рослинних залишків у лучних степах та інтенсивному проникненню вологи, що сприяло рівномірному розподілу органіки вглиб породи [164, 165].

На Полтавщині представлено близько восьми основних ґрунтових типів. Більшу частку земельного фонду (до 65%) становлять чорноземи, що є головним багатством регіону. Механічний склад угідь поступово важчає у напрямку з північного заходу на південний схід: якщо на заході переважають легкі суглинки, то ближче до південно-східних районів вони змінюються важкосуглинковими різновидами. На інших територіях здебільшого поширені середньосуглинкові ґрунти.

Основними критеріями родючості вважаються рівень кислотності та наявність у ґрунті життєво необхідних елементів. До базисних показників належать гумус, а також головні макроелементи: азот, фосфор і калій. За даними агрохімічної паспортизації [163] загалом в Полтавській області усереднений показник вмісту гумусу станом на 2022 рік складає 3,61 (табл. 2.1). Загалом запаси мікроелементів у регіоні дозволяють забезпечити повноцінне живлення культур, хоча спостерігається гостра нестача цинку. Ситуація з марганцем та міддю оцінюється як середня, а от рівень бору є цілком достатнім [163]. За бальною оцінкою, понад 64% угідь області мають високу якість (50–60 балів), проте фахівці фіксують поступове погіршення цього показника. Відповідно даних [166] територія Полтавської області входить до переліку умовно чистих земель, що дає змогу віднесення даних земель до спеціальних сировинних зон та відповідно можливість вирощування на них органічної продукції.

Водні ресурси мають визначальне значення для зволоження земель Полтавщини. Регіон територіально належить до лівобережної частини басейну Дніпра і розташований у межах Придніпровської низовини. Рельєф місцевості — це переважно рівнина, яку мережать річкові долини та розгалужені системи ярів. Загалом відкриті водойми охоплюють близько 5,2% від усієї площі області [161].

Таблиця 2.1

## Характеристика ґрунтів за вмістом гумусу

Рік	Площа ґрунтів, %						Середньозважений показник, %
	дуже низький < 1,1	низький 1,1-2,0	середній 2,1-3,0	підвищений 3,1-4,0	високий 4,1-5,0	дуже високий > 5,0	
1	2	3	4	5	6	7	8
2013	0,0%	2,0%	40,7%	46,2%	10,9%	0,2%	3,26%
2014	0,0%	2,1%	49,2%	37,5%	10,5%	0,7%	–
2015	0,0%	1,3%	58,7%	37,0%	3,2%	0,1%	3,0%
2016	0,0%	2,4%	46,7%	39,0%	11,2%	0,7%	3,18%
2017	0,0%	0,27%	21,44%	56,39%	20,59%	1,31%	3,55%
2018	0,1%	2,2%	33,3%	60,4%	3,9%	0,1%	3,19%
2019	–	0,7%	55,3%	42,0%	2,0%	–	3,01%
2020	–	2,9%	48,6%	45,1%	3,4%	–	3,08%
2021	-	1,0%	24,0%	70,0%	5,0%	0	3,38%
2022		0,1%	24,2%	54,1%	20,0%	1,6%	3,61%

\* – таблиця складена за результатами агрохімічної паспортизації Полтавської філії ДУ «Держґрунтохорона» [163]

Відповідно до карти агроґрунтового районування України територія Великобагачанської громади, де проводилися польові дослідження (СФГ «СКІФ», СФГ «СТЕРХ») відноситься до Лівобережної низовинної провінції, терасової низовини, не дренованих засолених солонцюватих ґрунтів. Відповідно до карти ґрунтів Полтавської області (рис. 2.1) на даній території переважають чорноземи середньо та малогумусовані, лучно-чорноземні ґрунти. Відповідно даних Полупана М.І. [169] вміст гумусу на даній території знаходиться у межах 2% – 5%.

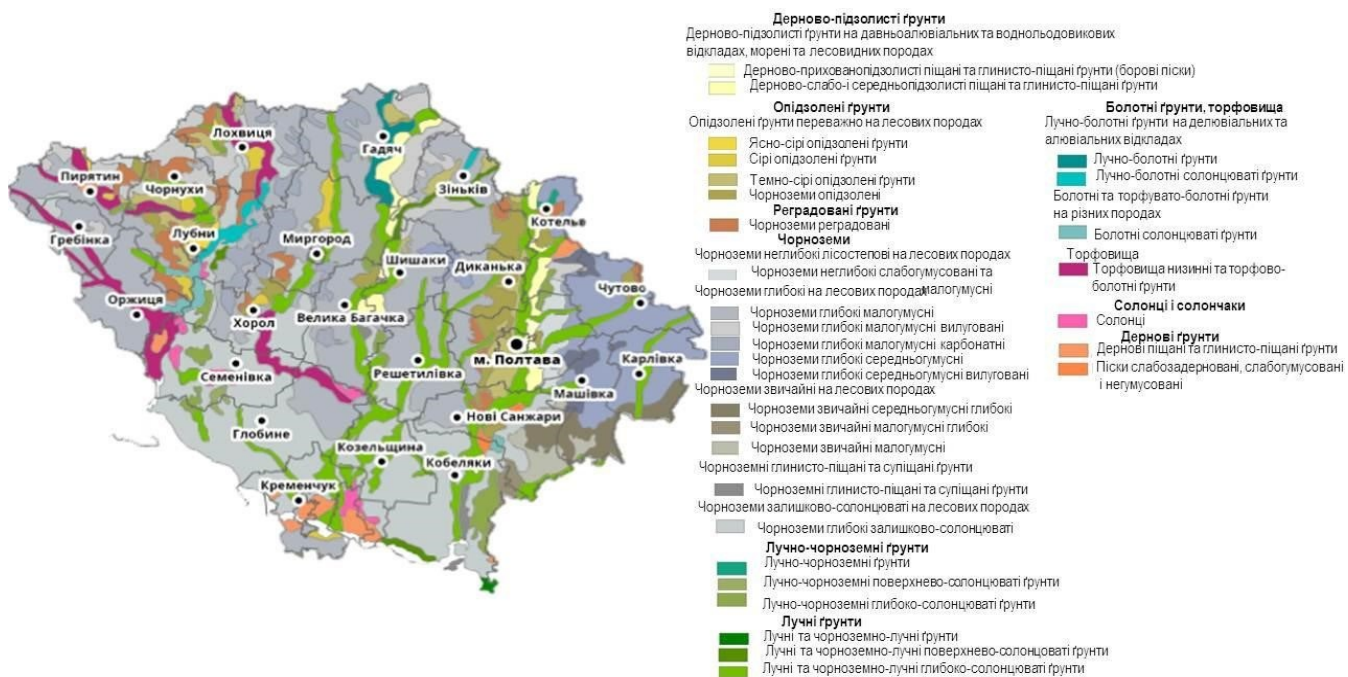


Рис. 2.1 - Ґрунти Полтавської області (відповідно даних [166])

У табл. 2.2-2.4 наведено результати кількісного хімічного аналізу ґрунту, відібраного території розміщення СФГ «СКІФ» (селище Велика Багачка, Миргородський район, Полтавська область), дослідження при едені у додатку Б. Відбір проб проводився відповідно методики [170]. Моніторинг, проведений за встановленою методикою, підтвердив придатність земель для вирощування основних агрокультур, зокрема пшениці озимої. даних пробах ґрунту перевищень ГДК досліджуваних речовин не виявлено; досліджені проби ґрунту по визначених показниках відповідають вимогам Наказу МОЗ від 14.07.2020 № 1595 «Про затвердження Гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних речовин у ґрунті» (ступінь забруднення - незабруднені). Вміст гумусу, фосфору та калію оцінюється як середній, при цьому ґрунти є незасоленими з оптимальним рівнем солей. За рівнем кислотності ґрунти є слаболужними, за показником гідролітичної кислотності — нейтральними.

Таблиця 2.2

Агрохімічна характеристика проб ґрунту із території СФГ «СКІФ» (селище Велика Багачка, Миргородський район, Полтавська область)

Показник	Одиниці вимірювання	НД та методи випробувань	Ділянка 1	Ділянка 2	Ділянка 3	Ділянка 4	ГДК*	Фонова
pH <sub>H2O</sub>	од. pH	ДСТУ ISO 10390:2007	7,45	7,55	7,45	7,80	6,0-9,0	7,68
pH <sub>KCl</sub>	од. pH	ДСТУ ISO 10390:2007	6,15	6,17	6,15	6,45	-	6,30
Cond.	mS/cm	ДСТУ ISO 10390:2007	0,25	0,24	0,26	0,31	-	0,28
% гумусу	%	ГОСТ 23740-79	3,30	3,40	3,40	3,48	≥2	3,55
Азот загальний (N)	%	ГОСТ 26107-84	0,15	0,17	0,15	0,16	-	0,16
N - NO <sub>3</sub> <sup>+</sup>	мг/кг	ДСТУ ISO/TS14256-1:2005 ГОСТ 26489-85	7,1	7,0	7,2	7,1	-	7,3
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	мг/кг		40,1	41,5	42,8	40,3	-	40,9
Азот легко-гідролізований	мг/кг	ДСТУ 7863:2015	150,55	141,02	135,87	140,77	-	154,20
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	мг/кг	ГОСТ 26204-91	75,44	73,65	69,46	70,46	-	72,35
		Olsen	9,2	9,8	9,0	9,6	-	9,5
K <sub>2</sub> O	мг/кг	ГОСТ 26210-91	50,55	54,13	54,08	52,33	-	50,87
Гідролітична кислотність (Нг)	мг*екв/100 г	ГОСТ 26212-91	1,6	1,7	1,7	1,8	-	1,7
Сума поглинутих основ (S)	мг*екв/100 г	ГОСТ 27821-88	33,42	34,65	35,55	33,11	-	34,78
Ca <sup>2+</sup> обм	мг*екв/100 г	ГОСТ 26487-85	10,5	11,1	10,8	11,0	-	10,8
Mg <sup>2+</sup> обм	мг*екв/100 г		0,2	0,1	0,2	0,2	-	0,2
Обмінний натрій	мг*екв/100 г	ГОСТ 26950-86	0,22	0,17	0,17	0,19	-	0,19
K+Na	%	ДСТУ 7944:2015	3,6	3,8	3,8	3,5	-	3,7
S/SO <sub>4</sub>	мг/кг	ДСТУ 8347:2015	5,45	5,50	5,77	5,80	-	5,95
Сухий залишок	%	ГОСТ 26423-85	0,28	0,30	0,29	0,25	-	0,26
HCO <sub>3</sub>	%	ОСТ 46-52-76	0,030	0,028	0,050	0,068	-	0,069
	мг*екв/100 г		0,49	0,47	0,61	0,90	-	0,94
CO <sub>3</sub>	%		0,02	0,02	0,02	0,03	-	0,02

	мг*екв/100 Г		0,30	0,30	0,30	0,40	-	0,30
Cl <sup>-</sup>	%		0,003	0,002	0,003	0,003	-	0,003
	мг*екв/100 Г		0,09	0,07	0,09	0,09	-	0,09
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	%		0,071	0,066	0,071	0,055	-	0,071
	мг*екв/100 Г		1,50	1,38	1,50	1,20	-	1,50
Свинець (Pb)	мг/кг	ДСТУ 4770.9:2007	1,87	1,30	1,50	1,28	32,0	1,20
Кобальт	мг/кг	ДСТУ 4770.5:2007	0,20	0,35	0,36	0,50	5,0	0,42
Марганець (Mn)	мг/кг	ДСТУ 4770.1:2007	42,15	55,63	58,31	61,53	1500	60,32
Мідь	мг/кг	ДСТУ 4770.6:2007	0,22	0,20	0,18	0,32	3,0	0,28
Нікель (Ni)	мг/кг	ДСТУ 7965:2015	0,20	0,28	0,19	0,22	4,0	0,20
Цинк (Zn)	мг/кг	ДСТУ 4770.2:2007	0,26	0,24	0,30	0,30	23,0	0,28
Хром Cr (+6)	мг/кг	ДСТУ 7965:2015	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05	0,01
Залізо (Fe)	мг/кг	ДСТУ 7913:2015	46,32	55,60	80,42	68,43	-	55,63
Кадмій	мг/кг	ДСТУ 4770.3:2007	0,12	0,15	0,15	0,10	1,5	0,11
Молібден	мг/кг	ОСТ 10151-88	0,1	0,1	0,1	0,1	-	0,1
Нафто-продукти	мг/кг	МВВ 31-497058-009-2002	65,42	50,52	54,32	50,52	500**	54,52

Таблиця 2.3

*Механічний склад проб ґрунту із території СФГ «СКІФ» (селище Велика Багачка, Миргородський район, Полтавська область)*

Проба	Пісок (частинки менше 0,25-2,0 мм)	Мул (пил) (частинки менше 0,005- 0,25 мм)	Глина (частинки менше 0,005 мм)	Тип ґрунту
Ділянка 1	25,14	60,12	14,74	<b>Пилуватий середній суглинок</b>
Ділянка 2	26,85	55,45	17,70	
Ділянка 3	24,18	56,18	19,64	
Ділянка 4	25,64	58,94	15,42	
Фон	19,63	62,74	17,63	

Результати фізико-хімічних властивостей ґрунту дослідної території приведено у таблиці 2.4

Таблиця 2.4

Фізико-хімічні властивості проб ґрунту із території СФГ «СКІФ» (селище Велика Багачка, Миргородський район, Полтавська область)

Показник	Одиниці Вимірюва- ння	НД та методи випробувань	Ділянк а 1
Глибина гумусного горизонту	см	ДСТУ ISO 11259:2004 (ISO 11259:1998, IDT)	93
Структурно-агрегатний склад:			
Вміст агрегатів 0,25 -10 мм при «сухому» просіванні	%	ДСТУ 7535:2014	80,45
Вміст водотривких агрегатів 0,25 -10 мм	%		61,02
Щільність ґрунту	г/см <sup>3</sup>	ДСТУ 4745:2007	1,22
Загальна шпаруватість	%		46,20
ПВ			55,2
НВ	%	ДСТУ ISO 11259:2004 (ISO 11259:1998, IDT)	35,3
ВВ	%		16,2
Гранулометричний склад ґрунту:			
Фізична глина	%	ДСТУ 4730:2007	14,74
Мул	%		60,12
Пісок	%		25,14
Тип засолення		ДСТУ 7908:2015	Не засолені

Загалом Полтавська область, у тому числі і територія Великобагачанської СТГ (місце проведення досліджень), розташовується на території із сприятливими умовами з агропоказниками близьких до оптимальних для розвитку сільського господарства. Більша її частина належить до сприятливої біокліматичної зони, окрім невеликої північної ділянки області, що має її оптимальний рівень. Попри це, у регіоні спостерігається тривожна тенденція до виснаження гумусу та зниження природної родючості земель. Ця проблема стає ще гострішою через загрози техногенного забруднення, спричинені воєнними діями в Україні. За таких обставин критично важливим стає впровадження інноваційних природних засобів захисту рослин. Такі препарати мають діяти вибірково, знищуючи лише шкідливі об'єкти без шкоди для ґрунтової мікрофлори та

біорізноманіття. Саме такий підхід дозволить зберегти родючість земель Полтавщини та гарантувати продовольчу й екологічну безпеку держави у складних сучасних реаліях.

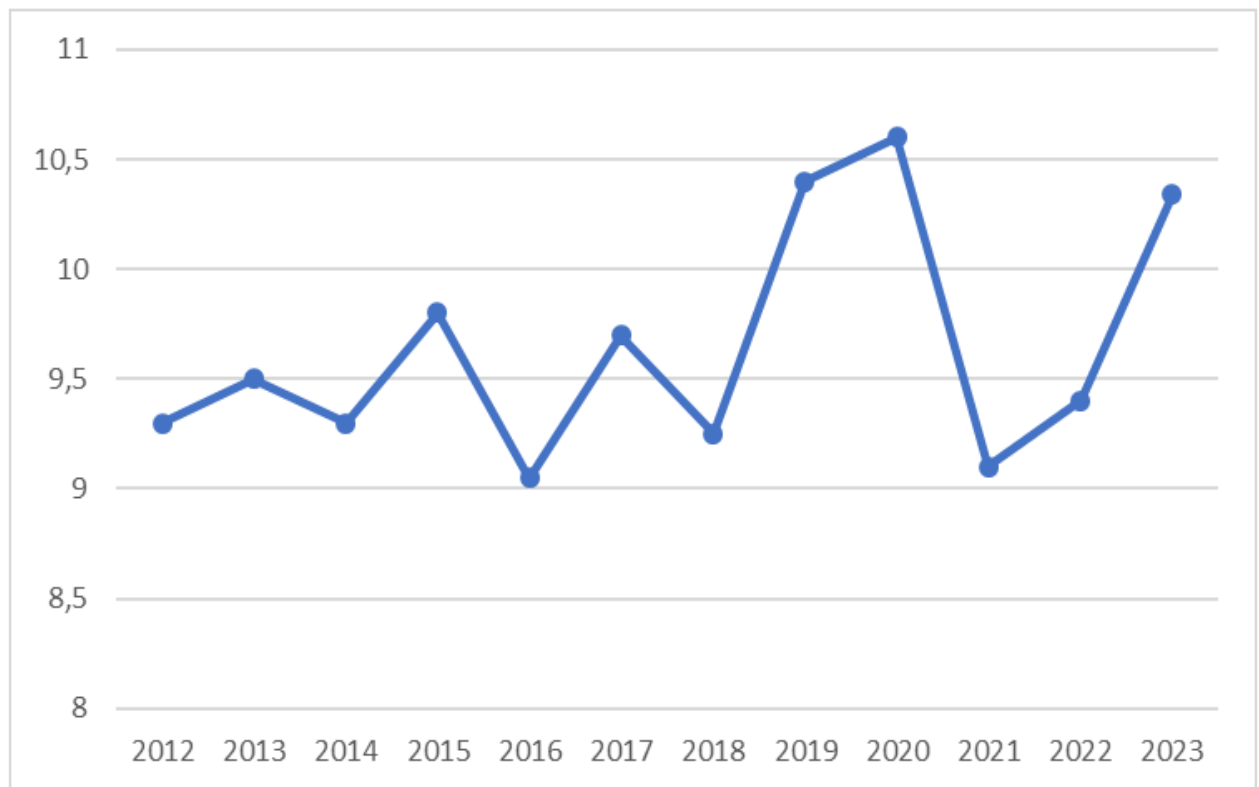
### **2.1.2 Природно-кліматичні умови**

Кліматичні умови Полтавщини (згідно з [161]) мають помірно-континентальний характер із вираженим спекотним літом та порівняно морозною зимою. Територіально область розподілена на чотири специфічні кліматичні райони, які характеризуються певними особливостями за температурою та кількістю опадів: Західна Лісостепова зона, вирізняється найвищим рівнем вологи (близько 550 мм опадів), проте має найнижчі показники теплозабезпечення (сума ефективних температур — 2600–2700°); Східна Лісостепова зона характеризується дещо сухішими умовами (508 мм опадів) та вищими температурами (2700–2800°); Перехідна-Південна зона є найбільш посушливою (лише 480 мм опадів), але водночас найтеплішою в області (сума ефективних температур сягає 2800–2900°); Південно-Західна зона, за своїми метеорологічними параметрами ідентична до Східного лісостепу [162].

Короткий метеорологічний огляд території, де здійснювалися польові дослідження (дані Полтавського обласного центру з гідрометеорології) у 2023 році наведений по найбільш репрезентативній МС (МС Лубни) [161]. Середня річна температура повітря, за даними МС Лубни, склала +10,2° тепла, що вище минулого року на 1,1° (+9,1° у 2022 році), що перевищує середню за кліматичний період 1991-2020 років на 1,6°. Річна сума опадів склала 695 мм (112% норми), що більше ніж у попередньому році (2022 рік – 690 мм). Середня вологість повітря, яка визначена МС за 2023 рік, становила 72%.

Протягом 2023 року середній температурний показник повітря на Полтавщині зафіксований на рівні +10,34 °С. Це свідчить про потепління на

0,94° порівняно з попереднім роком, коли середня температура становила +9,4 °С. Динаміка спостережень (див. рис. 2.2) підтверджує стійку тенденцію до зміни кліматичних умов у бік підвищення температур у регіоні. Примітно, що за останнє десятиліття (починаючи з 2011 року) середньорічні значення в області стабільно перевищують позначку +9,0 °С.



*Рис. 2.2- Хід середньорічної температури повітря на території Полтавської області [161] за період 2012 - 2022 років (°C)*

Дослідження проводились в польових стаціонарних дослідах СФГ «СКІФ» (селище Велика Багачка, Миргородський район, Полтавська область). Технології вирощування пшениці озимої відповідали рекомендаціям для Лісостепової зони України.

Гідрографічна мережа регіону є частиною басейну Дніпра і належить до Лівобережної гідрогеологічної області, що вирізняється достатнім рівнем водних ресурсів. Ключовою водною артерією Великобагачанської громади є річка Псел, загальна довжина якої сягає 717 км при площі басейну 22,8 тис. км<sup>2</sup>. Основні характеристики річки Псел:

1) Морфологія долини: у верхів'ях вона вузька та глибока, проте в нижній течії розширюється до 10–20 км. Спостерігається чітка асиметрія берегів: високий правий (до 70 м) та низький лівий.

2) Заплава та русло: заплавні землі часто заболочені, порізані протоками та старицями. Русло дуже звивисте, а його ширина поблизу гирла становить 60–80 м.

3) Гідрологічний режим: річка має переважно снігове живлення. Середня витрата води в районі с-ща Велика Багачка становить 34,7 м<sup>3</sup>/с. Льодостав зазвичай триває з початку грудня до кінця березня.

4) Якість води: рівень мінералізації коливається залежно від сезону - від 632 мг/дм<sup>3</sup> під час весняного водопілля до 749 мг/дм<sup>3</sup> у зимовий період [255].

Серед негативних зовнішніх геологічних процесів, характерних для Великобагачанської громади та Полтавщини загалом, варто виділити засолення земель, розвиток зсувних явищ, заболочення низовин, а також процеси просідання ґрунту (суфозію).

Нижче приведено кліматичну характеристику періоду дослідження (2021-2024 рр.) на території місця проведення польових досліджень вирощування пшениці озимої.

На початку вересня 2021 року після опадів у верхньому (0–20 см) шарі ґрунту сформувався певний запас вологи, що дозволило вчасно розпочати сівбу озимини. Друга декада місяця відзначилася інтенсивними дощами, обсяг яких у чотири рази перевищив середні показники, що забезпечило появу рівномірних та активних сходів.

Осінній період виявився сприятливим для кушення рослин, а завершення активної вегетації зафіксували 9 листопада. Листопад того року став аномально теплим — температурні показники навіть перевищили попередні історичні максимуми на 0,5–1 градус. Зимовий період мав такі особливості:

1) Затримка холодів: Стійке зниження середньодобової температури нижче нуля відбулося лише 10 грудня (із запізненням на 22 дні).

2) Різке похолодання: Наприкінці грудня зафіксовано суттєве падіння температури (в середньому до  $-13,7^{\circ}\text{C}$ ).

3) Ризики промерзання: На рівні вузла кушення ґрунт охолоджувався до критичних  $-13\dots-15^{\circ}\text{C}$ .

Підсумовуючи викладене, можна сказати, що вегетаційний період 2021 року був не зовсім сприятливим для одержання високих врожаїв сільськогосподарських культур.

Початок 2022 року відзначився різкими погодними коливаннями. Якщо в перші два тижні січня трималися сильні морози, то згодом прийшло потепління, через що на посівах утворився триміліметровий шар льоду. Глибина промерзання ґрунту сягала до 7,5 см. Наступний місяць також видався непростим: тривалі відлиги (майже три тижні) змінювалися раптовими холодами, що виснажило культури. Як наслідок, до весни п'ята частина або навіть чверть озимини виявилася пошкодженою.

Весна 2022 року почалася з першої декади березня. Озимі стали відновлювати вегетацію 14 березня, але різке зниження температури повітря у другій половині місяця припинило відновлення вегетації і на глибині вузла кушіння температура ґрунту становила  $-2$   $-4$  градуси. Повне відтанення ґрунту спостерігалось 31 березня. Стійке відновлення життєздатності озимих культур відбулося тільки 27 березня. Ранні ярі зернові посіяли 6-7 квітня. Стійке тепло (понад  $+10^{\circ}\text{C}$ ) прийшло лише наприкінці квітня. Кінець весни видався аномально спекотним та посушливим: вологість повітря падала до критичних 45–49%. Тільки наприкінці травня спека відступила під натиском дощів і холодного фронту, що дещо сповільнило дозрівання врожаю.

Літо характеризувалось прохолодною сирою погодою з середніми декадними температурами повітря близькими до норми або нижчими на 1-2 градуси по Цельсію. Через постійні зливи вологість повітря сягала 69–81%,

що значно перевищувало норму 63–64%. Було багато днів без прямої сонячної радіації і через це стався недобір сонячного сяяння на 50-60 %. Таке поєднання метеорологічних характеристик гальмувало досягання зерна озимих і ранніх ярих культур та затримувало польові роботи. Жнива розпочалися лише в другій декаді липня і тривали до кінця місяця, коли погода нарешті стабілізувалася. Надмірна волога спровокувала бурхливий ріст бур'янів, масове поширення грибків, вірусів та активізацію шкідників.

Динаміка накопичення тепла протягом сезону була такою: до кінця травня сума активних температур склала 501 градус (проти норми 507), у червні — 1073 (норма 1045), у липні — 1671 (норма 1677), а наприкінці серпня показник досяг 2254 градусів, що майже відповідає стандартним 2272.

За вегетаційний сезон (з квітня по жовтень) випало 555 мм опадів, що на 60% перевищило звичну норму. Гідротермічний коефіцієнт на рівні 1,5 свідчить про надмірну зволоженість періоду. Осінні місяці виявилися вкрай важкими для завершення польового сезону та підготовки ґрунту. Через постійні зливи аграрії не могли вчасно посіяти озимину, а збір соняшнику, круп'яних та коренеплодів відбувався у критичних умовах. Брак тепла гальмував ріст молодих рослин: лише до 20 вересня посіви встигли сформувати по два стебла.

Похолодання (нижче +10°C) прийшло вже 10 вересня, а загалом теплий період тривав лише 144 дні, що майже на три тижні коротше за норму. Надзвичайно холодна погода в жовтні спричинила припинення вегетації (15 жовтня) зимуючих культур, що на 10 днів раніше звичайних строків. Попри такі складні умови, стан посівів на момент входу в зиму оцінювався як переважно добрий.

Весняний сезон 2023 року виявився досить складним для аграріїв: погода заважала як відновленню росту озимини, так і польовим роботам чи сівбі. Початок березня був аномально теплим — температура перевищувала норму на 7 градусів. Однак уже в середині місяця прийшло різке

похолодання до  $-1,6^{\circ}\text{C}$ , і лише під кінець березня повітря знову почало прогріватися. Окрім температурних коливань, друга декада відзначилася потужними опадами: випало понад 30 мм вологи, що втричі більше за звичні показники.

Ґрунт зовсім відтанув 29 березня. Відновлення вегетації зимуючих культур почалось в 1-ій декаді березня але з похолоданням в середині місяця воно загальмувалось. Стійке відновлення вегетації почало відбуватись з 1 квітня і проходило дуже активно. Позначку у  $+5^{\circ}\text{C}$  середньодобова температура подолала 31 березня. Через перезволоженість ґрунту на полях засіяти ярі зернові вдалося лише в середині квітня (15–16 числа).

Позначку у  $+10^{\circ}\text{C}$  середньодобова температура подолала 23 квітня. На старті місяця земля була перенасичена вологою, проте до травня її запаси скоротилися до звичних показників, залишаючись прийнятними для росту культур. Водночас польові роботи йшли важко: затяжні осінні та весняні зливи надмірно ущільнили ґрунт, а швидке висихання поверхні призвело до появи твердої кірки.

Ситуація погіршилася в травні, коли в перші дві декади випало лише близько 11 мм опадів. Брак вологи в орному шарі пригнічував посіви: у пшениці почало жовтіти нижнє листя, а ячмінь погано кущився та мав слабе коріння. До кінця травня пожовтіння охопило і ярі зернові. На фоні такої слабкості рослин активізувалися сільськогосподарські шкідники.

Літо характеризувалось жаркою і сухою погодою. Суми активних температур на літні місяці накопичувалися так: на кінець червня  $-1242^{\circ}\text{C}$ , на кінець липня  $-1905^{\circ}\text{C}$  і на кінець серпня  $2497^{\circ}\text{C}$ , а норми були на багато меншими і складали відповідно  $-1045^{\circ}\text{C}$ , 1677 і  $2272^{\circ}\text{C}$ . Гідротермічний коефіцієнт (ГТК) за цей період склав 0,97 проти норми 1,09 що означає недостаток зволоження.

Червень став справжнім випробуванням: випало лише 9 мм опадів при нормі 72 мм. Аномальна спека (майже на 6 градусів вище звичного) у

поєднанні з низькою вологістю повітря висушувала посіви. Через такий стрес зерно сформувалося дрібним та щуплим, що негативно вплинуло на майбутній врожай, а поля масово заростали бур'янами.

Липневі зливи, хоч і принесли 120,5 мм вологи, вже не врятували ситуацію для зернових — вони повністю дозріли ще на початку місяця. Жнива стартували 11–13 липня, але через забур'яненість косовиця проходила важко. Натомість серпень із нормованими опадами (близько 56 мм) створив сприятливий фон для пізніх культур. Зокрема, кукурудза отримала достатньо тепла для якісного визрівання, а умови для підготовки ґрунту під наступну озимину були цілком задовільними.

Осінь 2023 р. була тривалий час теплою: у вересні температура повітря коливалась від 17,5 до 12,6°C при нормі 15,9°C -12,3°C, а в жовтні цей показник знаходився в межах 12,0-5,2°C при нормі 10,5-5,3°C. перехід середньодобової температури через 5°C відбувся 4 листопада, що на 11 днів пізніше норми (24 жовтня). Запаси продуктивної вологи в орному шарі ґрунту склали 30-38 мм, що близько до норми. Озимі посіли на початку вересня, сходи і розвиток рослин проходили нормально. На початок жовтня рослини озимої пшениці добре вкорінилися, розкущилися, висота їх склала 19-22 см, щільність була 950-1100 стебел/м<sup>2</sup>. Перехід середньодобової температури через 0° відбувся 10 листопада і вегетація озимих припинилась.

Загалом агрометеорологічна ситуація у 2023 році виявилася несприятливою для ранніх зернових. Спочатку надмірна вологість ґрунту на старті весни завадила вчасному проведенню посівної. Згодом, у травні та червні, через гострий дефіцит дощів посіви сильно страждали від посухи, а поля активно заростали бур'янами, що пригнічувало ріст культур. Натомість для пізніх рослин умови склалися краще: липневі та серпневі опади забезпечили достатній рівень вологи для їхнього нормального розвитку.

Зимовий сезон 2024 року пройшов під знаком аномального тепла з різкими температурними стрибками. Незважаючи на загальний високий фон

температур, ні середньодекадні температури, ні максимуми не досягли абсолютних значень за 50 років. Опадів було значно менше норми: у січні та лютому випало лише 35–60% від норми. Середні температури січня виявилися на 3–3,5 градуси вищими за звичні, а лютневі — на цілих 4 градуси. Хоча морози часом сягали  $-22^{\circ}\text{C}$ , наприкінці лютого потеплішало до  $+12^{\circ}\text{C}$ . Льодова кірка завтовшки до 2 см, що утворилася в міжряддях, серйозної шкоди посівам не завдала.

Березень підтримав аномальну тенденцію, будучи на 1,5–2 градуси теплішим за норму. Квітень також відзначився теплом, хоча й з різкими добовими коливаннями температур та рясними дощами. Весняна посівна проходила важко: спершу заважав перезволожений і спресований опадами ґрунт, а в другій половині квітня поверхня землі миттєво взялася твердою кіркою через стрімке висихання.

Температурний режим травня, як і попередніх місяців, був аномальними. Середньомісячна температура становила  $15-16^{\circ}\text{C}$ , що близько норми. Але середньодобові температури першої декади були дуже високі. Через  $15^{\circ}\text{C}$  середньодобові температури повітря стало перейшли 26 травня, на 7-10 днів пізніше звичайного. Загальна сума опадів за місяць становила 20-25 мм (30-40% норми). Весняні кліматичні умови, що склалися цього року, сприяли активному розвитку шкідників сільськогосподарських культур та інтенсивному поширенню хвороб.

Червень виявився ще більш екстремальним: перші двадцять днів панувала виснажлива спека до  $+37^{\circ}\text{C}$ , а середня температура перевищила норму на 2-3 градуси. Посуха посилилася — опадів практично не було (лише 12-20% від необхідного). Липень же продемонстрував різкі контрасти: прохолодна перша половина місяця з грозами, градом та шквалами змінилася аномальною спекою. Потужні зливи принесли майже подвійну норму вологи (до 190%), що подекуди спричинило значні збитки для аграріїв та інфраструктури.

Серпень 2024 року характеризувався надзвичайною контрастністю по температурному режиму. Більшу частину місяця дощі були рідкістю, і лише під кінець пройшли потужні зливи, коли за добу подекуди випадала одна або навіть дві декадні норми вологи. Спекотний період (із температурою понад  $+20^{\circ}\text{C}$ ) затягнувся на рекордні 66–68 днів, що на два-шість тижнів довше за звичайні показники.

Осінь 2024 року відзначалася аномальністю та контрастністю температурного режиму, в середньому на  $0,5-1,0^{\circ}\text{C}$  вище норми, але коливання середньодобових температур було дуже значне. Незважаючи на великі контрасти, мінімуми та максимуми температур все ж абсолютних значень не досягли. Слід зазначити, що в цілому врожайність сільськогосподарських культур визначалась у 2024 році переважно забур'яненістю посівів, а також економічним порогом шкодочинності бур'янів.

## 2.2 Об'єкт дослідження

Об'єктом даного дослідження стали бішофіт та пробіотичні препарати.

**Полтавський бішофіт** - природній мінерал, головним чином це хлорид магнію ( $\text{MgCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$ ).

Свою назву мінерал бішофіт отримав у 1887 році від дослідника Оксеніуса на честь видатного німецького науковця Г. Бішофа. Саме Бішоф відкрив перші поклади цієї солі в німецьких цехштейнових відкладах верхньопермського періоду, де мінерал сусідив із галітом, карналітом та іншими сполуками магнію й калію. У природі він зазвичай не утворює масивних пластів, а трапляється у вигляді дрібних крапель, окремих «гнізд» або тонких шарів.

Ця сіль надзвичайно активно вбирає вологу — на відкритому повітрі вона швидко зволожується та перетворюється на розчин, а також легко взаємодіє з водою чи спиртом. На смак мінерал гіркий. Найчастіше бішофіт

прозорий або білий, хоча іноді трапляються помаранчеві чи червоно-бурі зразки. Зовнішній вигляд породи може бути однорідним, смугастим або плямистим — останнє залежить від наявності домішок на кшталт сильвіну чи ангідриту.

Бішофіт є хлоридно-магнієвою сіллю, збагаченою понад трьома десятками мікроелементів. Його знаходять у надрах України, Казахстану, Німеччини, Китаю та на Африканському континенті. Цей мінерал виник понад 200 мільйонів років тому внаслідок повного висихання давнього Пермського моря. Оскільки він надзвичайно легко розчиняється, його видобувають, закачуючи під землю прісну воду. Отриманий прозорий розчин має високу густину ( $1,3 \text{ г/см}^3$ ) та значну концентрацію солей (400–450 г/л),  $\text{pH} = 5 - 5,7$ . Температура замерзання  $+ 10^\circ\text{C}$ . Зберігати рідину можна в будь-якій тарі, окрім алюмінієвої. У залізних баках на межі з повітрям може виникати корозія, що надає суміші жовтуватого відтінку. В Україні пласти бішофіту завтовшки близько двох метрів зосереджені в межах Дніпровсько-Донецької западини.

У промисловій сфері бішофіт є затребуваною сировиною: його застосовують для боротьби з пилом, виготовлення бурових розчинів (для регулювання пластового тиску) та виробництва хлориду магнію. Останній незамінний у сільському господарстві для десикації бавовнику — підсушування рослин перед збором. Крім того, мінерал використовують у текстильній галузі для створення штучних волокон, у будівництві при виробництві цементу, а також як основу для мінеральних добрив.

Медична практика використовує розчини бішофіту переважно для бальнеотерапії — лікувальних ванн та процедур. Зокрема, Полтавський бішофіт, детальний склад якого наведено в таблиці 2.5, офіційно класифікують як малонебезпечну сполуку (речовини що не є небезпечними). Це підтверджує безпечність його використання у терапевтичних цілях та при дотриманні технічних норм на виробництві.

Таблиця 2.5

*Хімічний склад Полтавського бішофиту\**

Показник	Одиниці вимірювання	Методика вимірювання	Проба 1	Проба 2	Проба 3	Усереднені дані
<b>Макросклад, г/дм<sup>3</sup></b>						
рН	-	ДСТУ 4077-2001	8,5	8,6	8,6	8,6
Na+K	г/дм <sup>3</sup>	ДСТУ ISO 9964-3:2015	45,1	45,3	44,8	45,1
Ca <sup>2+</sup>	г/дм <sup>3</sup>	ДСТУ ISO 6059:2003	10,1	10,7	10,5	10,5
Mg <sup>2+</sup>	г/дм <sup>3</sup>		1,1	1,1	1,2	1,1
Cl	г/дм <sup>3</sup>	ДСТУ ISO 9297:2007	92,6	92,4	93,2	92,7
<b>Мікросклад, мг/дм<sup>3</sup></b>						
Літій	мг/дм <sup>3</sup>	ПНД.Ф 14.1:2.253-09	1,6	1,7	1,6	3,6
Стронцій	мг/дм <sup>3</sup>	ПНД Ф 14.1:2.253-09	45,8	48,9	45,2	46,6
Хром	мг/дм <sup>3</sup>	ДСТУ ISO 18412:2017	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
Кобальт	мг/дм <sup>3</sup>	МУ 31-14/06	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007
Цинк	мг/дм <sup>3</sup>	ДСТУ ISO 11885:2005	0,026	0,026	0,028	0,027
Нікель	мг/дм <sup>3</sup>	ДСТУ 7150:2010	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007
Свинець	мг/дм <sup>3</sup>	ДСТУ ISO 11885:2005	0,001	0,001	0,001	0,001
Ртуть	мг/дм <sup>3</sup>	ДСТУ EN 1483:2013	≤0,0001	≤0,0001	≤0,0001	≤0,0001
Мідь	мг/дм <sup>3</sup>	ГОСТ 4388-72	0,010	0,011	0,011	0,011
Кадмій	мг/дм <sup>3</sup>	ДСТУ ISO 15586:2012	≤0,0001	≤0,0001	≤0,0001	≤0,0001
Бром	мг/дм <sup>3</sup>	ПНД Ф 14.1:2.253-09	458,6	497,2	499,5	485,10
Йод	мг/дм <sup>3</sup>	ПНД Ф 14.1:2.253-09	10,91	11,20	11,08	11,06
Магній	мг/дм <sup>3</sup>	ДСТУ ISO 6059:2003	127,8	129,6	130,2	129,20
Миш'як	мг/дм <sup>3</sup>	ГОСТ 4152-89	0,002	0,002	0,003	0,002
Бор	мг/дм <sup>3</sup>	ГОСТ 31949-2012	2,00	2,00	2,00	2,00

\*Дослідження проводили у лабораторії агроекологічного моніторингу, додаток В

Згідно з термінологією ВООЗ, пробіотики — це безпечні для людини мікроорганізми, які здатні протидіяти шкідливим бактеріям і допомагають відновити природний баланс мікрофлори. Їхня дія базується на здатності синтезувати природні антибактеріальні сполуки, що робить їх ефективними біологічними противниками патогенів.

Потрапляючи в поживне середовище, пробіотичні культури миттєво поглинають органічний субстрат, буквально позбавляючи шкідливу мікрофлору шансів на виживання. Ці бактерії виступають природними ворогами для стафілококів, сальмонел, стрептококів та різноманітних дріжджів. Ключовою особливістю таких мікроорганізмів є їхня спроможність синтезувати власні антибіотичні речовини.

У даному дослідженні використано пробіотичні препарати *Sviteco* (основними мікроорганізмами яких є *Bacillus subtilis*), виробник ТОВ «НВП Еко-Країна», с. Терешки, Полтавська обл., Україна):

- *Sviteco-ППВ* (склад: очищена вода, *Bacillus subtilis*, органічні солі);
- *Sviteco-ОПЛ* (склад: четвертинні амонієві сполуки, *Bacillus megaterium*, *Bacillus subtilis*);
- *Sviteco PBP* (склад - комплекс пробіотичних культур *Bacillus subtilis*  $10 \times 10^9$  КУО). Виробник ТОВ «НВП Еко-Країна», с. Терешки, Полтавська обл., Україна).

*Bacillus subtilis* («сінна паличка») – це грампозитивна, спороутворювальна факультативна аеробна ґрунтова бактерія розмірами 3-5x0,6 мікрон. Її овальні ендоспори залягають по центру клітини й не виходять за її межі. Завдяки наявності численних джгутиків по всій поверхні (перитрих), клітина активно рухається. Під час росту вона формує специфічні сухі колонії з дрібними зморшками, що на дотик нагадують оксамит. Колір таких утворень зазвичай варіюється від прозорого до рожевуватого, а краї мають хвилясту форму. Мікроорганізм невибагливий: він успішно розвивається на м'ясо-пептонних середовищах, рослинних залишках та простих синтетичних сумішах. Як типовий хемоорганогетеротроф, ця бактерія бере участь в амоніфікації білкових сполук, а також легко розщеплює складні вуглеводи, як-от крохмаль чи глікоген. Науково підтверджено, що штами *B. subtilis* є цілком безпечними для людей і тварин [170; 171].

Спроможність різноманітних штамів *B. subtilis* виробляти біологічні фунгіциди, ферментні сполуки, полісахариди та речовини, подібні до антибіотиків, відкрила широкі горизонти для їхнього практичного впровадження. Зокрема, доведена здатність місцевих різновидів цієї бактерії пригнічувати шкідливі ґрунтові гриби, що дозволяє використовувати їх для відновлення родючості ґрунтів [174]. Бактерії роду *B. subtilis* також є перспективною групою мікроорганізмів для створення високоефективних пробіотиків. Вони здатні затримувати ріст сторонньої для шлунковокишкового тракту мікрофлори [175]. Застосування мікробіологічних підходів на основі *B. subtilis* дасть змогу не лише очищувати воду й ґрунти від фітопатогенів, а й збагачувати ці середовища цінними пробіотичними мікроорганізмами.

Головними перевагами *B. subtilis* є її повсюдне поширення у довкіллі та повна безпечність для людського організму. Ці мікроорганізми вирізняються надзвичайною життєздатністю: вони легко витримують вплив агресивних травних ферментів. Завдяки високій технологічності процесу культивування, ці бактерії є ідеальною основою для створення різноманітних біопрепаратів. Стійкість до критичних температурних коливань забезпечує тривале зберігання без втрати властивостей. На сьогодні *B. subtilis* успішно використовують у медицині, ветеринарії, а також для ефективною біологічної очистки стічних вод. [176; 177]. Використання *B. subtilis* для очистки ґрунтів є новітнім та малодослідженим напрямком.

### 2.3 Агробіологічні особливості вирощування пшениці озимої

Пшениця озима (*Triticum L.*) стабільно утримує провідні позиції за обсягами посівів. Однак за даними Державної служби статистики України за два останні роки посівна площа озимих культур скоротилася на 32%. Під урожай 2024 року засіяно пшениці 4,36 млн га, 2023 року - 4,22 млн га, 2022 року - 6,54 млн га [178].

За для загального уявлення росту та формування озимої пшениці на ранніх стадіях життєвого циклу, нижче представлено схематичне зображення (рис. 2.3).

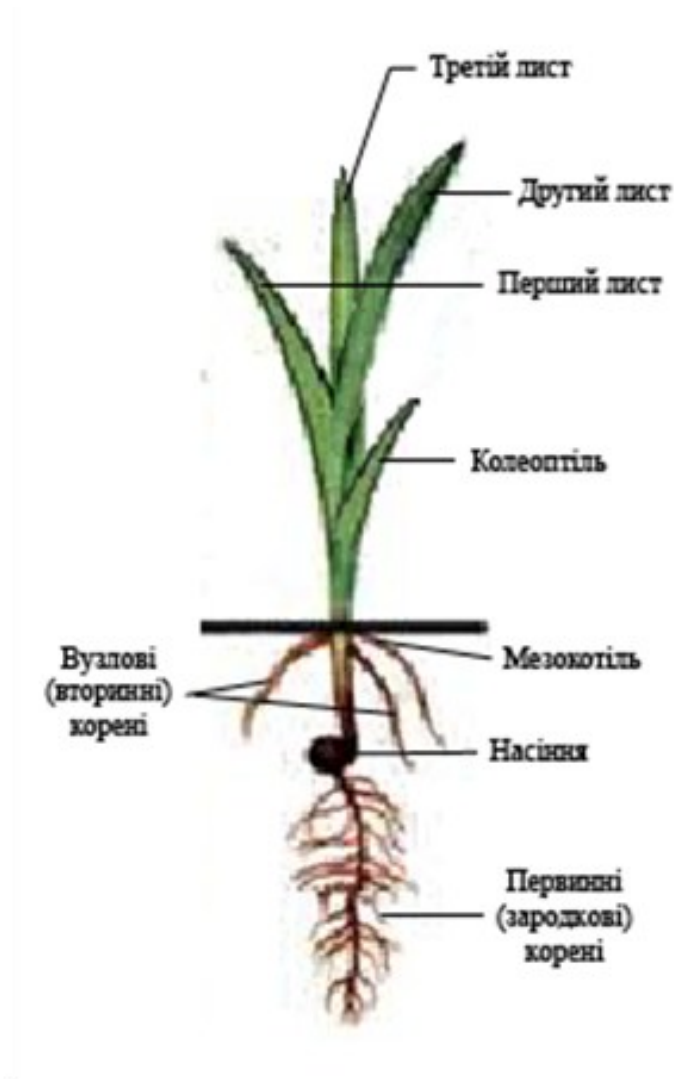


Рис. 2.3. Сходи пшениці озимої на перших етапах онтогенезу [179]

Досягнення стабільно високих показників збору озимини неможливе без грамотного вибору попередніх культур, що відповідають біологічним потребам конкретних сортів. Лише завдяки правильній сівозміні, навіть без додаткових витрат на інтенсивні технології, можна отримати приріст урожаю від 3 до 15 центнерів з гектара [167].

З усіх культур, які вирощуються в господарствах Полтавської області, найбільш вимогливими до попередників є озима пшениця та ріпак. Урожайність цих культур у повторних посівах або при частому поверненні на попереднє місце різко знижується. Цей висновок підтверджують і результати досліджень відділу землеробства Полтавської державної сільськогосподарської дослідної станції ім. М. І. Вавилова. Це підтверджують багаторічні спостереження фахівців Полтавської дослідної станції ім. М. І. Вавилова: за понад пів століття беззмінного вирощування пшениці її врожайність виявилася майже на тонну нижчою, ніж у межах повноцінної сівозміни [167].

Оскільки озима пшениця дуже чутлива до сівозміни, фахівці радять відводити під неї щонайменше половину площ саме після найкращих попередників. Багато експертів підкреслюють, що посіви, розміщені після зайнятого пару, здатні самостійно й досить ефективно стримувати ріст бур'янів. Доведено, що за сприятливих умов розвитку озимина добре пригнічує бур'яни, і такі посіви взагалі не потребують хімічного захисту [180].

Дослідження впливу попередніх культур та живлення на продуктивність озимини проводили фахівці Інституту зернового господарства УААН [181]. У Результати засвідчили, що найкращі показники врожайності забезпечували такі варіанти, як чорний пар, суміш вівса з горохом або чистий посів гороху. Щодо добрив, то найвищу врожайність зафіксували при систематичному внесенні гною (90 т/га) у

поєднанні з щорічним підживленням мінеральним комплексом  $N_{30}P_{30}K_{30}$  під кожен культуру в межах сівозміни [182-183].

Головне завдання передпосівного обробітку землі — це максимальне утримання вологи, що залишилася після попередньої культури. Окрім цього, важливо повністю очистити поле від бур'янів та сформувати рівну поверхню для висіву. Тільки якісно підготовлене посівне ложе гарантує, що насіння ляже на потрібну глибину й отримає умови для дружних сходів [167].

Науковці визначили, що для пшениці озимої критичною є температура  $-10...-12^{\circ}C$  на момент завершення вегетації. Коли ж температура ґрунту на трисантиметровій глибині стабільно переходить через нуль, межа витривалості зміщується до  $-13...-14^{\circ}C$ . Варто пам'ятати, що цей поріг індивідуальний для кожного сорту і залежить від його генетичних особливостей [184]. Цікавим є спостереження, що морозостійкість рослин прямо пов'язана з їхньою продуктивністю та режимом азотного живлення. Питання зміцнення зимостійкості в умовах українського Лісостепу та Полісся детально висвітлені у працях Н.А. Федорової, а Л.П. Максимчук та М.А. Греков у своїх дослідженнях проаналізували фактори загибелі посівів та запропонували методи підвищення їхньої витривалості [188].

Варто підкреслити, що для формування врожаю пшениця озима споживає значні обсяги вологи — приблизно 4–5 тис.  $m^3/га$ . Найкращим показником зволоженості землі вважається рівень у 70–80% від її повної місткості. Особливо важливо підтримувати цей баланс у період від кушення до колосіння (рис. 2.3), адже саме тоді закладаються майбутні зерна. При цьому коефіцієнт випаровування води самою рослиною становить 550–600 одиниць. Дослідники також нагадують: головна частина кореневої системи зосереджена у верхньому 20-сантиметровому шарі ґрунту.

Варто підкреслити, що для формування врожаю озимина споживає значні обсяги вологи — приблизно 4–5 тис.  $m^3/га$ . Найкращим показником зволоженості землі вважається рівень у 70–80% від її повної місткості.

Особливо важливо підтримувати цей баланс у період від кушення до колосіння (рис. 2.3), адже саме тоді закладаються майбутні зерна. При цьому коефіцієнт випаровування води самою рослиною становить 550–600 одиниць [189]. Вчені також звертають увагу на те, що основна маса коренів пшениці озимої розташована у шарі ґрунту 0–20 см.

Вітчизняні фахівці відмічають, що підсумковий високий врожай пшениці озимої після стерньових попередників досягається шляхом своєчасного збирання їх врожаю з наступним (без розриву в часі) обробітком ґрунту луцильниками (ЛДГ–10 та 15), а при ущільненні ґрунту важкими боронами (БДТ 3 та 7) – на глибину 10–12 см [190]. Досліди показують, що найкращу якість підготовки поля та економію пального дають сучасні комбіновані агрегати типу «Мультитіллер» чи «Смарагд». Тому пріоритетне значення у створенні оптимальних водно–поживних режимів ґрунту, а також одержання своєчасних і дружніх сходів пшениці озимої відіграє саме основний обробіток ґрунту з урахуванням використаних при цьому попередників [191-195].

Для посівів озимини після чистого або зайнятого пару науковці рекомендують дотримуватися базової норми добрив  $N_{85}P_{96}K_{51}+N_{30}$ . Проте досліди фахівців Полтавської станції ім. М. І. Вавилова показали, що найвищого результату (6,65 т/га) можна досягти за інтенсивнішого підходу. Рекордну врожайність зафіксували при внесенні комплексу дозі  $N_{85}P_{96}K_{51}+N_{30}$  з додатковим весняним підживленням ( $N_{30}$ ), обов'язковій обробці насіння біопрепаратом «Поліміксобактерин», використанні мікродобрив та повному хімічному захисті посівів. Застосування мінеральних добрив підвищило урожайність від 16,9% за внесення мінеральних добрив в дозі  $N_{58}P_{45}K_{25}$  до 21,7% за внесення  $N_{85}P_{96}K_{51}+N_{30}$  кг д.р./га [167].

Слід підкреслити, що в агроценозах України налічується приблизно три сотні найбільш поширених бур'янистих рослин. Через таку високу

забур'яненість посіви пшениці озимої, нашої базової зернової культури, втрачають від 25% потенційної продуктивності, а в критичних ситуаціях недобір урожаю може перевищувати навіть 50% [196-197].

Академік О.І. Мальцев у своїх працях детально проаналізував, як конкретні види бур'янів виснажують посіви стратегічно важливих зернових. Він довів, що поширення лободи білої (*Chenopodium album*), грициків звичайних (*Capsella bursa-pastoris* L.) та окремих видів щириці призводить до різкого падіння врожайності пшениці. Окрім кількісних втрат, ці рослини суттєво погіршують і якісні показники зерна, якщо аграрії ігнорують правила сівозміни або відмовляються від застосування сучасних гербіцидів у боротьбі за чистоту полів [198].

У дослідженнях В.В. Докучаєва зафіксовано стрімке поширення бур'янистих рослин на полях порівняно з серединою минулого століття. Вчений наголошував на критичній потребі у нових методах протидії цій загрозі, оскільки шкідлива рослинність здатна обвалити врожайність озимих культур у кілька разів. [159]. Закордонні науковці вважають, що оскільки існує загроза збільшення окремих популяцій бур'янів, стійких до деяких гербіцидів, що застосовуються у посівах пшениці озимої, то боротьба з останніми може бути впроваджена шляхом поєднання різних методів (агротехнічних, механічних, хімічних, біологічних та ін.) [200-201].

І.Н. Шевельов зауважував, впровадження пшениці озимої в сівозміну разом із якісним обробітком ріллі дозволяє суттєво очистити чорноземи від таких агресивних багаторічників, як березка польова чи пирій. Водночас українські дослідники акцентують увагу на важливості розвитку кореневої системи — як зародкових, так і вузлових корінців. Саме цей процес визначає майбутню врожайність культури, особливо за умов нестабільного зволоження [203-204].

Багаторічні дослідження, виконані на Миронівській дослідній станції (Київська область) засвідчили, що найбільший врожай пшениці озимої було

одержано при висіві в оптимальні строки і при одержані більшої густоти стеблостою і продуктивності колосу за рахунок кращої виповненості зерна [205]. Водночас І.Є. Бучинський ще раніше наголошував на вирішальній ролі локального клімату. Він проаналізував погодні цикли минулого й сьогодення, надавши прогнозні моделі, які допомагають адаптувати технологію вирощування головної зернової культури до змін довкілля [206].

Час сівби є визначальним чинником для продуктивності пшениці озимої. Досвід Первомайської сортодільниці на Харківщині показав, що сорт «Харківська 63» дає найкращі результати при посіві 1 вересня по чорному пару. Навіть невелике відхилення від цього графіка на 10–20 днів спричиняло втрату врожаю в межах 3,8–4,7 ц/га (згідно з трирічними спостереженнями). Паралельно з цим науковці аналізували, як різні типи попередників, зокрема і чорний пар, впливають на чистоту полів від бур'янів та загальний фітосанітарний фон посівів [207-212]. **Ошибка! Источник ссылки не найден.**]

Перші вітчизняні експерименти з використанням натрієвої солі 2,4-Д для очищення пшеничних полів від бур'янів стартували у 1959 році. За їхніми результатами фахівці сформували перші офіційні рекомендації щодо хімічного захисту зернових на всій території країни. Водночас у США системний підхід до цієї проблеми запровадили значно раніше: ще з 1930 року там діяла масштабна державна стратегія контролю забур'яненості посівів пшениці [213; 214].

Цікаві досліді були проведені в Нідерландах по вирощуванню пшениці озимої по трьох технологічних системах: інтенсивній, інтегрованій та біологічній [215]. Було виявлено, що врожайність зерна озимини при біологічній системі вирощування знизилася в порівнянні з інтенсивністю на 35,1% (з 77 до 55 ц/га). З іншого боку, як відмічає у своїй роботі В.М. Писаренко, вирощування, у тому числі, пшениці озимої повинно

базуватися на головному екологічному принципі – збереженні та збільшенні природних ресурсів країни [8].

Науковці також зазначають, що конкурентоздатність пшениці досить велика, і тому покриття ґрунту бур'янами в добре розвинутих агроценозах на 91,5% не є приводом для використання гербіцидів, тому що висока вартість останніх не завжди окупається економічно одержаним урожаєм. Такі поля безпосередньо самостійно сприяють очищенню посівів озимини від бур'янів [216]. Окремі дослідники вбачають майбутнє гербології та землеробства у переході до альтернативних стратегій, що базуються на глибокому аналізі біологічних особливостей бур'янів [27; 51; 75; 76; 219], зокрема відзначають, що культурні рослини пшениці озимої при певній густоті стояння, самі успішно контролюють та згодом витісняють бур'яни. Вирішальним фактором тут стає щільність стояння — кількість рослин на кожному квадратному метрі поля. У щільному стеблостій бур'яни розвиваються вкрай слабо, оскільки їм бракує сонячного світла для прориву у верхній ярус, що природним чином гальмує їхній ріст [76].

Аналіз літературних джерел підтверджує, що застосування гербіцидів залишається найпопулярнішим методом захисту озимини від небажаної рослинності, хвороб та шкідників. Практика показує, що використання хімічних засобів часто є вимушеним кроком для порятунку врожаю. Без такого захисту втрати зернових можуть сягати від 20% до половини потенційного збору, а для просапних культур ці цифри ще критичніші — від 40% до 80% [218-219].

Водночас встановлено, що гербіциди та інші пестициди не залишаються безслідними і для самої пшениці. Хімічне навантаження гальмує ріст культур, пригнічує роботу фотосинтезу та порушує активність захисних антиоксидантних ферментів. Більше того, таке втручання може мати довготривалі негативні наслідки, впливаючи навіть на генетичне здоров'я майбутніх поколінь рослин [220-223].

У системі боротьби з бур'янами та шкідниками хімічне обприскування залишається ключовим інструментом. Проте ціна такого захисту є високою: витрати на препарати часто «з'їдають» п'яту частину, а інколи й чверть вартості всього вирощеного врожаю. Попри те, що аграрії сьогодні мають доступ до понад 150 різноманітних хімічних сполук, за своїм впливом на рослини всі наявні гербіциди групуються лише у 23 основні категорії [224]. Хоча хімічний метод боротьби з бур'янами залишається дієвим, його масове впровадження спровокувало серйозні труднощі. Головна проблема — поява та швидке розповсюдження стійких біотипів небажаної рослинності, через що ефективність гербіцидів помітно падає. Фахівці пояснюють це тривалим використанням препаратів, що довго розкладаються, надмірним спрощенням сівозмін та однотипним механізмом дії хімічних сполук, до яких бур'яни встигають адаптуватися [225].

В Україні вже зафіксовано зниження чутливості до гербіцидів у популяціях ромашки пахучої (*Matricaria perforate Merer.*), підмаренника чіпкого (*Galium aparine L.*), лободи білої (*Chenopodium album L.*) і плоскухи звичайної (*Echinochloa crusgalli (L.) Pal. Beauv.*) [226]. Останнім часом спостерігається звикання до гербіцидів і у такого небезпечного карантинного виду, як амброзія полинолиста. Цей бур'ян надзвичайно важко вивести, він масово поширюється як в Україні, так і в країнах Європи. Окрім високої витривалості до природних умов, амброзія навчилася адаптуватися навіть до сильних хімікатів. Через постійне використання однакових сумішей у популяціях бур'янів виокремлюються стійкі групи, які швидко стають панівними на полях. Дослідження підтверджують, що на ділянках, де щорічно застосовують гербіциди, кількість насіння бур'янів у землі зростає в півтора-два рази, а запаси насіння самої амброзії збільшуються у 2,4 рази [227–232].

Відомо, що у сучасному світовому сільському господарстві застосовується значна кількість хімічних препаратів для захисту, зокрема

рослин пшениці озимої від шкідників та хвороб, проте у виробничих умовах ці засоби потребують правильного використання. Зокрема, актуальним є вивчення кінетики деградації гербіцидів та ступеня забруднення продуктів рослинництва даними речовинами. Досліджені захисні механізми рослинного організму, що базуються на саморегуляції біохімічних процесів, які йдуть через зміни активності каталітичних властивостей ферментних систем пшениці озимої [233–235]. Визначено, що на ефективність хімічних препаратів мають вплив різні природні фактори. Так, підкреслюється, що при застосуванні ґрунтових препаратів у посівах, в тому числі, пшениці озимої, особливо велике значення надається наявності вологи в ґрунті, вмісту гумусу та ємкості поглинання катіонів. Виявлено, що у разі, коли рН ґрунту складає менше 6, то гербіциди триазинової групи різко знижували ефект своєї дії, а при рН = 5 – не діяли взагалі [236].

На Полтавській дослідній станції імені М. І. Вавилова щорічно організовують спеціальні полігони для тестування перспективних сортів озимої пшениці від провідних селекціонерів. Згідно зі звітами, у 2022 році продуктивність досліджуваних сортів варіювалася від 5,14 до 7,37 тонн з гектара [167].

У даній роботі для досліджень в умовах Полтавської області (Великобагачанська громада) **використовувався сорт Диканька**. Зернівка червона, склоподібна, крупна. Маса 1000 зерен 47,2-49,5 г. Натура зерна 782-810 г. Вміст клейковини 30,5-32,3%, білка 13,6-15,0%. Сорт добре кушиться як восени, так і весною, невибагливий до попередників. Дає добрі врожаї на бідних ґрунтах, пластичний. Досягнутий потенціал урожайності 65,1-95,0 ц/га. Хлібопекарські якості високі. З 2005 року внесений до Державного реєстру сортів рослин України.

Сорт напівінтенсивного типу, створений для вирощування на високому та середньому агрофоні. Довжина вегетаційного періоду 288 днів. Висота рослин 94,0...102,1 см. Стійкість до вилягання на високому агрофоні

середня, а на середньому – висока. Зимостійкість і посухостійкість високі. Стійкість до хвороб – середня. Сорт менш вибагливий до попередників та створений для вирощування на високому та середньому агрофонах. Дає добрий урожай на бідних ґрунтах. Володіє відмінною стійкістю до хвороб, підвищеною зимостійкістю та посухостійкістю. Незважаючи на кліматичні умови формує виповнене зерно з великою масою тисячі зерен.

### 2.3. Методика проведення досліджень

*Методи визначення впливу пробіотичних препаратів та біофіту на мікробіоту ґрунту.*

Для мікробіологічних аналізів відбирали по 10 г ґрунту з кожного варіанту досліджу, дослідження проводили у трьох повторях. Наважки переміщували у стерильні ступки і диспергували мікроорганізми методом Д. Звягінцева [237]. Після цього готували серію десятикратних розведень ґрунтової суспензії, які згодом висівали на спеціальні селективні середовища.

Склад еколого-трофічних груп мікрофлори ґрунту встановлювали методом посіву суспензій різної концентрації у специфічні поживні субстрати [237-240]. Чисельність мікроорганізмів визначали методом висівання ґрунтової суспензії на стандартні поживні середовища: амоніфікуючі бактерії – на м'ясопептонному агарі (МПА); стрептоміцети і бактерії, що використовують мінеральний нітроген (амілолітичні) – на крохмаль-аміачному агарі (КАА); педотрофні – на ґрунтовому агарі (ПА); нітрифікатори визначали в рідкому середовищі Віноградського (1 мл суспензії, 2 – 4 розведення) та на вилугованому голодному агарі з 2,5 мл 20%-ного розчину  $MgNH_4 \cdot 6H_2O$  ( посів на поверхні); денітрифікатори - на середовищі МПА з 0,1% аміачної селітри; кількість мікроскопічних грибів – на агарізованому середовищі Чапека з молочною кислотою, оліготрофні мікроорганізми – на голодному агарі (ГА)(компанія-виробник середовищ TITAN BIOTECH LTD, Індія); кількість спорових форм мікроорганізмів –

після пастеризації ( $70^{\circ}$  –  $30^{\circ}$ ) на МПА з вуглеводами, або на середовищі - сусло-агар (СА); кількість патогенних форм мікроорганізмів відповідно [241].

Після засіву поживних середовищ їх інкубували при температурі  $28^{\circ}\text{C}$  упродовж 5–14 діб (залежно від швидкості росту мікроорганізмів певних груп) [242]. Кількість мікроорганізмів виражали в колонієутворюючих одиницях (КУО) на 1 г абсолютно сухого ґрунту. Для цього термостатно-ваговим методом визначали вологість зразка ґрунту, взятого для дослідів, і перераховували отриману кількість колоній з урахуванням коефіцієнта вологості та розведення ґрунтової суспензії. Досліди проводили в трьох повторах. Спрямованість мікробіологічних процесів у ґрунті визначали за коефіцієнтами мінералізації–імобілізації, оліготрофності, педотрофності [237]:

- індекс мінералізації–імобілізації (ІМІ) - це співвідношення амілолітичних мікроорганізмів, що використовують аміачний (мінеральний) азот до амоніфікуючих мікроорганізмів, що засвоюють органічний азот (білкових речовин ґрунту).  $\text{ІМІ} > 1$  свідчить про підвищення швидкості розкладання гумусу чи не сприятливих умов для розвитку мікроорганізмів;

- індекс педотрофності (ІП) - це співвідношення педотрофних мікроорганізмів, що беруть участь у перетворенні водорозчинної фракції поживних речовин ґрунту, до амоніфікуючих мікроорганізмів, що засвоюють органічний азот.  $\text{ІП} > 1$  свідчить про відновлення гумусу і наближення до цілинних земель ( $>6$ );

- індекс оліготрофності (ІО) - це співвідношення оліготрофних мікроорганізмів, що завершають мінералізацію органічних сполук ґрунту, до амоніфікуючих мікроорганізмів, що засвоюють органічний азот.  $\text{ІО} > 1$  свідчить про несприятливі деградаційні процеси в ґрунті.

Показники уреазі досліджували колориметричним шляхом, застосовуючи тривідсотковий карбамід; обсяг аміаку фіксували за

допомогою реактиву Неслера (результати подано в мг  $\text{NH}_3$  на одиницю ваги субстрату за добу) [243]; каталази – газометрично з 3% розчином перекису водню в  $\text{cm}^3 \text{O}_2$  на 1 г ґрунту за 1 хв.; активність поліфенолоксидази та пероксидази визначали за методом А. Ш. Галстяна [244]. Статистичний аналіз виконували методом дисперсійного аналізу в комп'ютерних програмах Excel та Statistica – 6.0 [245].

*Проведення фітопатологічних досліджень* здійснювали відповідно відповідно [246]. Визначення чутливості бактерій до антибіотичних речовин проводили методом серійних розведень на твердому поживному середовищі – картопляному агарі, використовуючи крапельний метод [247]. Для цього чашку Петрі з картопляним агаром (КА) засівали бактеріальною суспензією досліджуваних бактерій (концентрація бактеріальної суспензії  $1 \times 10^9$  колонієутворюючих одиниць/мл – КУО/мл), в кількості 0,1 мл на чашку і розтирали шпателем. Після цього в кожену чашку вносили в центр по 0,1 мл препарату в різних концентраціях. Через 24-48 год. інкубування чашок Петрі в термостаті при  $28^\circ\text{C}$  робили облік зон відсутності росту досліджуваних бактерій. Повторність дослідів – 3-х разова. Відсутність затримки росту вказувало на резистентність мікроорганізмів до даної концентрації препарату. Зони, діаметр яких не перевищує 15 мм, свідчить про слабку чутливість до препарату. Зони затримки росту від 15 до 25 мм фіксуються у чутливих мікроорганізмів, високочутливі характеризуються зонами з діаметром більш ніж 25 мм [248].

Визначення фунгіцидної активності біоциду проводили на середовищі – сусло-агар. в якому пробійником діаметром 8 мм пробивали лунки, наносили культуру гриба, а в лунки вносили розчини досліджуваних препаратів і культивували при температурі, яка є оптимальною для вирощування тест-культур. Для випробувань використовували препарати в концентраціях 100%, та розведені в 10, 100, 1000 і 10000 раз. Висновок про фунгіцидну

активність біоциду, що підлягав випробуванню, робили за зонами затримки росту на 3-тю та 5-ту добу інкубування [246].

*Визначення фізико-механічних та хімічних властивостей ґрунту проводили наступними методами:*

Фізико-механічні властивості ґрунту (структура, вміст водотривких агрегатів) досліджували за методом Штатнова, Савинова [249]. Загальний вміст гумусу визначали за методом Тюріна [250]. Відбір ґрунтових проб виконували відповідно до ДСТУ 4287:2004 [251], підготовку до аналізу – згідно з вимогами ДСТУ ISO 11464-2007 [252]. Лабораторний аналіз проб ґрунту та води здійснювали на базі акредитованої лабораторії агроекологічного моніторингу ПДАУ.

Хімічні властивості ґрунту визначали наступними методами: фактична кислотність ґрунту шляхом вимірювання концентрації  $H^+$  у розчині метод потенціометрії з використанням іоноселективних електродів на потенціометрі рН-150 М (ISO 10390:2021 [253]); вміст обмінного натрію, макро- і мікроелементів: калію, кальцію, магнію у водній витяжці за допомогою полум'яного фотометра з довжиною хвилі 589 і 569,9 нм (ISO 11047:1998 [254]); гідрокарбонати, карбонати - ISO 10693:1995 [255], сульфати - ISO 11048:1995 [256], рухома сірка відповідно ДСТУ 8347:2015 [257], визначення нітратів у ґрунті - ДСТУ ISO/TS 14256-1:2005 [258], хлориди відповідно до ДСТУ 7908:2015 [259]. Нафтопродукти були визначено ваговим методом ISO 11504:2017 [260]. Визначення важких металів у ґрунті проводили відповідно: свинець - ДСТУ 7832:2015 [261], кадмій - ДСТУ 4770.3:2007 [262], мідь - ДСТУ 4770.6:2007 [263], цинк - ДСТУ 4770.2:2007 [264], ртуть - ДСТУ ISO 16772:2005 [265].

*Методи визначення продуктивності рослин та якості урожаю.*

До основних показників якості посівного матеріалу відповідно ДСТУ 4138-2002 [266] відносять схожість, енергію проростання, зараженість хворобами та заселеність шкідниками, вологість тощо. Кількість насіння, що

проросло за перші 3-4 дні, показує його енергію проростання. Для кожної сільськогосподарської культури встановлено стандартом час обліку енергії проростання та схожості [267]. Чашки Петрі розміщували у термостатах, де підтримували температуру близько 20°C. За проростанням насіння спостерігали щоденно протягом 7 днів. Схожість виражали відсотковим відношенням кількості насіння, що проросло, до загальної кількості висіяного. Через три дні пророщування визначали енергію проростання, а через 7 – лабораторну схожість.

Облік бур'янів проводився кількісно-вагомим методом, який полягає в накладанні облікових площадок (0,5 м<sup>2</sup>) в 10 місцях по діагоналі кожної ділянки досліду [268]. Облік наземного забур'янення пшениці озимої визначали в строки рекомендовані для проведення обробки гербіцидами і перед збиранням врожаю. Під час обліку наземного засмічення всі бур'яни підраховувались, виривались, висушувались до повітряно-сухого стану і зважувались.

Облік врожаю зернових культур здійснювали збиранням снопового зразка в 3-х кратній повторності на облікових ділянках в фазі повної стиглості зерна. Структуру урожаю визначали за методикою польового досліду [269].

Упродовж періоду спостережень експерименти закладали у трьох- або чотирикратному повторенні, застосовуючи рендомізований принцип розташування дослідних ланок. Визначаючи габарити ділянок, орієнтувалися на специфіку агротехнічних прийомів, зокрема на щільність посіву та відстань між рядками. Для досить точного досліду площа облікової ділянки повинна бути для пшениці озимої - 40-60 м<sup>2</sup> [270; 272].

#### *Математичні статистичні методи.*

Статистичну оцінку отриманих результатів здійснювали шляхом регресійного та кореляційного аналізу. Розрахунок основних показників і взаємозв'язків між ознаками виконували загальноприйнятими способами в

середовищі MS Excel. Надійність одержаних даних перевіряли через t-критерій Стьюдента, орієнтуючись на рівень імовірності 95%.

Розрахунок економічної ефективності застосування бішофіту та пробіотиків в чистому стані та в суміші з пестицидами і добривами проводився за методичними вказівками [271].

Результати токсикологічного оцінювання пройшли математичну перевірку. Для аналізу обчислювали середнє арифметичне значення (M) та похибку репрезентативності (m). Значущість відхилень між показниками встановлювали за допомогою t-критерію Стьюдента (P).

*Методи визначення механізму впливу бішофіту на рослини.*

Обробку культур бішофітом здійснювали після висіву (на етапі кущення пшениці та появи 3–5 листків у кукурудзи). Через добу, після фіксації токсичного впливу реагенту, фрагменти листової пластинки (розміром 1×1 мм) поміщали в глутаральдегід. Промиту у фосфатному буферному розчині (рН 7,4) тканину протягом години додатково витримували в 1% чотириокису осмію. Далі проводили дегідратацію біоматеріалу в етанолі з висхідною концентрацією та ацетоні, після чого здійснювали просочування епоксидними смолами. Заливочну суміш марки «Fluka» готували в пропорції: 5 мл епону, 3 мл аралдиту-М та 11 мл DDSA з додаванням 14 крапель DMP. Полімеризація тривала 12 годин у термостатних умовах за температури 60°C.

Виготовлення ультратонких шарів тканини проводили за допомогою ультрамікротома УМТП-7. Для вирівнювання отриманих зрізів застосовували пари хлороформу, після чого їх розміщували на попередньо знежирені опорні сітки.

Для подальшої візуалізації проводили подвійне фарбування зразків ураніацетатом та цитратом свинцю, дотримуючись методики Рейнольдса. Підготовлені об'єкти вивчали та фіксували на знімках за допомогою просвічувального електронного мікроскопа моделі ЕВМ-100БР. З метою

отримання достовірних цифрових показників стосовно трансформацій у вибраних структурах використовували принципи стереології [275].

Аналізували такі характеристики: об'ємний вміст хлоропластів ( $V_{vxl}$ ) та мітохондрій ( $V_{vmx}$ ) — ключових енергетичних центрів рослинної клітини. Роботу проводили з фотознімками формату 13×18 см. Обчислення зазначених показників здійснювали шляхом накладання тестових сіток із варіативною щільністю та габаритами комірок.

Для того щоб інтерпретувати результати стереологічних розрахунків у функціональному аспекті та отримати цілісні характеристики структурних процесів, було залучено інструментарій теорії інформації. За допомогою методів інформаційного аналізу вдалося оцінити рівень організації досліджуваної системи [276].

Обчислювалися основні показники, що використовуються в теорії інформації: групова ентропія ( $H$ ), відносна ентропія ( $h$ ) і коефіцієнт надмірності ( $R$ ). Традиційно вважається, що показник групової ентропії демонструє міру неоднорідності компонентів або рівень розмаїття всередині структури. Існує думка, що зростання стійкості та впорядкованості живих об'єктів невід'ємно пов'язане з мінімізацією цього параметра. Водночас відносна ентропія відображає ступінь інформаційного наповнення: високі значення свідчать про вичерпання резервів для подальшого пристосування. Своєю чергою, коефіцієнт надмірності допомагає оцінити стабільність функціонування; його збільшення вказує на наявність додаткових елементів, що гарантують надійність і безперебійність біологічних процесів. Для вимірювання ентропії застосовували біти — ключову одиницю в інформаційній теорії, тоді як рівень надмірності відображали у відсотковому еквіваленті.

Практичну апробацію отриманих висновків проводили через закладання польових експериментів, що підтверджено відповідними актами про впровадження. Під час роботи неухильно дотримувалися методології

єдиної відмінності. При цьому параметри проведення дослідів повністю відповідали типовим господарським реаліям, що гарантувало високу вірогідність і точність результатів.

## **Висновки до розділу 2**

1. Розпочатий науковий напрямок по комплексному використанню бішофіту та пробіотиків в сільськогосподарському виробництві є інноваційним та мало дослідженим. Тому об'єктом дослідження стали пробіотичні препарати та бішофіт.

2. Наукові методики, що застосовувані у досліді відповідають основним принципам методик дослідної справи в агрономії, лабораторні та польові досліді закладено і проведено відповідно затверджених науковопрактичних й методичних рекомендації та наукових методик, методик виконання вимірювань (ДСТУ; ГОСТ; МВВ).

Основні результати проведеного дослідження опубліковані в працях [300; 304; 305; 310].

### РОЗДІЛ 3

## АГРОЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ДІЇ БІШОФІТУ НА ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ТА БІОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ГРУНТУ

### 3.1 Механізм дії бішофіту на культурні рослини і бур'яни

Альтернативою сучасних інтенсивних систем землеробства є розробка екологоорієнтованих технологій, які дозволяють вирощувати екологічно безпечну продукцію рослинництва при прогресуючому підвищенні ґрунтової родючості [18; 20; 293]. При цьому головним питанням формування сталих агроecosystem є спосіб відтворення ґрунтової родючості, розширене її відтворення. Без вирішення цього питання відмова від хімізації може призвести до різкого зниження врожайності сільськогосподарських культур [294].

В даний час в Україні, у зв'язку з економічною і енергетичною кризою, а також посиленням вимог до впровадження екологічно обґрунтованих технологій, виникла проблема захисту посівів від бур'янів недорогими і ефективними засобами. У зв'язку з цим стає особливо актуальним пошук нових методів боротьби із бур'янами та фітопатогенами, при цьому бажано, щоб ці методи були технологічно не складними і головне, щоб для їхнього застосування в господарствах не було потрібно великих фінансових витрат.

Одним із таких методів може бути використання бішофіту та пробіотичних препаратів. Наукові пошуки П. В. Писаренка дали змогу з'ясувати принципи впливу мінеральних сполук на ґрунтові організми. Отримані результати підтверджують, що їх використання сприяє оптимізації росту і розвитку злакових культур за рахунок ефективного регулювання живлення рослин та життєдіяльності мікрофлори ґрунту [295; 296]. Вплив мікробіологічних препаратів, зокрема пробіотиків на ґрунтову біоту, досліджено В.П. Патиною [131; 143]. У той же час актуалізується питання

впливу бішофіту на культурні рослини і бур'яни, яке мало досліджене на сьогодні. З огляду на це постає необхідність у вивченні внутрішньоклітинні механізми фітотоксичної дії бішофіту на культурні рослини і бур'яни.

Для одержання об'єктивних кількісних даних про зміни в досліджуваних об'єктах застосовували стереологічні методи дослідження [16]. Визначалися такі параметри: об'ємна частка хлоропластів -  $V_{\text{вхл}}$  і об'ємна частка мітохондрій -  $V_{\text{вмх}}$ , як двох головних органел рослинних клітин, що продукують енергію. Для цієї мети виготовлялися фотографії стандартних розмірів (13x18) і за допомогою тестової системи сіток із різною кількістю і розмірами квадратів проводили підрахунок вказаних вище параметрів.

Дані про зміну об'ємних часток хлоропластів у клітинах, отримані у результаті стереологічного аналізу досліджуваних рослин представлені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

*Зміна об'ємних часток ( $V_{\text{вхл}}$ ) хлоропластів у клітинах досліджуваних рослин, %*

Озима пшениця		Кукурудза		Лобода біла	
Контроль	Дослід	Контроль	Дослід	Контроль	Дослід
17,65 ± 0,33	18,74 ± 0,27	18,01 ± 0,34	19,28 ± 0,35	<b>19,21 ±</b> <b>0,28</b>	<b>9,31 ±</b> <b>0,19</b>

Дані табл. 3.1 свідчать про ріст об'ємних часток хлоропластів у клітинах пшениці озимої і кукурудзи та про дуже істотне зменшення цього показника в клітинах бур'яну. При аналізі розходжень кінетики досліджуваного показника у пшениці озимої і кукурудзи встановлено, що в об'ємі клітин кукурудзи вміст хлоропластів більший. Аналогічні

закономірності виявлені при застосуванні бішофіту, де виявлено приріст об'ємних часток хлоропластів у цієї культури.

Проведені дослідження впливу бішофіту на субклітинну організацію досліджуваних рослинних об'єктів дозволили встановити ряд фактів, що підтверджують різнопланову дію їх на культурні рослини і на бур'яни. Так, починаючи з клітинної стінки або оболонки у пшениці озимої і кукурудзи після дії бішофіту відзначається тенденція до зменшення її товщини. У бур'янів цей ефект добре виражений. Хоча ультраструктурна організація як власне оболонки, так і зовнішньої мембрани клітин, у контролі й у досвіді практично не помітні.

Дія бішофіту на хлоропласти клітин бур'яну призводить до дезорганізації, деструкції і втрати упорядкованості локалізації мембран у цих органелах. Причому, у клітинах бур'янів відбувається не збільшення об'єму цих органел (як у культурних рослин), а навпаки зменшення. Міжмембранні простори в клітинах бур'янів зменшуються, мембрани тилакоїдів і гран зближуються, ущільнюються, а в багатьох ділянках чіткість меж між ними стирається. Безумовно, порушення структурності в хлоропластах бур'янів детермінує початок дисфункціональних процесів, гальмування, і в значній мірі, припинення фотосинтетичних процесів. Результатом дії цього ланцюжка причинно-слідчих зв'язків є в'янення листків бур'янів.

Беручи до уваги роль хлоропластів у перетворенні сполук азоту, стрімке скорочення їхнього відносного об'єму можна розглядати як фактор, що негативно впливає на утворення нуклеїнових кислот. Зокрема, суттєво уповільнюється процес відновлення нітритів до аміаку, який у нормі забезпечується енергією світла саме в цих органелах. Оскільки отриманий аміак є базовим джерелом для синтезу нуклеотидів та амінокислот, його дефіцит руйнує пластичний обмін. Як наслідок, у пошкоджених структурах гальмується енерговиробництво, а загальний метаболізм клітини суттєво відхиляється від фізіологічної норми.

Варто зауважити, що всередині хлоропластного матриксу зосереджені ензими, відповідальні за синтез жирних кислот. Останні є одним із головних компонентів клітинних мембран. Тому ультраструктура мембран, особливо тилакоїдних, дуже істотно перебудовується під впливом бішофіту.

На основі даних стереологічного аналізу визначено, що після застосування обприскування бур'яну бішофіту відбувається падіння об'ємних часток мітохондрій (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

*Зміна об'ємних часток мітохондрій у клітинах досліджуваних рослин (%)*

Пшениця озима		Кукурудза		Лобода біла	
Контроль	Дослід	Контроль	Дослід	Контроль	Дослід
1,13 ± 0,42	1,36 ± 0,61	1,38 ± 0,55	1,43 ± 0,48	1,45 ± 0,66	0,11 ± 0,04

Як видно з даних, у табл. 3.2, об'ємні частки мітохондрій клітин пшениці озимої і кукурудзи під дією бішофіту збільшуються, у той же час цей показник у клітинах бур'яну різко знижується.

Отже, функції, які властиві мітохондріям (біосинтез АТФ) у клітинах бур'яну порушуються. Порівняльний аналіз дозволяє показати, що при використанні бішофіту, збільшення об'ємних часток мітохондрій у клітинах пшениці озимої відбувається менш інтенсивно, ніж у клітинах кукурудзи (табл. 2.2).

У бур'яну більше об'ємних часток хлоропластів і мітохондрій які, визначають їхню високу спроможність у отриманні і трансформації енергії. Під дією бішофіту їхнє число в одиниці об'єму клітин різко знижується і це обумовлює падіння структурних і функціональних показників клітин і в цілому їхню життєздатність.

Про збільшення хаотичності в хлоропластах рослинних клітин після застосування бішофіту свідчить ріст групової ентропії і падіння коефіцієнту надмірності, отримані після застосування інформаційного аналізу (табл. 4.3).

Ріст ентропії означає зниження впорядкованості, підвищення кількості нерегульованих, хаотичних процесів, у цілому, веде до посилення неорганізованості системи. Зменшення коефіцієнта надмірності трактується як показник падіння надійності аналізованої системи.

Проте у пшениці озимої і кукурудзи зміни настільки незначні, що це можна трактувати як тенденцію до подібних результатів. У той же час у клітинах бур'янів виявлені дуже переконливі інформаційні зсуви, однозначно що трактуються як прямування процесів життєдіяльності до дезорганізації (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

*Інформаційні показники ультраструктурної організації хлоропластів досліджуваних рослин при дії бішофіту (у бітах)*

Інформаційні показники	Пшениця озима		Кукурудза		Лобода біла	
	Контроль	Дослід	Контроль	Дослід	Контроль	Дослід
H	0,875	0,880	0,803	0,807	0,736	0,934
H	0,329	0,332	0,300	0,306	0,306	0,412
R(%)	67,1	66,8	70,0	69,4	69,4	58,85

Таким чином, у бур'янів, під дією бішофіту відбувається така перебудова організації клітинних компонентів, у результаті якої збільшується хаотичність і знижується упорядкованість, що відбуваються в клітинах процесів.

Для перевірки біологічної активності бішофіту проведено додаткову екстракцію хлороформом окремих складових Полтавського бішофіту. Одержали 1,73 г речовини, яку розділили хроматографією на силікагелі аналогічно попередньому аналізу. Інші фракції розділили на чотири групи: 1. парафіни і циклопарафіни (густе біле масло); 2. моноароматичні сполуки -

похідні бензолу - прозоре жовтувате масло; 3. диароматичні (нафталіни), дифеніли, дифенілалкани, три-, тетраароматичні сполучення, флюорени, фенантрени, антрацени, пірени, бензфлюорени, хрізени; 4. смоли.

З одержаних фракцій готували емульсії з концентраціями 3 г/л, 0,3 г/л, 0,03 г/л. Одержаними емульсіями обробляли насіння пшениці озимої сорту Диканька. Контролем були 3 варіанти: без обробки, з обробкою водою і обробкою водою з емульгантом.

Оскільки тільки фракція з нафтовими вуглеводами виявила біологічну дію на проростання пшениці озимої, тільки ці експериментальні дані приведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4

*Дані спостережень за проростанням пшениці озимої обробленою нафтовою фракцією бішофіту*

Варіант	Енергія проростання	Схожість, %	Швидкість проростання, діб	Дружність проростання
Контроль – вода	75,3	92,0	3,0	9,2
Контроль - вода+емельгатор	76,0	92,7	3,0	9,3
Парафіни + Нафтени, 3 г/л	62,0	86,7	3,3	9,4
Парафіни + нафтени, 0,3 г/л	77,0	89,0	3,2	8,9
Парафіни + нафтени, 0,03 г/л	86,7	93,3	2,8	10,9
НІР 0,05	2,96	0,72	0,56	0,76

Біологічну активність для зерна пшениці озимої спостерігали тільки при використанні парафіново-нафтової фракції (табл. 3.4), дія якої сильно залежала від концентрації. Так, висока концентрація знижувала енергію проростання і схожість, уповільнювала швидкість проростання. Поступове

зниження концентрації в 10 і 100 разів змінило пригнічення - стимулюванням: енергія проростання для концентрації 0,03 г/л перебільшила контроль, швидкість проростання збільшилася. Що до нафтових вуглеводнів які в малих дозах стимулюють ріст і розвиток рослин, а в більших кількостях поводять себе як гербіцид. Рострегулюючою дію бішофіту можна пояснити також тим що, вона містить у собі фітогормони абсцизову кислоту (АБК) та зеатин [104].

Таким чином, проведені дослідження впливу бішофіту на субклітинну організацію досліджуваних рослинних об'єктів дозволили встановити ряд фактів, що підтверджують різнопланову дію їх на культурні рослини і на бур'яни. Дія бішофіту на хлоропласти клітин бур'яну призводить до дезорганізації, деструкції і втрати упорядкованості локалізації мембран у цих органелах. Причому, у клітинах бур'янів відбувається не збільшення об'єму цих органел (як у культурних рослин), а навпаки зменшення.

Визначено, що після застосування обприскування бур'яну бішофітом відбувається падіння об'ємних часток мітохондрій, а об'ємні частки мітохондрій клітин пшениці озимої і кукурудзи під дією бішофіту збільшуються. Отже, функції, які властиві мітохондріям (біосинтез АТФ) у клітинах бур'яну порушуються. В бур'яну більше об'ємних часток хлоропластів і мітохондрій які, визначають їхню високу спроможність у отриманні і трансформації енергії. Під дією бішофіту їхнє число в одиниці об'єму клітин різко знижується і це обумовлює падіння структурних і функціональних показників клітин і в цілому їхню життєздатність.

Визначено, що у бур'янів, під дією бішофіту відбувається така перебудова організації клітинних компонентів, у результаті якої збільшується хаотичність і знижується упорядкованість, що відбуваються в клітинах процесів. Крім того, у бішофіті є такі біологічно активні мікроелементи як йод і бром. Бішофіт не містить в собі радіоактивних елементів.

### 3.2 Вплив бішофіту на мікробіологічну активність ґрунту

Серед сукупності природних і техногенних чинників, що впливають на родючість, ключове місце посідає мікробіологічна активність. Саме життєдіяльність ґрунтової мікрофлори визначає особливості перетворення органіки та процеси гумусоутворення [26, 160].

Оскільки стан мікробіоценозу визначає вектор гуміфікації, ключовим завданням було проаналізувати роботу мікрофлори та виявити зв'язок між біологічною активністю та дією ферментів у чорноземі опідзоленому за використання бішофіту. Для вивчення сумісного впливу бішофіту та пробіотику, були закладені наступні експериментальні ділянки (табл. 3.5):

I – контроль (полив вода питна 200 л/га);

II - полив бішофітом - 50 л/га;

III - полив бішофітом - 100 л/га;

IV - полив бішофітом - 150 л/га;

V - полив бішофітом - 200 л/га.

Аналіз мікробного ценозу виконували на 15-ту добу, що збігається з піком біологічної активності [104]. У результаті проведеного дослідження встановлено, що при використанні бішофіту концентрацією до 150 л/га складаються сприятливі умови для життєдіяльності цілого ряду ґрунтових мікроорганізмів, але при концентрації бішофіту 200 л/га відбувається зменшення целюлозруйнуючих колоній (у весняний період - 107 шт. колоній у порівнянні з використанням бішофіту нормою 150 л/га (найкращий варіант) - 450 шт.; у осінній період - 109 шт. колоній у порівнянні з використанням бішофіту нормою 150 л/га - 350 шт.) та автохтонних мікробних колоній (у весняний період - 92 шт. колоній у порівнянні з використанням бішофіту нормою 150 л/га - 250 шт.; у осінній період - 88 шт. колоній у порівнянні з використанням бішофіту нормою 150 л/га - 195 шт.).

Таблиця 3.5

*Вплив бішофіту різної концентрації на мікробний ценоз ґрунту  
(середнє за 2021–2024 рр.)*

Варіант	Кількість мікробних колоній, шт.			
	целюлозо- руйнуючі	автох- тонні	олігонітро- -фільні	усього мікробни
<i>Весняний відбір</i>				
Контроль	117	75	-	188
Бішофіт, 50 л/га	240	124	31	900
Бішофіт, 100 л/га	300	197	120	1700
Бішофіт, 150 л/га	450	250	128	1150
Бішофіт, 200 л/га	107	92	150	247
<i>Осінній відбір</i>				
Контроль	105	64	-	170
Бішофіт, 50 л/га	252	101	6	830
Бішофіт, 100 л/га	305	135	130	1670
Бішофіт, 150 л/га	350	195	141	1325
Бішофіт, 200 л/га	109	88	150	220

Отже, найбільш ефективною виявилася доза бішофіту 150 л/га, оскільки вона максимально стимулює розвиток ґрунтового мікробіоценозу. За таких умов фіксується найвищий вміст автохтонної мікрофлори та мікробів, що розкладають целюлозу. Натомість зростання норми до 200 л/га призводить до погіршення ситуації: загальна чисельність мікроорганізмів угруповання падає на 20–32% відносно оптимального варіанта.

Аналіз ключових еколого-трофічних груп виявив вищу мікробіологічну насиченість ґрунту навесні, ніж у осінній період. Таку динаміку можна пояснити інтенсивними процесами регенерації мікрофлори після зимового спокою (табл. 3.6-3.7).

Таблиця 3.6

Чисельність основних груп мікроорганізмів в ґрунті, кількість клітин в 1 грамі абсолютно сухого ґрунту  
(осінній відбір, середнє за 2021-2024 рр., млн КУО/г ґрунту)

Варіант досліджу		Загальна кількість бактерій, млн	Педотрофні мікроорганізми, млн.	Оліготрофні мікроорганізми, млн	Амоніфікатори, млн	Амілолітичні мікроорганізми, млн	Актиноміцети, тис.	Гриби, тис.
1	2	3	4	5	6	7	9	10
I – 1	Контроль	2.7 ± 0.09	3.3 ± 0.03	2.8 ± 0.07	2.1 ± 0.03	2.8 ± 0.09	0.1 ± 0.03	22.3 ± 3.00
I – 2	Бішофіт, 50 л/га	2.3 ± 0.29	3.8 ± 0.35	1.9 ± 0.1	4.8 ± 0.37	1.9 ± 0.03	1.4 ± 0.03	31.8 ± 0.65
I – 3	Бішофіт, 100 л/га	2.8 ± 0.29	4.9 ± 0.65	1.7 ± 0.07	6.5 ± 0.32	2.5 ± 0.03	2.0 ± 0.00	18.9 ± 2.31
I – 4	<b>Бішофіт, 150 л/га</b>	5.2 ± 0.09	7.2 ± 0.11	2.8 ± 0.43	15.0 ± 0.23	2.1 ± 0.17	5.5 ± 0.05	25.0 ± 1.3
I – 5	Бішофіт, 200 л/га	2.6 ± 0.12	4.1 ± 0.18	1.6 ± 0.07	4.5 ± 0.38	1.8 ± 0.03	1.7 ± 0.05	21.8 ± 1.4
	НІР <sub>0,05</sub>							

\* - в варіанті з Бішофітом на КАА приведені дані - млн. на 1 г а.с. ґрунту.

Таблиця 3.7

Чисельність основних груп мікроорганізмів в ґрунті, кількість клітин в 1 грамі абсолютно сухого ґрунту  
(весняний відбір, середнє за 2021-2024 рр., млн КУО/г ґрунту)

Варіант досліджу	Загальна кількість бактерій, млн	Педотрофні мікроорганізми (ПА), млн.	Оліготрофні мікроорганізми (ГА), млн	Амоніфікатори (МПА), млн	Амілолітичні мікроорганізми (КАА), млн	Актиноміцети, тис.*	Гриби, тис.	
1	2	3	4	5	6	7	9	10
15 день								
I – 1	Контроль	3,7 ± 0.50	4.5 ± 0.57	6.1 ± 0.30	4.9 ± 0.40	5.6 ± 0.05	1.5 ± 0.03	17.5 ± 3.00
I – 2	Бішофіт, 50 л/га	4.0 ± 0.13	5.0 ± 141	5.0 ± 0.16	5.3 ± 0.85	5.5 ± 0.03	2.1 ± 0.02	17.6 ± 1.30
I – 3	Бішофіт, 100 л/га	4.4 ± 0.10	10.3 ± 0.20	5.4 ± 0.20	7.0 ± 0.12	5.3 ± 0.01	2.7 ± 0.10	19.6 ± 0.40
I – 4	<b>Бішофіт, 150 л/га</b>	5.6 ± 0.11	12.9 ± 0.55	6.0 ± 1.60	9.1 ± 0.03	5.5 ± 0.1	6.4 ± 0.11	23.0 ± 0.4
I – 5	Бішофіт, 200 л/га	3.5 ± 0.05	7.5 ± 0.30	4.4 ± 0.05	5.5 ± 0.38	5.1 ± 0.03	1.8 ± 0.02	18.4 ± 1.0
	НІР <sub>0,05</sub>							

\* - в варіанті з Бішофітом на КАА приведені дані - млн. на 1 г а.с. ґрунту.

Встановлено, що як навесні, так і восени найбільш сприятливі умови для розвитку мікробіоценозу створює доза бішофіту 150 л/га. Зокрема, чисельність усіх груп бактерій за такої норми була найвищою і перевищувала контрольні показники на 52–92%. При варіанті досліду внесення бішофіту дозою 200 л/га спостерігається зниження загальної кількості бактерій у ґрунті у порівнянні з контролем, що пов'язано з пригніченням мікробного ценозу даної концентрації бішофіту (рис. 3.1).

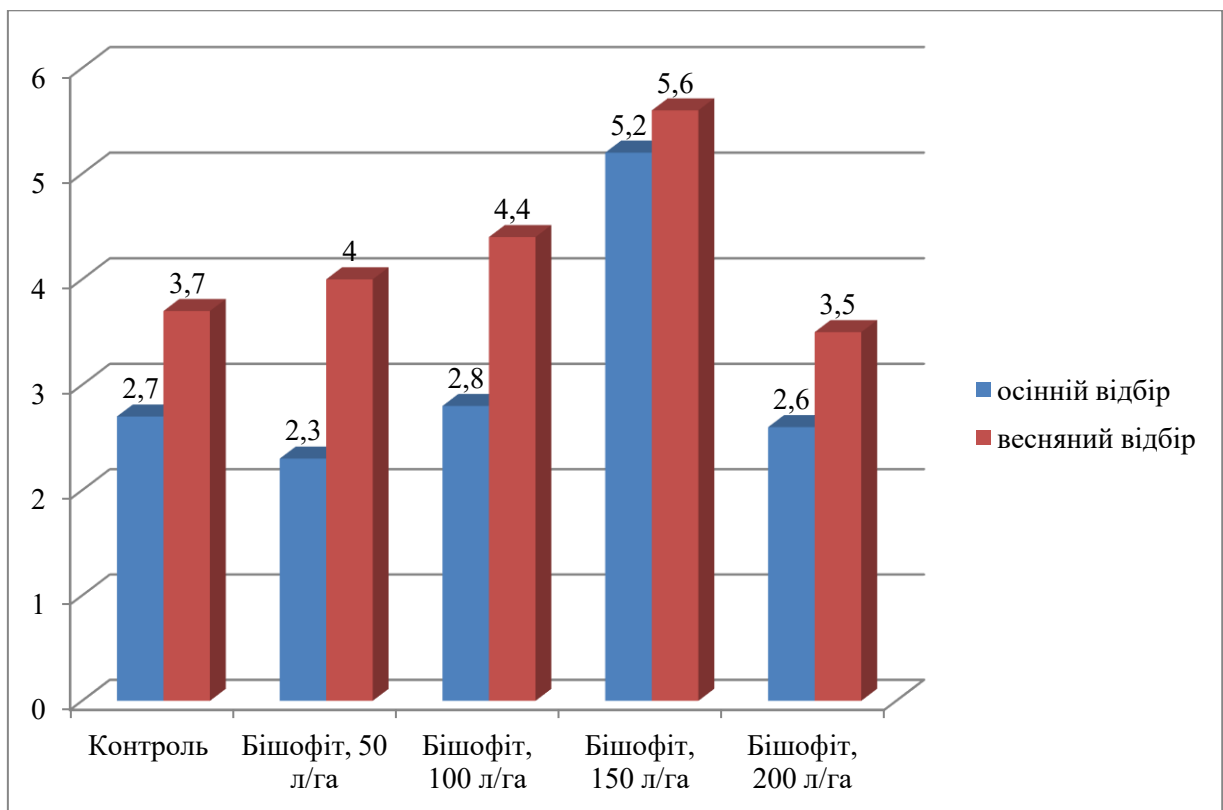
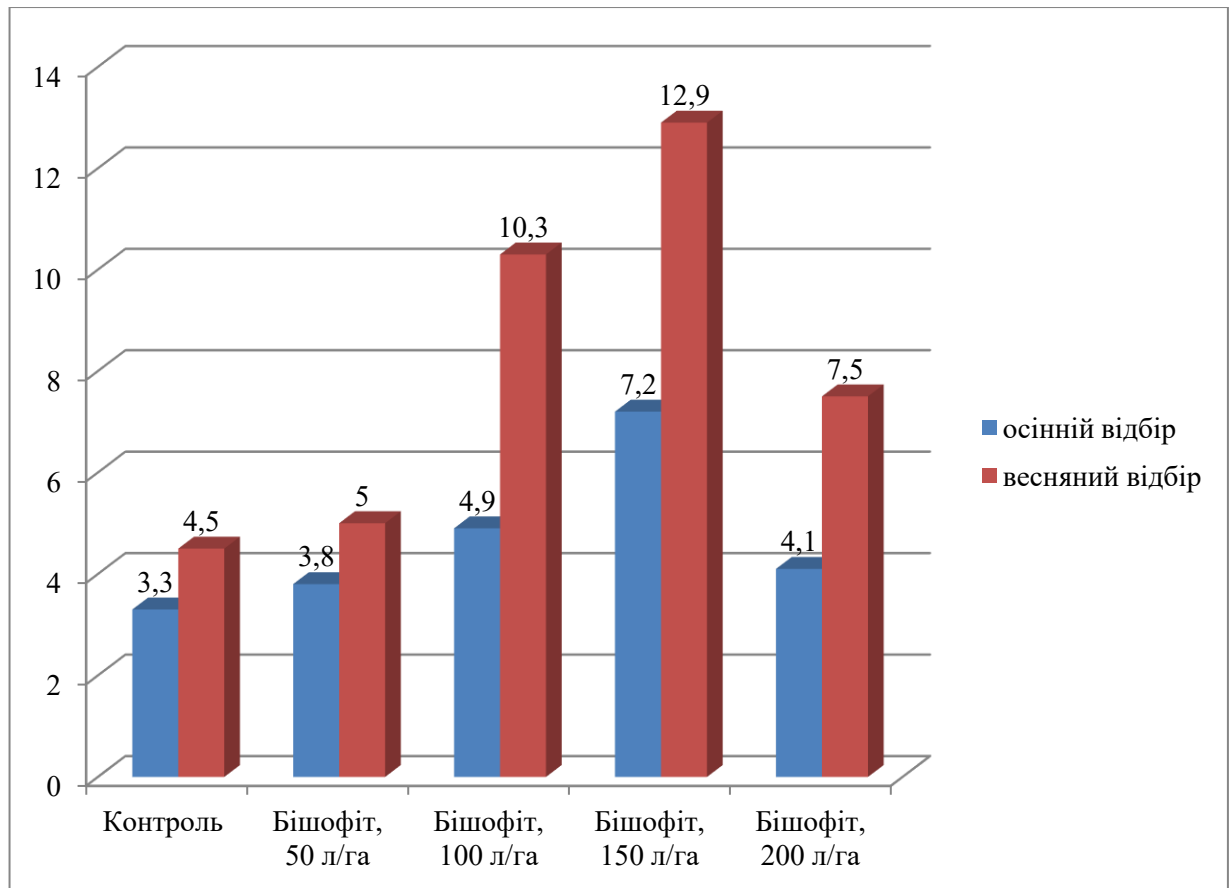


Рис. 3.1 - Загальна кількість бактерій у ґрунті, млн КУО/г ґрунту (середнє за 2021-2024 рр.)

Таку ж саму залежність можна спостерігати і для інших груп ґрунтової мікрофлори (рис. 3.2). Кількість педотрофних мікроорганізмів зростає при внесенні бішофіту 50 л/га на 11% у весняний відбір та на 15% у осінній відбір порівняно з контролем, при внесенні бішофіту 100 л/га - на 128% та 49% відповідно. Найкращі показники мікробного біоценозу зафіксовано при внесенні бішофіту 150 л/га, кількість педотрофних мікроорганізмів зростає

на 187% у весняний відбір та на 118% у осінній відбір порівняно з контролем. При збільшенні дози бішофіту до 200 л/га спостерігається збільшення педотрофних мікроорганізмів у порівнянні з контролем, але зменшення у порівнянні з концентрацією бішофіту 150 л/га (рис. 3.2).

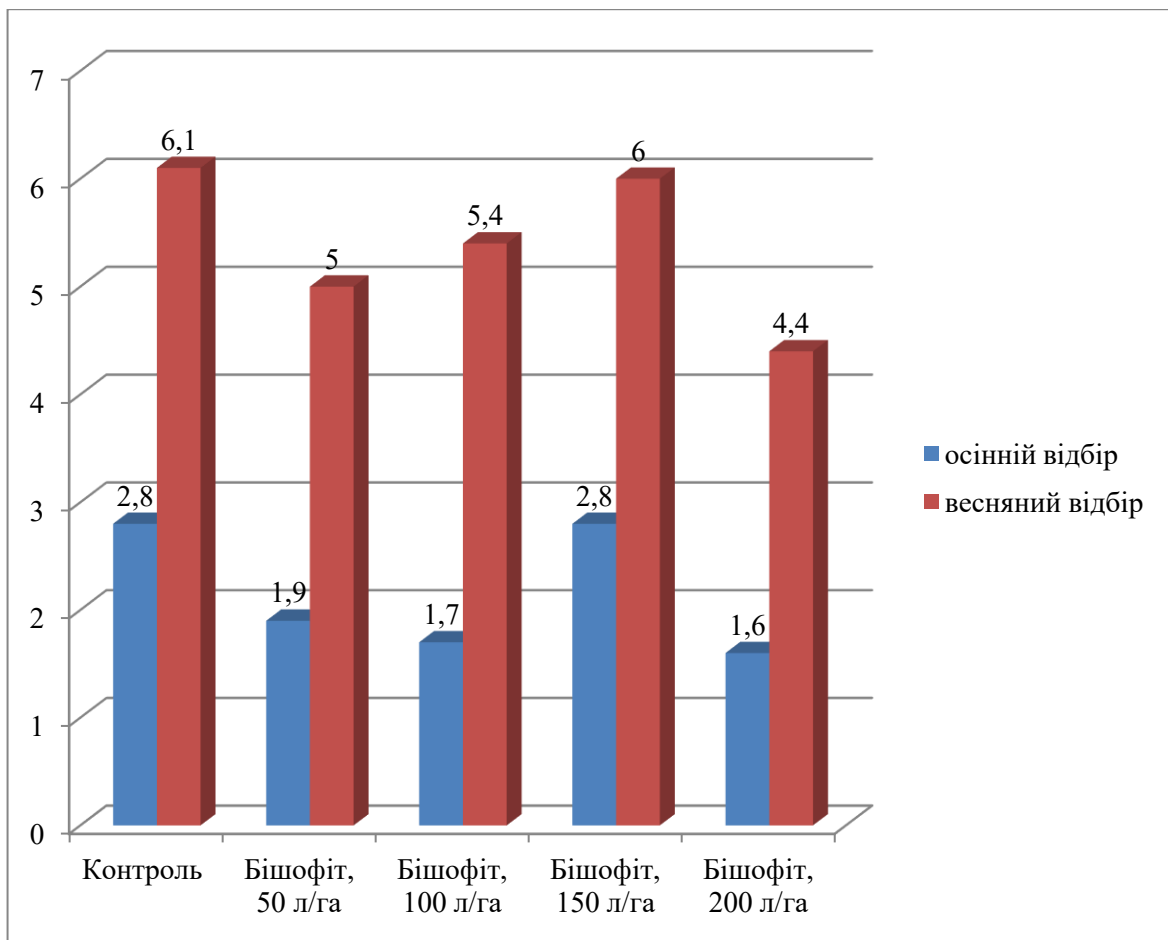


*Рис. 3.2 - Кількість педотрофних мікроорганізмів, млн КУО/г ґрунту (середнє за 2021-2024 рр.)*

Таким чином, найбільшу активність для педотрофних мікроорганізмів має використання бішофіту в дозі 150 л/га (12,9 млн. у весняний відбір та 7,2 млн. у осінній відбір відповідно).

Встановлено, що вміст оліготрофних мікроорганізмів знижується при використанні бішофіту дозою 50 та 100 л/га, але при концентрації бішофіту 150 л/га дещо збільшується і знаходиться на рівні контролю, потім при концентрації бішофіту 200 л/га спостерігається різке зниження оліготрофних

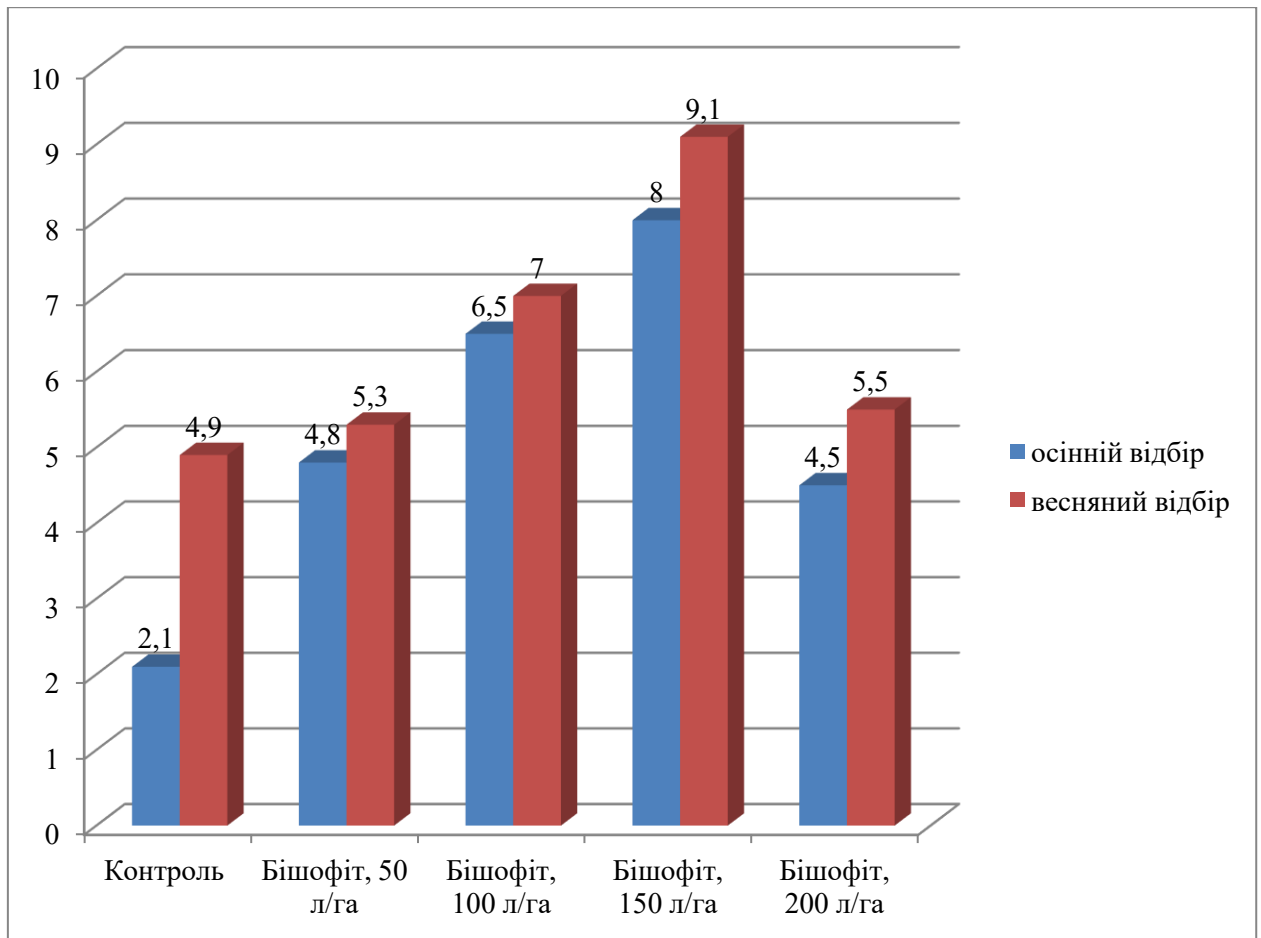
мікроорганізмів, нижче за контроль на 27-42% (рис. 3.3). Таким чином, вираженої післядії бішофіту для цієї групи мікроорганізмів не відмічено.



*Рис. 3.3 - Кількість олиготрофних мікроорганізмів, млн КУО/г ґрунту (середнє за 2021-2024 рр.)*

У біологічному кругообігу поживних речовин, зокрема азоту, відіграють важливу роль амоніфікатори та амілолітичні мікроорганізми. Динаміку чисельності даних груп ґрунтових мікроорганізмів наведено на рис. 3.4-3.5. Встановлено, кількість амоніфікуючих бактерій при використанні бішофіту збільшується на 8-86% у весняний період та на 114-280% у осінній період порівняно з контролем, при цьому найбільше їх значення при використанні бішофіту дозою 150 л/га, зокрема чисельність мікроорганізмів даної групи зростає на 86% у весняний період та 280% у осінній період порівняно з контролем. При збільшенні дози бішофіту до 200

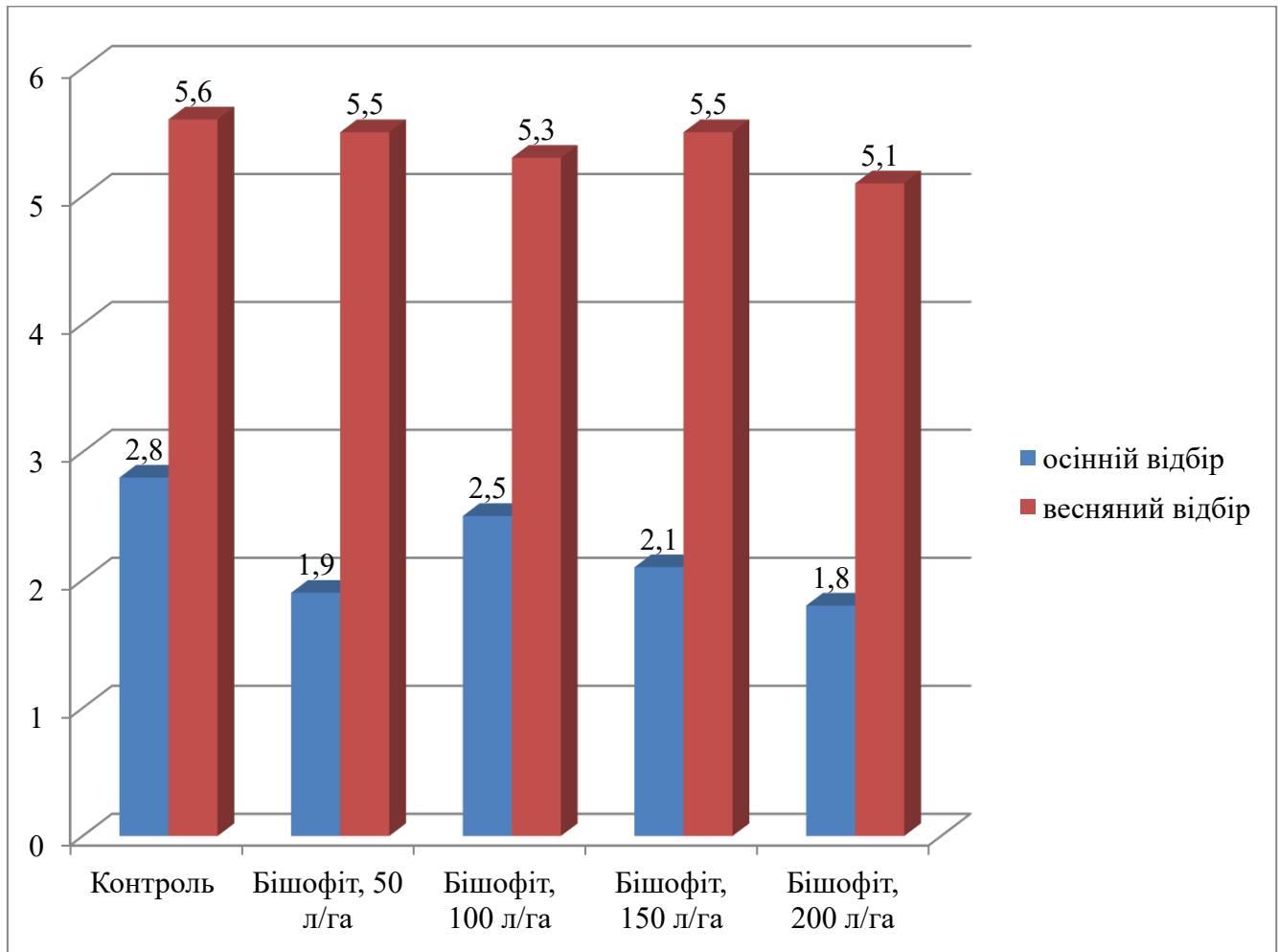
л/га спостерігається зниження амоніфікаторів порівняно з дозою 150 л/га, хоча і вище контролю на 12% у весняний період та 114% у осінній період.



*Рис. 3.4 - Кількість амоніфікаторів мікроорганізмів, млн КУО/г ґрунту (середнє за 2021-2024 рр.)*

Згідно з результатами аналізу, внесення бішофіту в дозі 50 л/га призводить до зменшення кількості амілолітичної мікрофлори на 32% восени та на 2% навесні відносно контрольних показників. За умови застосування 100 л/га даного засобу популяція цих організмів скорочується на 10% та 5% у відповідні сезони. Найвищу концентрацію (150 л/га) супроводжує спад чисельності зазначених мікроорганізмів на 25% у осінні місяці та на 2% у весняний час. Дозування препарату у 200 л/га провокує падіння кількості амілолітичної мікрофлори на 35% восени та на 9% навесні відносно контролю. Це пояснюється тим, що при внесенні бішофіту концентрацією до

150 л/га інтенсифікується розвиток мікроорганізмів, що засвоюють органічний азот (білкових речовин ґрунту), а кількість мікроорганізмів, що використовують аміачний (мінеральний) азот дещо зменшується, але не значно порівняно з контролем. Концентрація бішофіту 200 л/га пригальмовує розвиток амоніфікаторів та амілолітичних мікроорганізмів.



*Рис. 3.5 - Кількість амілолітичних мікроорганізмів, млн КУО/г ґрунту (середнє за 2021-2024 рр.)*

Треба відмітити, що в пробах, які відбиралися у осінній період, у порівнянні з весняним відбором проб, знижена чисельність практично всіх груп мікроорганізмів. Проте рівень потенційної азотофіксації в осінніх зразках значно збільшувався у порівнянні з контролем.

Чисельність актиноміцетів збільшується при внесенні бішофіту у дозі 50 л/га на 54% у весняний період та на 27% у осінній період порівняно з контролем, у дозі 100 л/га – на 109% та 82% відповідно, але найбільше мікроорганізмів даної групи зафіксовано при використанні бішофіту дозою 150 л/га (збільшилися у 4,3 рази весняний період та у 5 разів у осінній період у порівнянні з контролем), рис. 3.6.

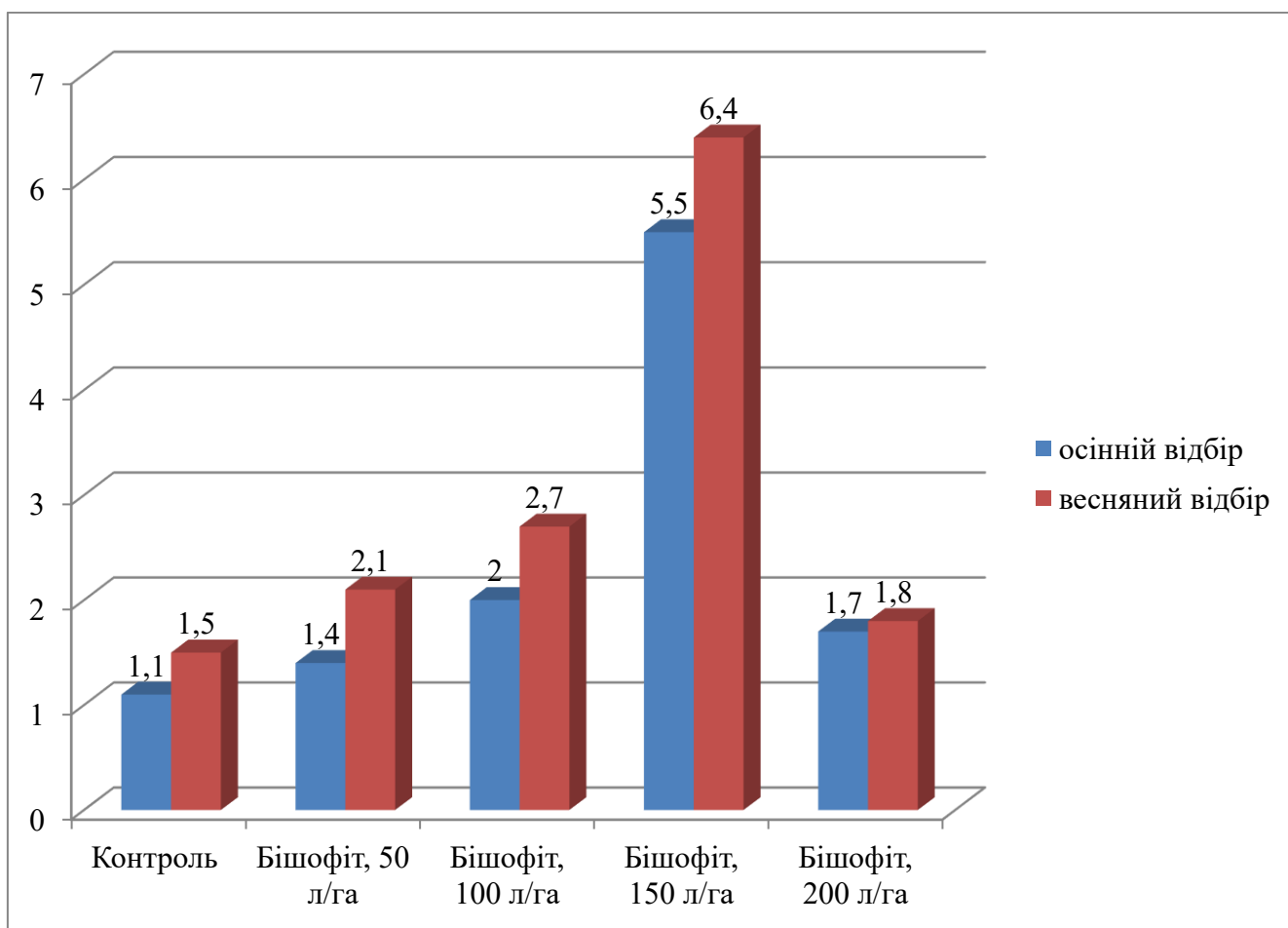
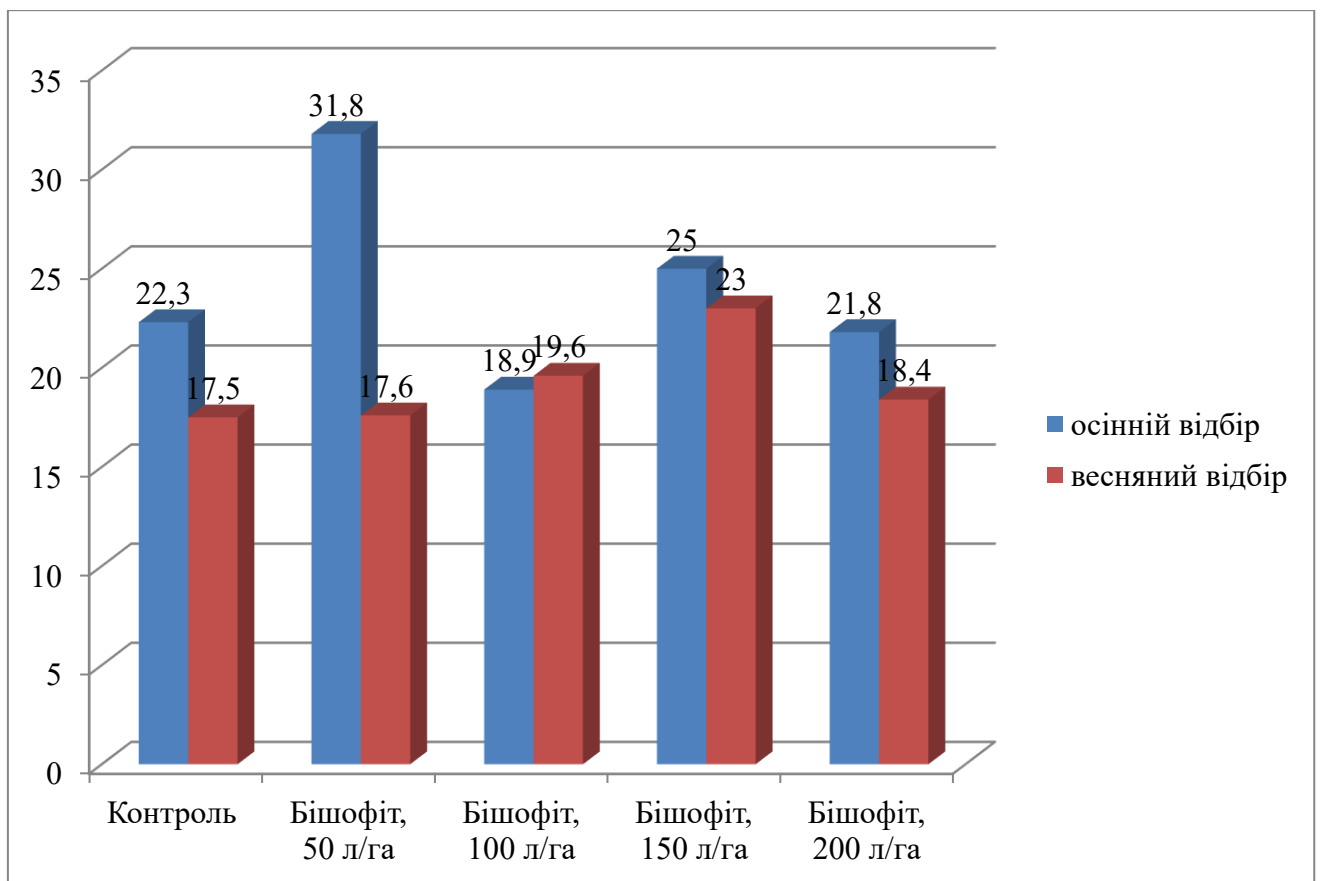


Рис. 3.6 - Кількість актиноміцетів, млн КУО/г ґрунту  
(середнє за 2021-2024 рр.)

Аналіз загальної кількості мікроскопічних грибів (рис. 3.7) показав, що на варіанті використання бішофіту дозою до 150 л/га чисельність даної еколого-трофічної групи є значно вищою у порівнянні з контролем (на 120% більше у порівнянні з контролем у весняний період та 12% у осінній період). Водночас при внесенні 50 л/га препарату весняний приріст є мінімальним

(0,6%), проте в осінній сезон спостерігається стрімкий підйом показника на 42% відносно контролю. Підвищення об'єму бішофіту до 100 л/га провокує інтенсивне зростання цієї мікрофлори навесні (на 103%), проте восени фіксується спад на 15%. Такі коливання свідчать про нестабільну реакцію мікроскопічних грибів на концентрації 50 та 100 л/га, тоді як доза 150 л/га виступає надійним джерелом живлення. Подальше збільшення дозування до 200 л/га в осінній період спричиняє зменшення чисельності мікроскопічних грибів на 2,3% у порівнянні з контролем, в весняний період спостерігається збільшення на 96%, але це менше від дози 150 л/га на 26%.



*Рис. 3.7 - Кількість мікроскопічних грибів, млн КУО/г ґрунту (середнє за 2021-2024 рр.)*

Особливості формування динаміки чисельності неспорової мікрофлори ґрунту при використанні бішофіту у порівнянні з контролем в весняний та осінній періоди відображено у таблиці 3.8. Загальна чисельність неспорової

мікрофлори ґрунту у осінній період є дещо нижчою ніж у весняний період. Максимальна чисельність даної групи мікроорганізмів спостерігалася при внесенні бішофіту дозою 150 л/га.

Таблиця 3.8

*Чисельність неспорівної мікрофлори ґрунту, млн КУО в 1 г ґрунту  
(середнє за 2021-2024 рр., млн КУО/г ґрунту)*

<i>Варіант дослідю</i>	<i>Чисельність неспорівної мікрофлори ґрунту, млн КУО в 1 г ґрунту</i>	
	<i>весняний відбір</i>	<i>осінній відбір</i>
Контроль	5,8	4,3
Бішофіт, 50 л/га	6,1	4,4
Бішофіт, 100 л/га	5,6	5,8
<b>Бішофіт, 150 л/га</b>	6,9	6,2
Бішофіт, 200 л/га	5,7	4,2
НІР <sub>0,05</sub>	0,14	0,18

Таким чином, максимальний ефект впливу бішофіту на чисельність неспорівної мікрофлори ґрунту спостерігається при дозі 150 л/га (спостерігається збільшення неспорівної мікрофлори ґрунту на 19% у весняний період та різке збільшення на 44% у осінній період порівняно з контролем). При внесенні бішофіту 200 л/га спостерігається зменшення чисельності неспорівної мікрофлори ґрунту, що обумовлено несприятливими умовами для даної групи мікроорганізмів даної дози.

Таким чином, аналіз ключових еколого-трофічних груп мікроорганізмів у ґрунті підтвердив: внесення бішофіту об'ємом 150 л/га забезпечує оптимальні умови для розвитку мікробіоти. Саме за такої концентрації зафіксовано найвищі показники життєдіяльності мікробіоти ґрунту.

Проведені дослідження параметрів мікробіологічних коефіцієнтів інтенсивності протікання ґрунтово-біологічних процесів в ґрунтах при різних дозах внесення бішофіту наведені у табл. 3.9.

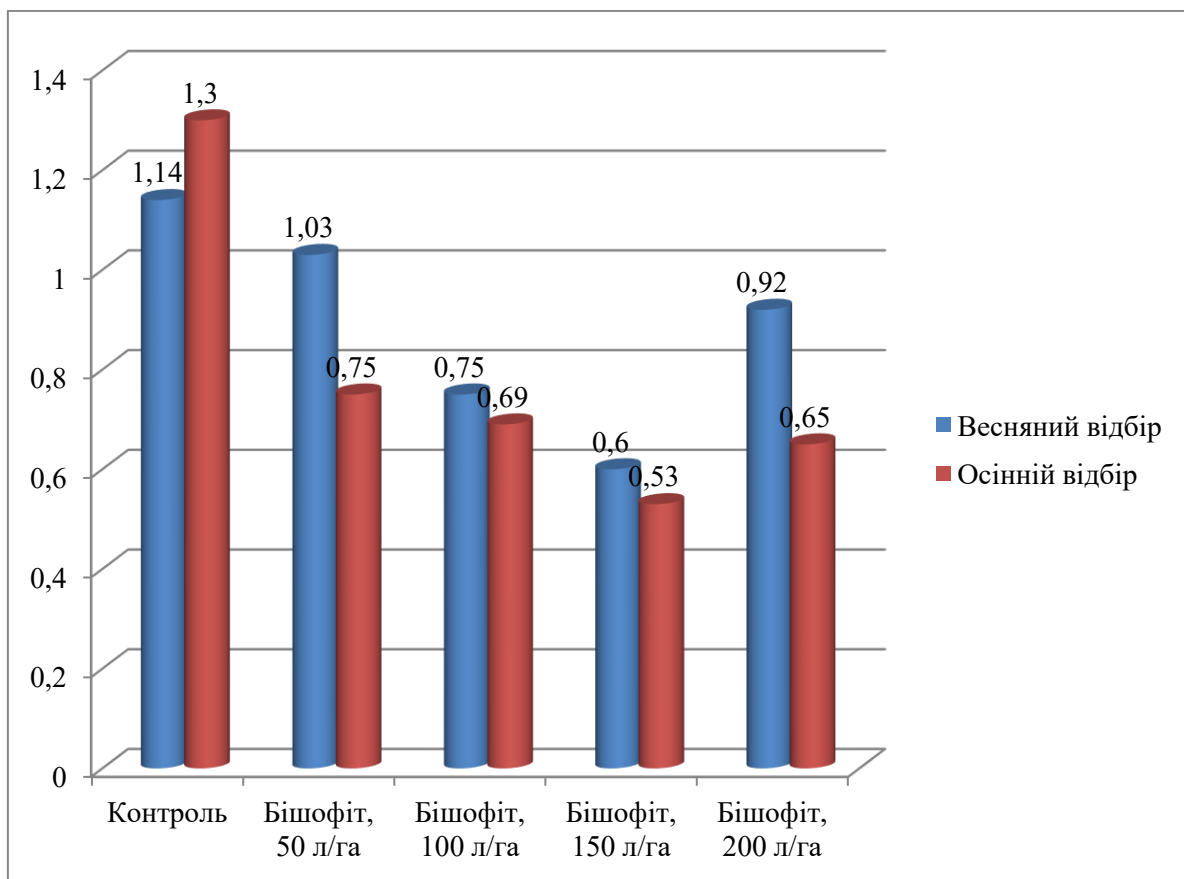
Таблиця 3.9

*Мікробіологічні коефіцієнти інтенсивності протікання ґрунтово-біологічних процесів у ґрунті (середнє за 2021–2024 рр.)*

Мікробіологічні коефіцієнти	Варіант досліджу				
	Контроль	Бішофіт, 50 л/га	Бішофіт, 100 л/га	<b>Бішофіт, 150 л/га</b>	Бішофіт, 200 л/га
Весняний відбір					
Мінералізації–імобілізації азоту (КАА/МПА)	1,14	1,03	0,75	<b>0,60</b>	0,92
Педотрофності (ПА/МПА)	1,01	1,21	1,54	<b>1,86</b>	0,90
Оліготрофності (ГА/МПА)	1,33	0,40	0,37	<b>0,35</b>	0,40
Осіній відбір					
Мінералізації–імобілізації азоту (КАА/МПА)	1,30	0,75	0,69	<b>0,53</b>	0,65
Педотрофності (ПА/МПА)	0,92	0,95	1,47	<b>1,68</b>	1,36
Оліготрофності (ГА/МПА)	1,24	0,94	0,77	<b>0,65</b>	0,80

Встановлено, що у контрольних зразках і в весняний, і в осінній періоди  $ІМІ > 1$ , що свідчить про переважання процесів деструкції органічної речовини над синтезом. На варіанті використання бішофіту 50 л/га даний показник дещо знизився у весняний період порівняно з контролем (на 10%) та різко знизився на 33% у осінній період. При збільшенні використання бішофіту до 150 л/га показники значно покращується (ІМІ зменшується до 0,60 у весняний період та 0,53 у осінній період). Отже, мінімальне значення

ІМІ спостерігалось при дозі бішофіту 150 л/га, що свідчить про зменшення швидкості розкладання гумусу і створення сприятливих умов для розвитку ґрунтових мікроорганізмів. При чому у весняний період зниження індексу ІМІ складало 48%, у осінній - 59% порівняно з контролем, що пов'язано з позитивною дією внесення бішофіту даної концентрації на ґрунтові мікроценози (рис. 3.8).



*Рис. 3.8 - Мікробіологічний коефіцієнт мінералізації–іммобілізації азоту (середнє за 2021–2024 рр.)*

При внесенні бішофіту дозою 100 л/га відбуваються позитивні впливи на ґрунтові мікроорганізми (зниження індексу ІМІ у весняний період складало 34%, у осінній - 46% порівняно з контролем). Але при збільшенні дози бішофіту до дози 200 л/га спостерігається незначне підвищення ІМІ у порівнянні з дозою бішофіту 150 л/га, хоча загалом дані показники були менше одиниці та меншими у порівнянні з контролем. Таким чином, при

використанні бішофіту дозою 50-200 л/га покращуються умови для розвитку ґрунтових мікроорганізмів у порівнянні з контролем, у той же час найкращий результат отримано при використанні бішофіту дозою 150 л/га.

Зростання коефіцієнту педотрофності (рис. 3.9) свідчить про збільшення інтенсивності розкладу органічної речовини ґрунту. На контрольному зразку в осінній період  $ПП < 1$ , хоча в весняний близько 1, що загалом свідчить про недостатній рівень відновлення гумусу. При застосуванні бішофіту дозою 50 л/га даний показник у весняний період різко зріс і склав 1,21, у осінній був менше 1 (0,95), що вказує на недостатні умови для інтенсифікації процесу відновлення гумусу. При збільшенні дози до 100 л/га у всіх варіантах  $ПП$  був більше 1, при чому у осінній період  $ПП$  збільшився на 60% у порівнянні з контролем, а у весняний на 52% відповідно. Найкращий ефект спостерігався при дозі бішофіту 150 л/га (у весняний період  $ПП$  збільшився на 84% у порівнянні з контролем, а в осінній - 66%).

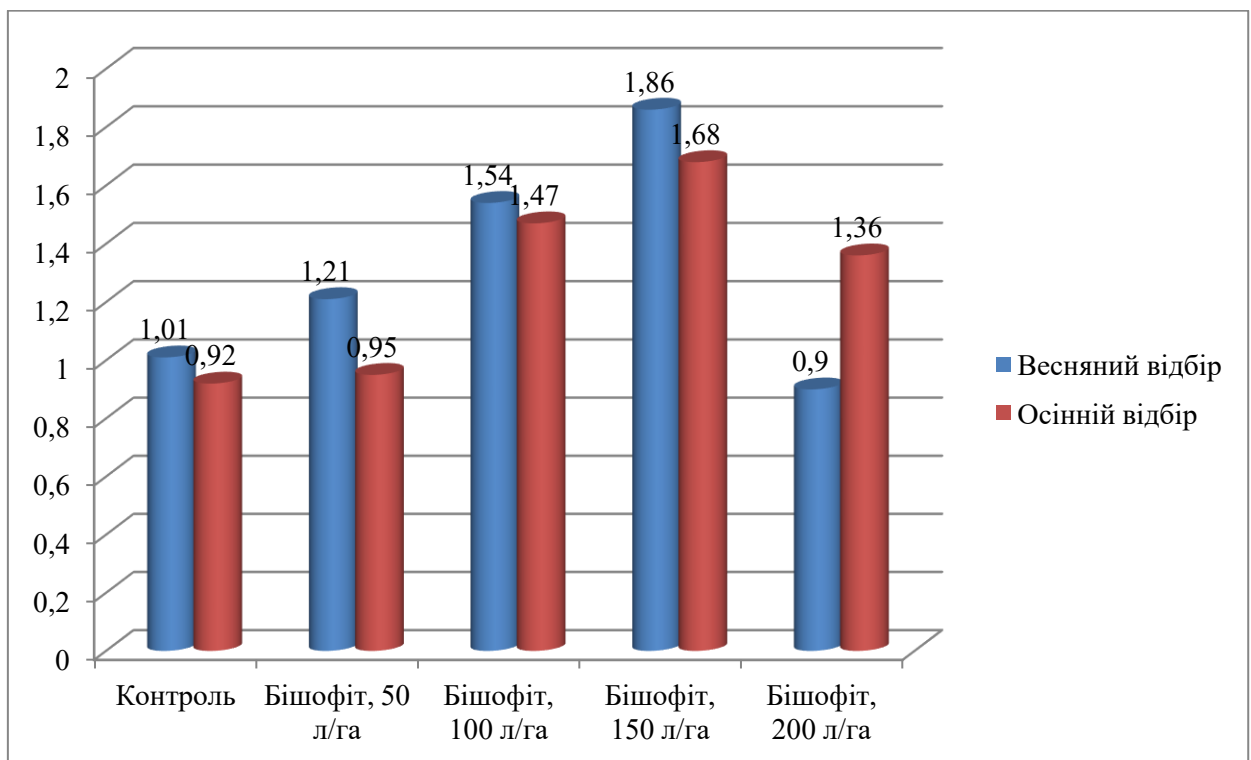
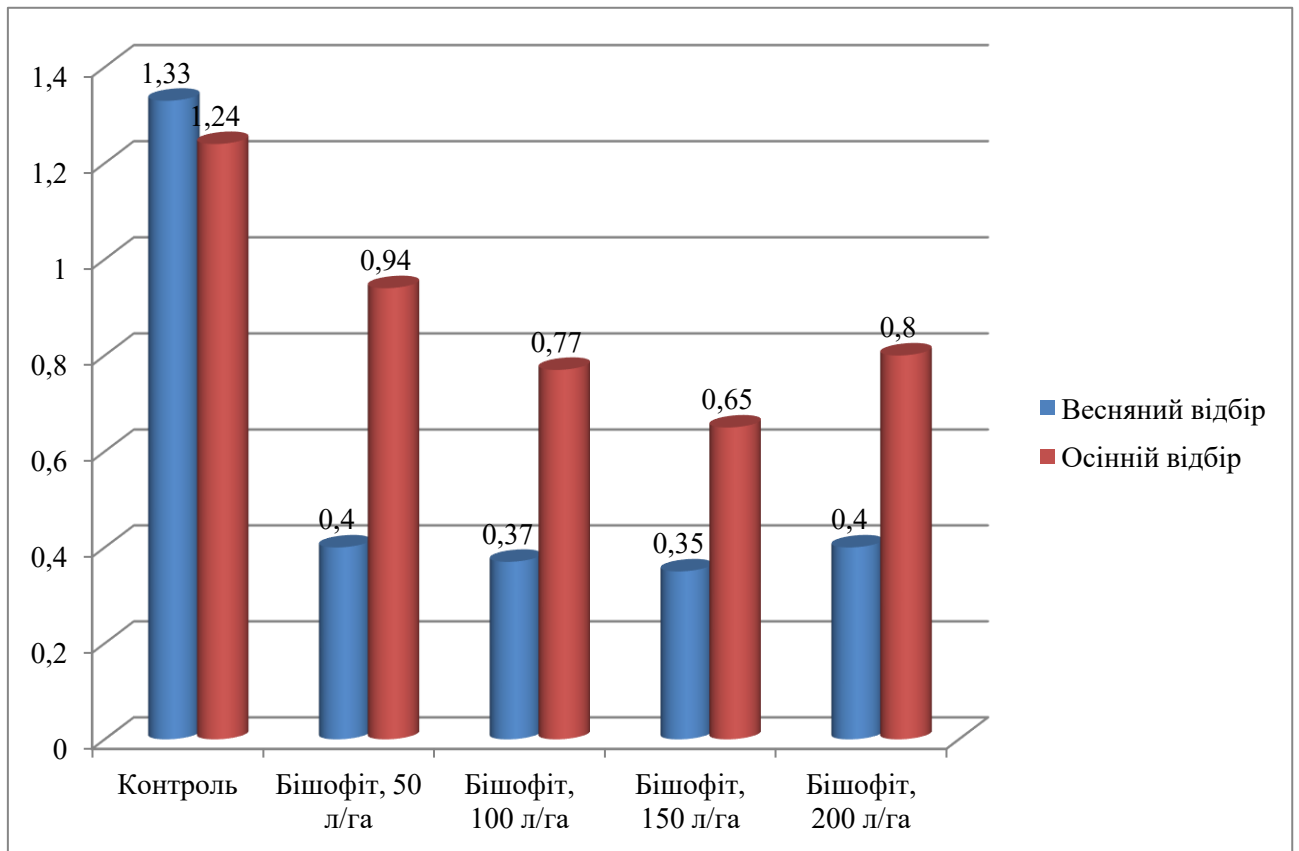


Рис. 3.9 - Мікробіологічний коефіцієнт педотрофності (середнє за 2021–2024 рр.)

При дозах бішофіту 200 л/га спостерігається зниження коефіцієнту педотрофності у порівнянні з дозою 150 л/га, що вказує на менш сприятливі умови для розкладу органічної речовини ґрунту, хоча в осінній період ІІ був більше 1 та вищим у порівнянні з контролем (на 47%). У весняний період відбувся різкий спад ІІ порівняно з контролем на 12%. Таким чином, максимальні показники коефіцієнту педотрофності по досліді були зафіксовані при використанні бішофіту дозою 150 л/га, що відповідає збільшенню інтенсивності розкладу органічної речовини ґрунту для забезпечення потреб рослин в елементах живлення.

Найбільш високі показники коефіцієнту оліготрофності (ІО) спостерігались на контрольному варіанті, при чому у всіх варіантах досліді даний показник був більше 1, що свідчило про несприятливі деградаційні процеси в ґрунті. При всіх варіантах використання бішофіту дозою до 50-200 л/га даний показник був кращим порівняно з контролем (ІО<1). Найкращий ефект спостерігався при використанні бішофіту 150 л/га (ІО зменшився на 73% у весняний період та на 47% у осінній період порівняно з контролем), що свідчить про збільшення вмісту доступних для мікроорганізмів поживних речовин і високу забезпеченість елементами живлення (рис. 3.10).

При збільшенні дози бішофіту до 200 л/га спостерігається незначне збільшення коефіцієнту оліготрофності. Втім, навіть за таких умов, даний показник переважно не досягав одиниці та залишався значно кращий за контроль, тобто спостерігалась хороша забезпеченість ґрунтової мікробіоти легкозасвоюваними органічними речовинами. Таким чином, можна відзначити, що використання бішофіту збільшує вміст доступних для мікроорганізмів поживних речовин, але найкращим варіантом виявилася доза бішофіту 150 л/га, при якій відбувається збільшення поживних речовин до оптимуму для різних еколого-трофічних груп мікроорганізмів).



*Рис. 3.10 - Мікробіологічний коефіцієнт оліготрофності (середнє за 2021–2024 рр.)*

Таким чином, встановлено, що застосування бішофіту в дозі 150 л/га покращує мікробіологічну активність ґрунту, сприяє збільшенню поживних речовин для різних еколого-трофічних груп мікроорганізмів, а також інтенсивності розкладу органічної речовини ґрунту для забезпечення потреб рослин в елементах живлення.

### **3.3 Вплив бішофіту на фізико-хімічні властивості ґрунту**

Під структурою ґрунту розуміють сукупність агрегатів різної величини, форми, міцності і зв'язності, властивих даному ґрунту. Ґрунтовий агрегат - це сукупність первинних часточок або мікроагрегатів, з'єднаних між собою внаслідок коагуляції колоїдів, склеювання, злипання. Властивість

грунту розпадатися на окремі часточки або агрегати називають структурністю ґрунту [288].

Структуру ґрунту прийнято розглядати у двох площинах: морфологічній та агрономічній. З точки зору морфології, до якісних типів відносять горіхуваті, стовпчасті, призматичні чи пластинчасті форми. Проте з позиції агрономії пріоритетною є структурна організація, що підтримує ідеальний баланс вологи та повітря — переважно це дрібногрудочкуваті та зернисті фракції [289].

Родючість ґрунту безпосередньо залежить від його структурного стану. Найвищу цінність мають фракції розміром від 0,25 до 10 мм, які вирізняються високою водостійкістю. Саме здатність агрегатів тривалий час зберігати цілісність у вологому середовищі визначає якість ґрунтового покриву.

Природні розсоли, зокрема бішофіт, виступають потужним джерелом мінеральних компонентів, серед яких переважають хлориди та сульфати. З огляду на такий насичений хімічний склад, важливо оцінити, як саме цей мінерал впливає на структуру і водотривкість ґрунтових агрегатів.

Для вивчення даного питання протягом 2021-2024 рр. бішофіт вносили в якості гербіциду для контролю забур'яненості у посівах пшениці озимої нормами 50, 100, 150, 200, 300 та 500 л/га.

Визначення структури, або агрегатного стану ґрунту та вмісту водотривких агрегатів проводили в різних шарах ґрунту. Відбір ґрунтових зразків проводився через місяць після внесення. За контроль були взяті ділянки без внесення бішофіту.

Експериментально отримані дані наведені в таблиці 3.10. Аналізуючи дані, наведені в табл 3.10, можна зробити висновок, що при внесенні бішофіту дозою від 50 до 150 л/га погіршення структурного стану ґрунту не відбувалося. Водотривкість ґрунтових агрегатів також значно залежала від дози внесення бішофіту.

Таблиця 3.10

*Структурний стан ґрунту після внесення бішофіту для контролю забур'яненості у посівах пшениці озимої (середнє за 2021-2024 рр.)*

Варіант	Вміст агрегатів, 0,25-10 мм, % до маси в шарі ґрунту					
	0-10		10-20		20-30	
	Повітряно-сухих	водотривких	повітряно-сухих	водотривких	повітряно-сухих	водотривких
Контроль	81,8	85,6	87,1	77,9	81,6	95,9
Бішофіт, 50 л/га	81,9	83,4	86,9	77,8	87,6	83,5
Бішофіт, 100 л/га	82,6	81,1	86,9	76,3	87,4	80,5
Бішофіт, 150 л/га	85,1	87,2	87,4	85,7	85,9	89,8
Бішофіт, 200 л/га	75,1	80,6	79,4	71,8	81,6	84,7
Бішофіт, 300 л/га	74,2	82,1	82,3	71,8	76,8	79,5
Бішофіт, 500 л/га	65,2	72,5	79,1	74,9	82,4	70,7

Аналізуючи дані наведені в табл. 3.10 можна зробити висновок, що тільки при внесенні у ґрунт доз бішофіту більше 200 л/га спостерігається деяке погіршення структури ґрунту (при дозі 500 л/га в шарі ґрунту 0-10 см становив 65,2) та зменшення вмісту водотривких агрегатів (до 72,5 в шарі ґрунту 0-10 см). Внесення менших доз бішофіту не викликало такого негативного впливу. Оптимальною дозою, яка не викликала погіршення структури ґрунту та вмісту в ньому водотривких агрегатів, була 150 л/га.

Таким чином, можна зробити попередні висновки про відсутність негативного впливу бішофіту на структуру ґрунту при внесенні його в дозі 150 л/га.

Але те, що бішофіт не чинять негативного впливу на структуру ґрунту та вміст водотривких агрегатів в певних дозах не говорить про його

небезпечність для ґрунтової системи. Серед показників стабільності ґрунтової системи є і ряд хімічних показників, серед яких реакція ґрунтового розчину, вміст нітратів, хлоридів, рухомої сірки, важких металів та нафтопродуктів (табл. 3.11).

Таблиця 3.11

*Зміна хімічних показників ґрунту при використанні бішофіту  
для контролю забур'яненості у посівах пшениці озимої  
(середнє за 2021-2024 рр.)*

Варіанти дослідів	Проба ґрунту	рН ґрунтового розчину	Аніони, катіони, мг/кг		
			Нітрати	Хлориди	Рух. сірка
1. Контроль	0-10	7,6	9,8	131	42,0
	10-20	7,4	15,5	131	38,2
	20-30	7,5	-	149	36,0
2. Бішофіт, 50 л/га	0-10	6,8	9,8	131	42,0
	10-20	6,7	13,7	93	58,6
	20-30	6,8	-	112	58,6
3. Бішофіт, 100 л/га	0-10	6,8	4,9	93	10,2
	10-20	6,6	13,7	93	32,8
	20-30	6,7	-	149	36,4
4. Бішофіт, 150 л/га	0-10	6,4	8,7	149	40,2
	10-20	6,0	15,5	112	36,4
	20-30	6,4	-	149	48,0
5. Бішофіт, 200 л/га	0-10	6,4	8,7	149	42,8
	10-20	6,2	12,3	149	32,6
	20-30	6,1	-	149	30,8
6. Бішофіт, 300 л/га	0-10	6,2	8,7	149	58,6
	10-20	6,3	17,3	131	58,6
	20-30	6,4	-	131	61,6
7. Бішофіт, 500 л/га	0-10	5,2	19,5	224	64,6
	10-20	5,2	27,5	168	48,0
	20-30	5,4	-	168	36,4

Аналізуючи дані табл. 3.11 можна зробити висновок, що істотне підкислення ґрунту відбувається тільки при використанні дози бішофіту дозою 500 л/га, при цьому рН ґрунтового розчину становила 5,2. Слід відмітити те що, при використанні бішофіту в ґрунтовому розчині не тільки не збільшується вміст нітратів, а і навіть зменшується, хоча вони і входять до її складу. Це можна пояснити тим що, бішофіт стимулює ріст і розвиток не тільки рослин, але і ґрунтової біоти, яка є безпосереднім споживачем аніонів та катіонів.

Таблиця 3.12

*Вміст нафтопродуктів і важких металів у ґрунті при використанні бішофіту для контролю забур'яненості у посівах пшениці озимої (середнє за 2021-2024 рр.)*

Варіанти дослідів	Проба ґрунту	Нафто-продукти	Важкі метали, мг/кг				
			Ртуть	Мідь	Свинець	Цинк	Кадмій
1. Контроль	0-10	330	0,091	0,6	2	28	-
	10-20	265	0,026	0,7	2	30	-
	20-30	-	-	0,6	2	16	-
2. Бішофіт, 50 л/га	0-10	175	-	0,7	3	17	-
	10-20	150	0,072	0,9	6	19	-
	20-30	-	-	0,6	7	18	-
3. Бішофіт, 100 л/га	0-10	195	0,065	0,7	3	22	-
	10-20	175	0,078	0,6	4	15	-
	20-30	-	-	0,7	5	15	-
4. Бішофіт, 150 л/га	0-10	200	0,065	1,0	4	22	-
	10-20	125	0,039	0,6	6	15	-
	20-30	-	-	0,6	4	15	-
5. Бішофіт, 200 л/га	0-10	200	0,052	0,7	4	14	-
	10-20	210	-	0,6	5	15	-
	20-30	-	-	0,7	5	14	-
6. Бішофіт, 300 л/га	0-10	200	0,052	0,7	6	16	-
	10-20	185	0,065	0,9	9	19	-
	20-30	-	-	0,9	8	19	-
7. Бішофіт, 500 л/га	0-10	320	0,046	0,8	7	24	-
	10-20	255	0,072	1,0	9	27	-
	20-30	-	-	0,9	7	31	-

Аналіз даних табл. 3.12 свідчить про те, що, використання бішофіту в дозах 50-300 л/га не сприяє накопиченню нафтопродуктів і важких металів у ґрунті. Навпаки вміст нафтопродуктів у ґрунтовому розчині верхнього шару ґрунту значно змінюється завдяки оптимізації життєдіяльності ґрунтової мікрофлори.

### **Висновки до 3 розділу.**

1. Проведені дослідження впливу бішофіту на субклітинну організацію досліджуваних рослинних об'єктів дозволили встановити ряд фактів, що підтверджують різнопланову дію їх на культурні рослини і на бур'яни. Дія бішофіту на хлоропласти клітин бур'яну призводить до дезорганізації, деструкції і втрати упорядкованості локалізації мембран у цих органелах. Причому, у клітинах бур'янів відбувається не збільшення об'єму цих органел (як у культурних рослин), а навпаки зменшення. Визначено, що після застосування обприскування бур'яну бішофітом відбувається падіння об'ємних часток мітохондрій, а об'ємні частки мітохондрій клітин озимої пшениці і кукурудзи під дією бішофіту збільшуються. Отже, функції, які властиві мітохондріям (біосинтез АТФ) у клітинах бур'яну порушуються. В бур'яну більше об'ємних часток хлоропластів і мітохондрій які, визначають їхню високу спроможність у отриманні і трансформації енергії. Під дією бішофіту їхнє число в одиниці об'єму клітин різко знижується і це обумовлює падіння структурних і функціональних показників клітин і в цілому їхню життєздатність. Таким чином визначено, що у бур'янів, під дією бішофіту відбувається така перебудова організації клітинних компонентів, у результаті якої збільшується хаотичність і знижується упорядкованість, що відбуваються в клітинах процесів.

2. На основі проведеного дослідження інтенсивності протікання мікробіологічних процесів за умов внесення проб бішофіту різної концентрації (50, 100, 150 та 200 л/га) встановлено, що найкращим варіантом

досліді у весінній, і у осінній періоди, для покращення життєдіяльності ґрунтових мікробних ценозів, був варіант з нормою внесення 150 л/га. При даній концентрації спостерігається покращення загального мікроценозу ґрунту. За даної концентрації максимальної кількості набувають целюлозоруйнуючі, автохтонні мікробні колонії. При збільшенні концентрації до 200 л/га спостерігається незначне зниження питомої ваги мікроорганізмів в мікробному ценозі (на 20-32% гірше у порівнянні з концентрацією бішофіту 150 л/га).

3. Досліджено вплив бішофіту різної концентрації (50, 100, 150 та 200 л/га) на основні групи мікроорганізмів у ґрунті у весняний та осінній періоди. При внесенні бішофіту 150 л/га кількість педотрофних мікроорганізмів зростає на 187% у весняний відбір та на 118% у осінній відбір порівняно з контролем. Вираженої дії бішофіту на оліготрофні мікроорганізми не відмічено. Встановлено, кількість амоніфікуючих бактерій при використанні бішофіту збільшується на 8-86% у весняний період та на 114-280% у осінній період порівняно з контролем, при цьому найбільше при використанні бішофіту дозою 150 л/га, зокрема чисельність мікроорганізмів даної групи зростає на 86% у весняний період та 280% у осінній період порівняно з контролем. Обґрунтовано, що кількість амілолітичних мікроорганізмів при внесенні бішофіту дозою 50-200 л/га знижується. Це пояснюється, що при внесенні бішофіту концентрацією до 150 л/га інтенсифікується розвиток мікроорганізмів, що засвоюють органічний азот (білкових речовин ґрунту), а кількість мікроорганізмів, що використовують аміачний (мінеральний) азот дещо зменшується, але не значно порівняно з контролем. Кількість актиноміцетів збільшується при внесенні бішофіту, але найбільше мікроорганізмів даної групи зафіксовано при використанні бішофіту дозою 150 л/га (збільшилися у 4,3 рази весняний період та у 5 разів у осінній період у порівнянні з контролем). Аналіз загальної кількості мікроскопічних грибів показав, що на варіанті використання бішофіту дозою

до 150 л/га чисельність даної еколого-трофічної групи є значно вищою у порівнянні з контролем (на 120% більше у порівнянні з контролем у весінній період та 12% у осінній період). Максимальна чисельність неспоривої мікрофлори ґрунту при використанні бішофіту спостерігалася при внесенні дози 150 л/га. Отже, у результаті вивчення основних еколого-трофічних груп мікроорганізмів в одиниці об'єму ґрунту встановлено, що при використанні бішофіту дозою 150 л/га спостерігається найкращий результат для мікробіоти ґрунту.

4. Визначено, що мінімальне значення ІМІ спостерігалось при дозі бішофіту 150 л/га, що свідчить про зменшення швидкості розкладання гумусу і створення сприятливих умов для розвитку ґрунтових мікроорганізмів. Найкраще значення коефіцієнту педотрофності спостерігалось також при дозі бішофіту 150 л/га (у весняний період ІІ збільшився на 84% у порівнянні з контролем, а в осінній - 66%). Найкращий ефект по коефіцієнту оліготрофності (ІО) спостерігався при використанні бішофіту 150 л/га (ІО зменшився на 73% у весняний період та на 47% у осінній період порівняно з контролем), що свідчить про збільшення вмісту доступних для мікроорганізмів поживних речовин і високу забезпеченість елементами живлення. Таким чином, обґрунтовано, що при використанні бішофіту дозою 50-200 л/га покращуються умови для розвитку ґрунтових мікроорганізмів у порівнянні з контролем, у той же час найкращий результат отримано при використанні бішофіту дозою 150 л/га.

Встановлено, що при внесенні бішофіту дозою від 50 до 150 л/га погіршення структурного стану ґрунту не відбувалося. Тільки при внесенні у ґрунт доз бішофіту більше 200 л/га спостерігається деяке погіршення структури ґрунту (при дозі 500 л/га в шарі ґрунту 0-10 см становив 65,2) та зменшення вмісту водотривких агрегатів (до 72,5 в шарі ґрунту 0-10 см). Внесення менших доз бішофіту не викликало такого негативного впливу. Оптимальною дозою, яка не викликала погіршення структури ґрунту та

вмісту в ньому водотривких агрегатів, була 150 л/га. Визначено, що при використанні бішофіту в ґрунтовому розчині вміст нітратів зменшується. Це можна пояснити тим що, бішофіт стимулює ріст і розвиток не тільки рослин, але і ґрунтової біоти, яка є безпосереднім споживачем аніонів та катіонів. Також використання бішофіту в дозах 50-300 л/га не сприяє накопиченню нафтопродуктів і важких металів у ґрунті. Таким чином обґрунтовано відсутність негативного впливу бішофіту на фізико-хімічні властивості ґрунту при внесенні його в дозі 150 л/га.

Основні результати проведеного дослідження опубліковані в працях [302; 306; 308; 307; 311; 316; 319].

## РОЗДІЛ 4

### ВИКОРИСТАННЯ ПРОБІОТИЧНИХ ПРЕПАРАТІВ ТА БІШОФІТУ У БІОЛОГІЗАЦІЇ СИСТЕМІ ЗАХИСТУ АГРОФІТОЦЕНОЗУ

#### 4.1 Визначення властивостей комплексного використання пробіотичних препаратів та бішофіту у боротьбі з фітопатогенами

Останніми роками хвороби сільськогосподарських рослин вийшли на новий рівень епіфітотії та є основними факторами, які впливають на урожайність культур. Для запобігання розповсюдженню збудників бактеріозів необхідно звернути особливу увагу на якість посівного матеріалу, бо саме на ньому зберігаються збудники хвороб. Слід зазначити, що в свіжо зібраному зерні 90 - 99% мікробів становлять бактерії, переважна більшість яких знаходиться на поверхні зерна, деякі з них здатні потрапити в середину через механічні пошкодження. З огляду на це, якісна передпосівна обробка та захист насіння є першочерговим завданням для аграріїв [267].

Візуальні ознаки інфікування насіння бактеріальними чи грибовими збудниками мають значну схожість. Нерідко подібну симптоматику провокують зовсім інші чинники: нестача поживних речовин, залишковий вплив пестицидів або травмування зернівок у процесі обмолоту. Через це ідентифікувати справжню причину пошкоджень лише за зовнішнім виглядом буває складно.

Важливо застосовувати препарати, які забезпечують знищення збудників хвороб, запобігають їх розвитку та розповсюдженню. Наразі вітчизняний ринок відчуває дефіцит вузькоспеціалізованих хімікатів проти бактеріальних інфекцій, тому аграрії зазвичай обирають універсальні фунгіциди, що малоефективні проти бактеріозів. Тому, використання препаратів на основі пробіотиків у боротьбі з фітопатогенами є перспективним екологічним інноваційним напрямом.

Також потрібно відзначити, що до основних показників якості посівного матеріалу відповідно Державного стандарту України 4138-2002

[266], відносять зараженість хворобами та заселеність шкідниками.

Протягом 2021-2024 рр. у лабораторії агроекологічного моніторингу ПДАУ було проведено лабораторні експерименти з метою визначення бактерицидної та фунгіцидної дії пробіотичних препаратів та впровадження їх у біологічну систему захисту сільськогосподарських культур. Експеримент передбачав дослідження трьох пробіотичних препаратів *Sviteco*: *Sviteco-ППВ*, *Sviteco-ОПЛ*, *Sviteco PBP* на наявність токсичної дії до фітопатогенних бактерій. Препарати розроблені за інноваційною технологією та у своєму складі мають миочу основу та культури пробіотичних бактерій (*Bacillus subtilis*). Ці препарати знайшли використання як екологічно безпечні засоби [246]. Але дослідження застосування даних препаратів у боротьбі з фотопатогенами відбулося вперше.

В якості тест-культур були використані представники найбільш поширених та шкодочинних фітопатогенних бактерій:

- *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*- УКМ В-1027<sup>7</sup> (ІМВ 8511) - поліфаг, збудник плямистостей та некрозу листя пшениці озимої;

- *Pectobacterium carotovorum*(*subsp. Carotovorum*) - УКМ В-1095<sup>т</sup> (ІМВ 8982) – поліфаг, збудник гнилей пшениці озимої;

- *Xanthomonas translucens* pv. *Undulosa* – збудник чорного бактеріозу пшениці озимої у стадії вегетації, з утворенням прозорих смуг, які з часом стають жовтими і бурими, та водянистих світло-зелених плям, які збільшуються в розмірах, стають хлорозними, темно-жовтими, коричневими з чорною облямівкою;

- *Pseudomonas fluorescens* - викликає плямистості та м'які гнилі пшениці озимої;

- *Clavibacter michiganensis* *subsp. tessellarius* – бактеріальна мозаїка, уражає пшеницю озиму, на листках рослин утворюються невеликі жовті ураження з нерівними краями, густо і рівномірно розташовані на листовій пластинці, які іноді зливаються в смуги;

- *Agrobacterium tumefaciens* (*Rhizobium vitis*) 8628 – збудник пухлин та некрозів сільськогосподарських культур, у тому числі пшениці озимої.

У результаті проведеного дослідження встановлено наступне.

#### Визначення бактерицидної дії пробіотичних препаратів

Отримані результати дослідження пробіотичних препаратів свідчать про те, що із трьох досліджених препаратів найактивнішим виявився препарат *Sviteco PBP*. Препарат *Sviteco PBP* – нативний і в розведенні проявляв високу антибактеріальну активність щодо всіх досліджених фітопатогенних бактерій (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

#### *Чутливість фітопатогенних бактерій до пробіотичних препаратів*

Тест-культури бактерій	Зони відсутності росту бактерій, мм (розведення препаратів)						
	нативний	1:10 <sup>-1</sup>	1:10 <sup>-2</sup>	1:10 <sup>-3</sup>	1:10 <sup>-4</sup>	1:10 <sup>-5</sup>	1:10 <sup>-6</sup>
<i>Sviteco-ППВ</i>							
<i>P. syringae</i>	20	15	0	0	0	0	0
<i>P. fluorescens</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>P. carotovorum</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>X. translucens</i> pv. <i>Undulosa</i>	БЦ повна	40	28	0	0	0	0
<i>C. michiganensis</i> subsp. <i>tessellarius</i>	БЦ повна	35	22	5	0	0	0
<i>A. tumefaciens</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sviteco-ОПЛ</i>							
<i>P. syringae</i>	15	13	10	БС-18	БС-9	0	0
<i>P. fluorescens</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>P. carotovorum</i>	30	20	0	0	0	0	0
<i>X. s translucens</i> pv. <i>Undulosa</i>	50	40	15	13	0	0	0
<i>C. michiganensis</i> subsp. <i>tessellarius</i>	50	35	24	15	0	0	0
<i>A. tumefaciens</i>	20	13	0	0	0	0	0
<i>Sviteco PBP</i>							
<i>P. syringae</i>	50	30	25	25	10	БС сл..	0
<i>P. fluorescens</i>	30						
<i>P. carotovorum</i>	50	25	22	27	0	0	0
<i>X. s translucens</i> pv. <i>Undulosa</i>	40	35	30	15	10	0	0
<i>C. michiganensis</i> subsp. <i>tessellarius</i>	60	30	18	15	13	0	0
<i>A. tumefaciens</i>	50	35	15	5	0	0	0

БЦ – бактерицидна дія, БС – бактериостатична дія

Виявлено, що представники фітопатогенних бактерій *Pseudomonas syringae*, *Xanthomonas translucens* pv. *Undulosa* та *Clavibacter michiganensis* subsp. *tessellarius* чутливі до препарату навіть в розведенні 1:10000. Препарат *Sviteko-Агробиотик-01* розведений в 1000 разів проявив високу антибактеріальну дію до *Pseudomonas syringae* і *Pseudomonas fluorescens*. Дещо меншу - до *Xanthomonas translucens* pv. *Undulosa* та *Clavibacter michiganensis* subsp. *tessellarius*. І зовсім слабку - до *Agrobacterium tumefaciens*. Для обмеження поширення фітопатогенних бактерій *Pseudomonas syringae* і *Pectobacterium carotovorum* вищезгаданий пробіотичний препарат можна використовувати у дозі 1:1000.

Препарати *Sviteco-ППВ* і *Sviteco-ОПЛ* проявили вибірккову антибактеріальну дію на деякі збудники бактеріальних хвороб. Так, препарат *Sviteco-ППВ* проявив антибактеріальну дію до *Pseudomonas syringae* тільки в нативному виді і у розведенні в 10 раз. Антибактеріальну дію до *Xanthomonas translucens* pv. *Undulosa* та *Clavibacter michiganensis* subsp. *tessellarius* препарат не виявив як в нативному стані, так і в розведенні 1:10 та 1:100. Взагалі не виявив токсичної дії препарат до *Pseudomonas fluorescens* та *Agrobacterium tumefaciens*.

Препарат *Sviteko-ОПЛ* проявив токсичну дію до фітопатогенних бактерій переважно в нативному виді. Виключенням є антибактеріальна активність щодо *Xanthomonas translucens* pv. *undulosa* та *Clavibacter michiganensis* subsp. *tessellarius*, яка проявилася навіть у розведенні 1 : 1000.

Отже, пробіотичний препарат *Sviteco PBP* у розведеннях 1:100 та 1:1000 раз можна використовувати для розробки біологічних методів захисту від усіх досліджених нами фітопатогенних бактерій. Пробіотичний препарат *Sviteco-ОПЛ* можна використовувати для розробки біологічних методів захисту від лише проти збудників бактеріозів *Xanthomonas translucens* pv. *Undulosa* та *Clavibacter michiganensis* subsp. *tessellarius*. Тому використання препаратів на основі пробіотиків у боротьбі з фітопатогенами є

перспективним інноваційним напрямом, адже на ринку здебільшого представлені мікробіологічні препарати на основі симбіотичних азотофіксуючих, фосфат мобілізуючих, клубчастих бактерій (*Azotobacter*, *Agrobacterium radiobacter*, *Bacillus megaterium*).

#### Визначення фунгіцидної активності пробіотичних препаратів

Для визначення фунгіцидної дії пробіотичних препаратів на третю і на п'яту добу культивування на чашках Петрі використовували фітопатогенні штами грибів *Fusarium oxysporum* та *Alternaria tenuis Fr.*, які уражують широкий спектр сільськогосподарських рослин, зокрема пшеницю озиму.

Результати дослідження фунгіцидної активності (табл. 4.2) свідчать, що пробіотичні препарати не виявляють токсичної дії до вищевказаних фітопатогенних штамів грибів.

Таблиця 4.2

#### *Чутливість фітопатогенних грибів до пробіотичних препаратів (зони фунгіцидної дії, мм)*

Мікроміцети	Нативний препарат	1:10 <sup>-1</sup>	1:10 <sup>-2</sup>	1:10 <sup>-3</sup>	1:10 <sup>-4</sup>
<i>Sviteco-ППВ</i>					
<i>Fusarium oxysporum</i>	0	0	0	0	0
<i>Alternaria tenuis Fr.</i>	0	0	0	0	0
<i>Sviteco-ОПЛ</i>					
<i>Fusarium oxysporum</i>	15 мм	0	0	0	0
<i>Alternaria tenuis Fr.</i>	15 мм	0	0	0	0
<i>Sviteco PBP</i>					
<i>Fusarium oxysporum</i>	10	0	0	0	0
<i>Alternaria tenuis Fr.</i>	10	0	0	0	0

У процесі спостереження за дією препарату *Sviteco-ППВ* не було виявлено зон затримки росту для жодної з випробуваних концентрацій, що свідчить на резистентність мікроорганізмів до даного препарату. Виявлено активність препаратів *Sviteco-ОПЛ* та *Sviteco PBP* у нативному стані. Але діаметр зон затримки росту не перевищує 15 мм, що свідчить про слабку

чутливість до препаратів. Ріст грибної культури спостерігали навіть всередині лунки, в яку вносили біоцид. Отже, досліджені пробіотичні препарати не пригнічують ріст тест-культур грибів.

Враховуючи вищеприведені результати дослідження, на наступному етапі проведено вивчення чутливості фітопатогенних бактерій та грибів до комплексного використання суміші пробіотичних препаратів та бішофіту. Проведено вивчення антибактеріальної активності щодо фітопатогенних бактерій наступних препаратів:

1 варіант - препарат *Sviteco PBP* у розведенні 1:100;

2 варіант – розчин бішофіту у розбавленні 1:10;

3 варіант - суміш пробіотику *Sviteco PBP* (розведення 1:100) та бішофіту (розведення 1:10).

Отримані результати дослідження, щодо чутливості фітопатогенних бактерій до дії пробіотику *Sviteco PBP* та бішофіту, свідчать про те, що найкращі результати зафіксовані при комплексному використанні пробіотику *Sviteco PBP* (1% розведення) та бішофіту (0,1% розведення), причому по деяким фітопатогенам (*P. syringae*, *C. Michiganensis subsp. tessellarius*, *A. tumefaciens*) результати були кращі ніж при нативному використанні пробіотику *Sviteco PBP*. Таким чином підтвержено синергічну дію пробіотику *Sviteco PBP* та бішофіту при їх комплексному використанні проти фітопатогенних бактерій (рис. 4.1).

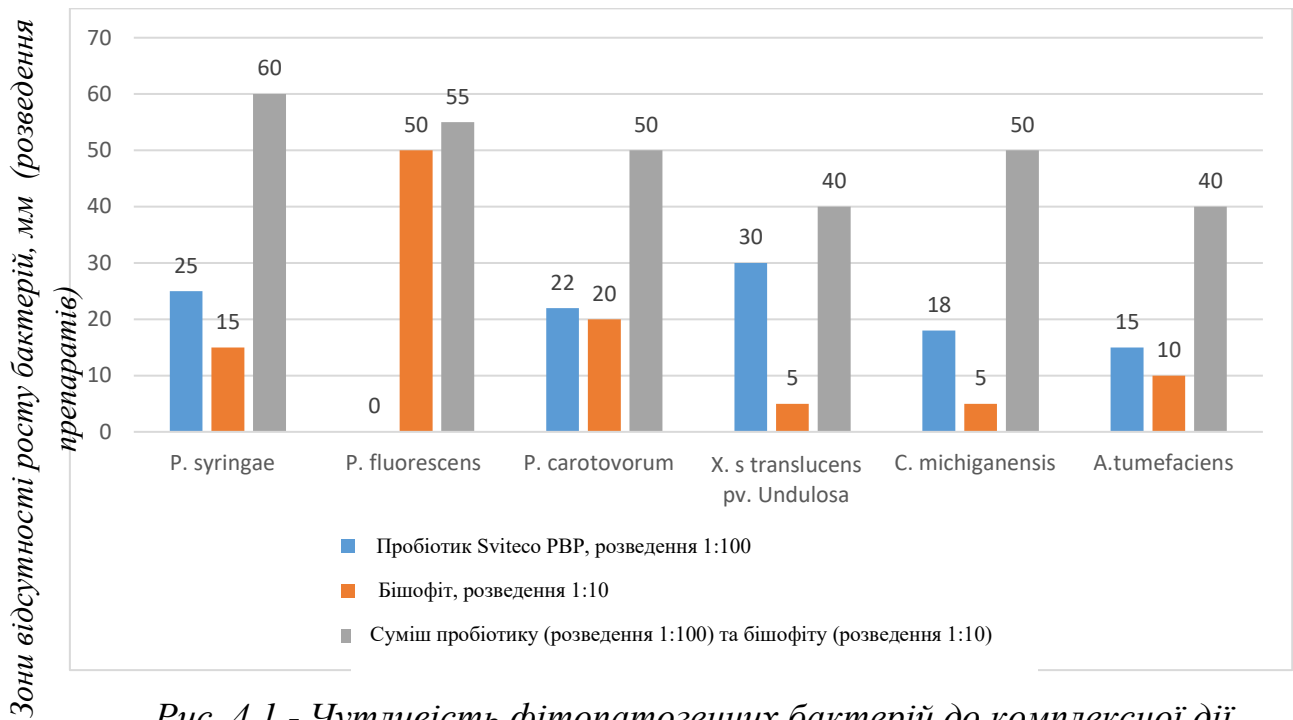
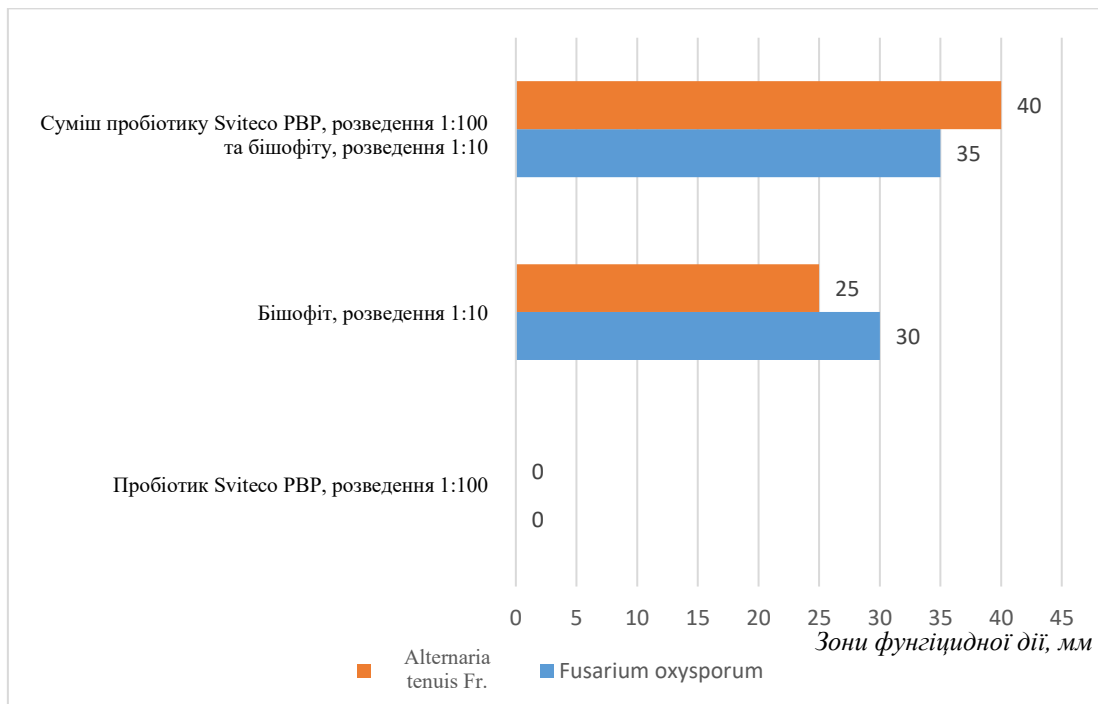


Рис. 4.1 - Чутливість фітопатогенних бактерій до комплексної дії пробіотику *Sviteco PBP* та бішофіту

Результати дослідження фунгіцидної активності (рис. 4.2) свідчать, що пробіотичні препарати *Sviteco PBP* у комплексі із бішофітом виявляють токсичну дію до вищевказаних фітопатогенних штамів грибів. Це обумовлено токсичним впливом як безпосередньо бішофіту, так і збільшенням активності пробіотичних мікроорганізмів внаслідок забезпечення бішофітом необхідним поживним середовищем для даних мікроорганізмів (мікро- і макроелементів). Таким чином встановлено, що суміш бішофіту та пробіотику *Sviteco PBP* можна використовувати як фунгіцид.



*Рис. 4.2 -Чутливість фітопатогенних грибів до пробіотичного препарату Sviteco PBP та бішофіту (зони фунгіцидної дії, мм )*

На наступному етапі, для встановлення можливості використання бішофіту як протруювача насіння пшениці озимої, проведено визначення лабораторної схожості насіння пшениці озимої сорту Диканька, яке було оброблене бішофітом різної концентрації (в розрахунку 20 л/т насіння), та оброблених протруювачем Голден Супер 500. Протруєння препаратом Голдер Супер проводили суспензією препарату у співвідношенні 10 л робочого розчину на 1 тонну насіння. Крім того визначали схожість насіння після обробки бішофітом і протруювачем з томленням (насіння витримували у целофанових пакетах на протязі 3 годин).

Таблиця 4.3

*Схожість насіння пшениці озимої Диканька оброблених різними концентраціями бішофіту і протруювачем Голден Супер*

<i>Концентрація бішофіту, %</i>	<i>Схожість, %</i>	<i>Концентрація бішофіту, %</i>	<i>Схожість, %</i>
Бішофіт 100%	95	Бішофіт 30%	90
Бішофіт 90%	92	Бішофіт 25%	91
Бішофіт 80%	92	Бішофіт 20%	90
Бішофіт 70%	92	Бішофіт 15%	90
Бішофіт 60%	93	Контроль	90
Бішофіт 50%	92	Голден Супер	75
Бішофіт 40%	92		

Наведені в табл. 4.3 дані свідчать про те, що практично всі концентрації бішофіту не знижують схожість насіння пшениці озимої. У той же час встановлено, що обробіток протруювачем Голден Супер значно знижує схожість насіння пшениці озимої (75% проти 90% на контролі).

#### **4.2 Вплив пробіотиків та бішофіту на посівні якості пшениці озимої**

Трансформація екологічних чинників у сучасному аграрному секторі спонукає світову та вітчизняну наукову спільноту [136; 277–283] шукати шляхи активації внутрішнього потенціалу екосистем. Важливо застосовувати препарати, які забезпечують ефективний контроль чисельності збудників хвороб та шкідників, запобігання їх розвитку та розповсюдженню на початковому етапі, при обробці насіння, при цьому не знижуючи його посівні якості. Оскільки хімічні препарати для захисту сільськогосподарських культур від бактеріозу є небезпечними для навколишнього середовища, а також встановлено негативний вплив хімічних препаратів при протруюванні

на посівні якості насіння, існує необхідність вивчення та удосконалення біологічних методів боротьби із хворобами агрофітоценозу.

Важливу роль у створенні екологічно збалансованого сільськогосподарського виробництва відіграють мікробіологічні засоби захисту рослин від хвороб та шкідників. Застосування біометодів суттєво знижує собівартість вирощування врожаю, а комбіновані системи захисту дають можливість запобігти явищу виникнення резистентності до хімічних засобів захисту у збудників хвороб, яке спостерігається при використанні хімічного методу захисту. На сьогодні відомі бактеріальні добрива на основі азотфіксуючих та фосфатмобілізуючих мікроорганізмів, багато штамів яких є антагоністами фітопатогенної мікрофлори [14]. Проте, як свідчать дані попереднього розділу, найбільш прогресивним шляхом інтенсифікації агросистем є залучення засобів на основі пробіотичних штамів.

Для попередньої оцінки можливості використання пробіотичних препаратів для знезараження насіння в лабораторних умовах (лабораторія агроекологічного моніторингу ПДАУ) на першому етапі проведено дослідження використання пробіотичних препаратів як протруювача. Для дослідження використано насіння пшениці озимої (Диканька) та ячміню (Парнас), що обумовлено необхідністю вивчення впливу пробіотиків на голозерне (пшениця озима) у порівнянні з плівчастим (ячмінь) насінням.

До основних показників якості посівного матеріалу відповідно Державного стандарту України 4138-2002 [266], відносять схожість, енергію проростання, зараженість хворобами та заселеність шкідниками, вологість тощо. Кількість насіння, що проросло за перші 3-4 дні, показує його енергію проростання. Для кожної сільськогосподарської культури встановлено стандартом час обліку енергії проростання та схожості [266]. Схожість – найважливіший показник якості насіння, її визначають за кількістю нормальних проростків, які з'явилися через 7 діб пророщування [267]. Від схожості насіння залежить його посівна якість.

Для вивчення можливості використання пробіотику *Sviteco PBP* як протруювача з фракції кондиційного насіння пшениці озимої та ячменю відбирали підряд чотири проби по 100 насінин і пророщували їх у чашках Петрі між фільтрувальним папером у наступному розчині:

- 1 варіант – контроль (вода);
- 2 варіант – пробіотик *Sviteco PBP* в нативному стані;
- 3 варіант – в 10% розчині пробіотику *Sviteco PBP*;
- 4 варіант – в 1% розчині пробіотику *Sviteco PBP*;
- 5 варіант – в 0,1% розчині пробіотику *Sviteco PBP*.

Інкубацію проводили в термостатах за стабільного температурного режиму на рівні 20°C. Моніторинг стану насінин здійснювали щодоби впродовж тижня. Показник схожості розраховували як частку пророслих одиниць від загального обсягу висіяного матеріалу. Через три дні пророщування визначали енергію проростання, а через 7 – лабораторну схожість.

Найвищою енергією проростання (таблиця 4.4) на пшениці озимій характеризувався варіант 4 (1% розчин пробіотику) з середнім показником 90%, що на 18% більше у порівнянні з контролем. Нативний пробіотик викликав пошкодження насіння, що привело до зменшення схожості насіння на 15%. Обробка насіння пшениці озимої 10% та 0,1% розчином пробіотику сприяло збільшенню енергії проростання на 10% та 3% у порівнянні з контролем відповідно, що дещо гірше у порівнянні з варіантом 1% розчину пробіотику. Найвищою енергією проростання (таблиця 4.4) на ячмені характеризувався варіант 3 (10% розчин пробіотику) з середнім показником 91%, що на 23% більше у порівнянні з контролем.

Таблиця 4.4

*Енергія проростання зразків пшениці озимої та ячменя при знезараженні різною концентрацією пробіотичного препарату Svitaco PBP, %*

Варіант досліджу	Озима пшениця	% від контролю, ±	Ячмінь	% від контролю, ±
1. Контроль	76	-	74	-
2. Обробка 100% розчином пробіотику	65	-15	71	-4
3. Обробка 10% розчином пробіотику	84	+10	91	+23
4. Обробка 1% розчином пробіотику	90	+18	83	+12
5. Обробка 0,1% розчином пробіотику	79	+3	75	+1

Обробка насіння ячменю 1% та 0,1% розчином пробіотику сприяло збільшенню енергії проростання на 12% та 1% у порівнянні з контролем, що дещо гірше у порівнянні з варіантом 10% розчину пробіотику. Це обумовлено в першу чергу знезаражуючим впливом пробіотичних препаратів на фітопатогени, але на відміну від фунгіцидів пробіотичні препарати не знижують енергію проростання та схожість насіння.

Аналогічні дані отримано при визначенні схожості насіння ячменя та пшениці озимої (табл. 4.5).

Найвищою схожістю на пшениці озимій характеризувався варіант 4 (1% розчин пробіотику) з середнім показником 94%, що на 6% більше у порівнянні з контролем, а на ячменю – варіант 3 (10% розчин пробіотику) з середнім показником 93%, що на 9% більше у порівнянні з контролем. Таким чином, для протруювання насіння пшениці озимої найкраще використання 1% розчину пробіотику (для голозерного насіння), для ячменя – 10% розчин пробіотику (для плівчастого насіння). При цьому різна концентрація, при якій спостерігається найбільш високі показники схожості та енергії проростання у пшениці озимої та ячменя обумовлено наявністю плівки у ячменя, що потребує збільшення концентрації пробіотику для знезараження

збудників хвороб та шкідників на його поверхні. Також встановлено, що висока концентрація пробіотику (100%) навпаки пригальмовує схожість насіння, що пояснюється впливом високої концентрації пробіотичних мікроорганізмів на розвиток інших мікроценозів (розділ 3).

Таблиця 4.5

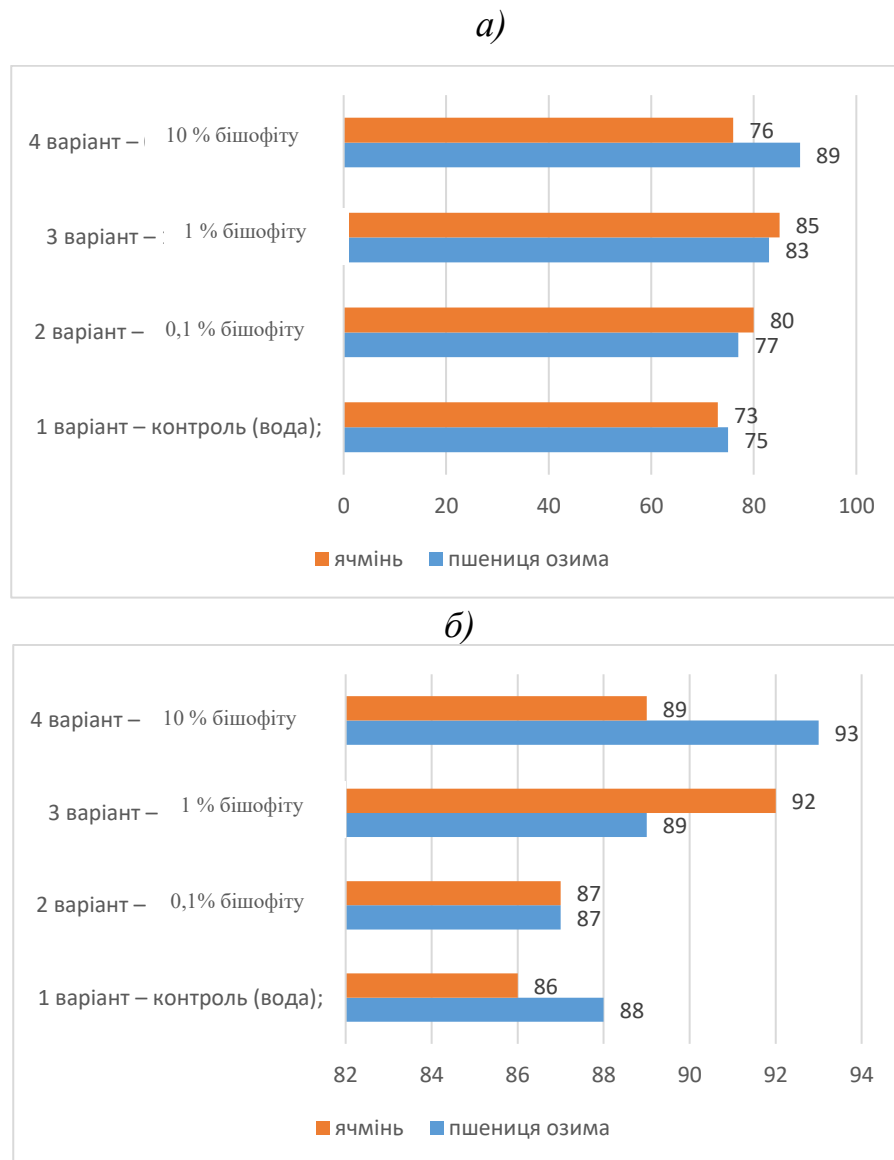
*Лабораторна схожість зразків пшениці озимої та ячменя при незараженні різною концентрацією пробіотичного препарату Sviteco PBP, %*

Варіант досліджу	Озима пшениця	% від контролю, $\pm$	Ячмінь	% від контролю, $\pm$
1. Контроль	88	-	85	-
2. Обробка 100% розчином пробіотику	78	-12	87	-2
3. Обробка 10% розчином пробіотику	90	+2	93	+9
4. Обробка 1% розчином пробіотику	94	+6	90	+5
5. Обробка 0,1% розчином пробіотику	89	+1	87	+2

Спираючись на результати попередніх етапів (розділ 3), у подальшому проведено вивчення можливостей використання бішофіту як протруювача. Для цього закладені аналогічні дослідження із різною концентрацією бішофіту:

- 1 варіант – контроль (вода);
- 2 варіант – 10% розчин бішофіту;
- 3 варіант – 1% розчин бішофіту;
- 4 варіант – 0,1% розчин бішофіту.

Усереднені результати (у чотирьохкратній повторюваності) щодо енергії проростання та схожості насіння пшениці озимої та ячменю при протруюванні різної дози бішофіту приведені на рис. 4.3.



*Рис. 4.3 – Енергія проростання (а) та схожість насіння (б) пшениці озимої та ячменя при обробці різною концентрацією бішофіту (усереднені дані)*

Встановлено, що при обробці насіння пшениці озимої, найкраще значення енергії проростання та схожості зафіксовано при обробці насіння 10% розчином бішофіту, при цьому по енергії проростання насіння приріст склав 18% у порівнянні з контролем, а по схожості – 6%. При обробці насіння ячменю найкраще значення енергії проростання насіння та схожості зафіксовано при обробці насіння 1% розчином бішофіту, при цьому по енергії насіння приріст відповідно склав 16% у порівнянні з контролем, а по

схожості – 7%. Бішофіт є додатковим джерелом макро- і мікроелементів, а також негативно впливає на збудників хвороб та шкідників, тому при обробці насіння пшениці озимої 0,1% розчином бішофіту та при обробці насіння ячменя 1% розчином бішофіту спостерігаються найкращі показники по схожості та енергії проростання, що, як і у випадку пробіотичних препаратів, суттєво відрізняє вплив від інших хімічних фунгіцидів.

Враховуючи отримані результати, на наступному етапі проведено дослідження комплексного використання бішофіту та пробіотику *Sviteco PBP* на пшениці озимій у наступних концентраціях:

1 варіант – контроль;

2 варіант – 1% розчин пробіотику (найкраще значення при окремому використанні пробіотику *Sviteco PBP* на насінні пшениці озимої);

3 варіант – 10% розчин бішофіту (найкраще значення при окремому використанні бішофіту на насінні пшениці озимої);

4 варіант – суміш 1% розчину пробіотику *Sviteco PBP* (у концентрації 10 мл/л) та 10% розчину бішофіту (100 мл/л).

Результати представлені у табл. 4.6.

Таблиця 4.6

*Енергія проростання та схожість зразків пшениці озимої при незараженні пробіотичним препаратом Sviteco PBP та бішофітом, %*

Варіант дослідження	Енергія проростання	% від контролю, ±	Схожість	% від контролю, ±
1. Контроль	75	-	88	-
2. Обробка 1% розчином пробіотику	90	+20	93	+5
3. Обробка 10% розчином бішофіту	89	+18	92	+4
4. Обробка сумішшю (1% розчин пробіотику та 10% розчин бішофіту)	94	+25	97	+10

Встановлено, що найкращий результат отримано при обробці насіння пшениці озимої сумішшю пробіотичного препарату *Sviteco PBP* та бішофіту. Зокрема, енергія проростання склала 94%, що на 25% більше у порівнянні з контролем, а схожість 97%, що на 10% більше у порівнянні з контролем відповідно.

Аналогічні дослідження щодо комплексного використання бішофіту та пробіотику *Sviteco PBP* здійснені також для ячменю (табл. 4.7):

1 варіант – контроль;

2 варіант – 10% розчин пробіотику (найкраще значення при окремому використанні пробіотику *Sviteco PBP* на насінні ячменя);

3 варіант – 1% розчин бішофіту (найкраще значення при окремому використанні бішофіту на насінні ячменя);

4 варіант – суміш 10% розчину пробіотику *Sviteco PBP* (у концентрації 100 мл/л) та 1% розчину бішофіту (10 мл/л).

Таблиця 4.7

*Енергія проростання та схожість зразків ячменя при знезараженні пробіотичним препаратом Sviteco PBP та бішофіту, %*

Варіант досліджу	Енергія проростання	% від контролю, ±	Схожість	% від контролю, ±
1. Контроль	73	-	86	-
2. Обробка 10% розчином пробіотику	90	+23	94	+9
3. Обробка 1% розчином бішофіту	85	+16	92	+6
4. Обробка сумішшю (10% розчин пробіотику та 1% розчин бішофіту)	95	+30	96	+12

Встановлено, що найкращий результат отримано при обробці насіння ячменя сумішшю пробіотичного препарату *Sviteco PBP* та бішофіту, зокрема енергія проростання склала 95%, що на 30% більше у порівнянні з

контролем, а схожість 96%, що на 12% більше у порівнянні з контролем відповідно.

Таким чином, в результаті експериментальних досліджень в лабораторних умовах встановлено ефективні суміші пробіотичного препарату *Sviteco PBP* та бішофіту для підвищення енергії проростання та схожості. Зокрема встановлено ефективність використання суміші пробіотику *Sviteco PBP* та бішофіту для протруювання насіння у наступних дозах:

- для пшениці озимої (голозерного насіння) – суміш 1% розчину пробіотику та 10% розчину бішофіту;
- для ячменя (плівчастого насіння) – суміш 10% розчину пробіотику та 1% розчину бішофіту.

### **4.3 Використання бішофіту в посівах пшениці озимої**

Основою захисту рослин в інтенсивних технологіях вирощування є застосування комплексних систем, які включають агротехнічні, організаційно-господарські, селекційні, біологічні і хімічні заходи. На сучасному етапі гарантування стабільних врожаїв агрокультур практично неможливе без хімічного захисту рослин. Проте мінімізація екологічних ризиків потребує зваженої стратегії їх експлуатації: модернізації технологічних прийомів, оптимізації тактики обробок та вибору діючих речовин, що мають низьку токсичність для теплокровних організмів за високої технічної ефективності.

До недавнього часу вважалось, що проблема пестицидів являється виключно сільськогосподарською. Проте нині очевидно, що дана тематика посіла ключове місце серед глобальних екологічних викликів. Це зумовлено її безпосереднім зв'язком із вектором розвитку сільського господарства, а також безпекою людей, збереженням флори, фауни та функціонуванням усієї біосфери загалом [285]. Послідовне зниження хімічного навантаження на

кожну одиницю площі є пріоритетною метою, досягнення якої покладено насамперед на наукову спільноту [27].

Відомо, що 70-90% об'єму робіт по захисту рослин займають заходи боротьби з бур'янами, які зростають на посівах, поглинаючи з ґрунту велику кількість вологи і поживних речовин, тобто є конкурентами культурних рослин у використанні основних факторів життя. Застосування гербіцидів планується як захід, що дозволяє замінити ручну працю по прополюванню посівів і скоротити кількість міжрядних обробіток на просапних культурах [14]. Гербіциди не завжди ефектні і в більшості випадках токсичні для людей, тварин та корисних комах. Тривалий період напіврозпаду окремих пестицидів у субстраті створює суттєві ризики для ротації чутливих наступників у сівозміні. Крім того, закупівля вартісних імпортованих реагентів спричиняє значне фінансове навантаження на бюджет агропідприємств [16].

З огляду на це, скорочення масштабів використання гербіцидів має суттєве значення як для економіки господарства, так і для збереження довкілля. В даний час проблема боротьби з рослинами бур'янів в посівах пшениці озимої залишається надто актуальною. Розроблений комплекс агротехнічних заходів, що дозволяє в достатньому ступені контролювати розвиток рослин бур'янів, в ряді випадків не дає очікуваного ефекту. Особливо це відчувається через відсутність необхідної техніки і знарядь для обробітку ґрунту і посівів, паливно-мастильних матеріалів, що приводить до порушення строків проведення тих чи інших операцій, тобто до грубого порушення технологічної дисципліни, культури землеробства. Саме тому аграрії змушені вдаватися до хімічних методів регулювання забур'яненості [81].

Сучасний спектр гербіцидних засобів дозволяє ефективно очищувати посіви та нарощувати врожайність, однак фінансові витрати та екологічні ризики роблять їх використання не завжди доцільним. Тому необхідний

пошук нових підходів до застосування гербіцидів і альтернативних заходів захисту рослин в землеробстві.

Згідно з попередніми науковими вишукуваннями П. В. Писаренка [104] встановлено, що пшениця озима в фазу кущення - початку виходу в трубку не чутлива до обробки новими екологічно-безпечними речовинами - бішофітом. Разом з цим помічені значні опіки листків рослин бур'янів, головним чином двудольних зимуючих і ранніх ярих, які являються основними бур'янами посівів пшениці озимої (грицики звичайні, талабан польовий, суріпиця звичайна та ін.). У зв'язку з цим, у подальшому проводились польові дослідження по дослідженню ступеня фітотоксичності бішофіту проти бур'янів, які зростають в посівах пшениці озимої. Результати досліджень представлені в таблиці 4.8.

Таблиця 4.8

*Фітотоксичність бішофіту для бур'янів, які засмічують посіви пшениці озимої (середнє за 2022-2024 рр.)*

Назва рослин	Концентрація бішофіту, %			Гербіцид Дезормон 600 (1,4 л/га)
	100	75	50	
Грицики звичайні	92,2	91,1	75,0	97,8
Талабан польовий	90,3	90,2	65,3	98,0
Суріпиця звичайна	96,2	95,5	61,7	98,5
Осот рожевий	65,6	64,9	56,2	96,9

При застосуванні бішофіту в ролі гербіцидного засобу було встановлено оптимальний обсяг — 150 л/га. Дана концентрація визначена з урахуванням максимальної ефективності для ґрунтових мікроорганізмів та фізико-хімічних аналізів ґрунту (розділ 3).

З наведених даних табл. 4.8 видно, що після обробки посівів пшениці озимої в фазу весняного кущення - початку виходу в трубку, коли рослини пшениці не чутливі до природних розсолів та мінералів, зокрема бішофіту, пошкодження листової поверхні бур'янів сягає значних розмірів. Найбільш

суттєва загибель рослин від опіків листкової поверхні спостерігалась після обробки бішофітом 100-75 % концентрації. Опіки листкової поверхні названих рослин бур'янів призводили до їх загибелі (табл. 4.9).

Таблиця 4.9

*Забур'яненість посівів пшениці озимої після обробки бішофітом  
(середнє за 2022-2024 рр.)*

Варіанти дослідів	Біомаса бур'янів, г/м <sup>2</sup>		Зниження сухої біомаси, %
	Сира маса, г/м <sup>2</sup>	Повітряно-суха маса, г/м <sup>2</sup>	
Контроль (без обробки)	49,2	8,3	-
Бішофіт 100 % концентрація	9,8	1,1	88,8
Бішофіт 75 % концентрація	10,2	1,5	85,3
Бішофіт 50 % концентрація	11,8	1,8	84,7
НІР 0,05	0,25	0,6	

Із даних табл. 4.9 видно, що на контролі кількість бур'янів більше ніж після обробки різними концентраціями бішофіту. Найбільше зменшення біомаси рослин бур'янів спостерігалось 88,8 % на ділянці, обробленій 100 %-ою концентрацією бішофіту. Зменшення кількості бур'янів на посівах призводить до підвищення конкурентоздатності культурних рослин та покращання умов збирання. Із зменшенням забур'янення посівів спостерігається підвищення урожайності пшениці озимої (табл. 4.10).

З представлених даних табл. 4.10 видно, що в середньому за 4 роки урожайність пшениці озимої склала: на контролі – 40,2 ц/га, після обробки її гербіцидом Дезормоном 600 (1,4 л/га) – 47,0 ц/га, що на 6,8 ц/га більше, ніж на контролі. Урожайність після обробки бішофітом (100 % концентрації) склала 50,3, що на 10,1 ц/га більше контролю та на 3,3 ц/га більше ніж при використанні гербіциду Дезормону 600. Урожайність при використанні бішофіту при обприскуванні посівів 75%-ю концентрацією склала 48,8 ц/га, що на 8,6 ц/га більше контролю та на 2,7 ц/га більше ніж при використанні

гербициду Дезормону 600, у той же час це на 1,5 ц/га менше у порівнянні з 100 % концентрацію бішофіту. Використання бішофіту 50%-ої концентрації значно менше позначилося на урожайності (44,1 ц/га, що на 3,9 ц/га більше ніж на контролі).

Таблиця 4.10

*Вплив обробки різними концентраціями бішофіту на продуктивність пшениці озимої в різні роки (2022-2024 рр.), ц/га*

Варіанти дослідів	2022 р.	2023 р.	2024 р.	Середнє
1. Контроль (без обробки)	40,7	40,4	39,5	40,2
2. Гербицид Дезормон 600 (1,4 л/га)	47,6	47,2	46,2	47,0
3. Бішофіт, 100% - концентрації	50,9	50,6	49,4	50,3
4. Бішофіт, 75% - концентрації	49,4	49,0	48,0	48,8
5. Бішофіт 50% - концентрації	44,7	44,3	43,3	44,1
НІР 0,05	1,8	1,5	2,0	

Механізм підвищення урожайності пшениці озимої може розкрити тільки проведення аналізів структури урожаю (табл. 4.11).

Аналізуючи представлені в табл. 4.11 дані можна зробити висновок, що після обробки пшениці озимої бішофітом 100 %-ої концентрації збільшились довжина колоса (6,9 на контролі до 8 см після обробки), число зерен в колосі (з 21,6 на контролі до 29,3 після обробки), маса з одного колоса (з 1,0 на контролі до 1,8 г після обробки) і як наслідок, зростає маса 1000 зерен до 61,6 проти контролю 49,2 г. При використанні бішофіту 75% концентрації довжина колосу склала 7,7 см (на 0,8 см більше ніж на контролі), число зерен у колосі 27,4 (проти 21,6 на контролі) та маса 1000 насінин 59,7 г (проти 49,2 г на контролі та 61,6 г при використанні бішофіту 100% концентрації).

Таблиця 4.11

*Структура урожаю пшениці озимої, обробленої бішофітом різних концентрацій*

Варіанти дослідів	Показники структури урожаю				
	Висота рослин, см	Довжина колоса, см	Число зерен в колосі, штук	Маса зерна в одному колосі, г	Маса 1000 зерен, г
1. Контроль (без обробки)	59,9	6,9	21,6	1,0	49,2
2. Бішофіт 100% концентрації	68,9	8,0	29,3	1,8	61,6
3. Бішофіт 75% концентрації	69,9	7,7	27,4	1,6	59,7
4. Бішофіт 50% концентрації	64,9	7,2	25,0	1,3	54,0
НІР 0,05			0,5		0,9

Підвищення врожаю пшениці озимої відбувається як за рахунок ефективного контролю забур'янення так і оптимізації живлення рослин за рахунок мікроелементів, що містяться в бішофіті.

Треба також відзначити і роль хлору, який має позитивний вплив на стійкість рослин до ураження хворобами коренів і листків, понижує вміст нітратного азоту в рослинах, підвищує вміст загального азоту в зерні, збільшує масу 1000 зерен. У злакових рослинах хлор, прискорює розвиток рослин і цвітіння настає трохи раніше звичайних строків, зерно формується крупніше, зменшується ушкодженість прапорцевого і другого листка хворобами [104].

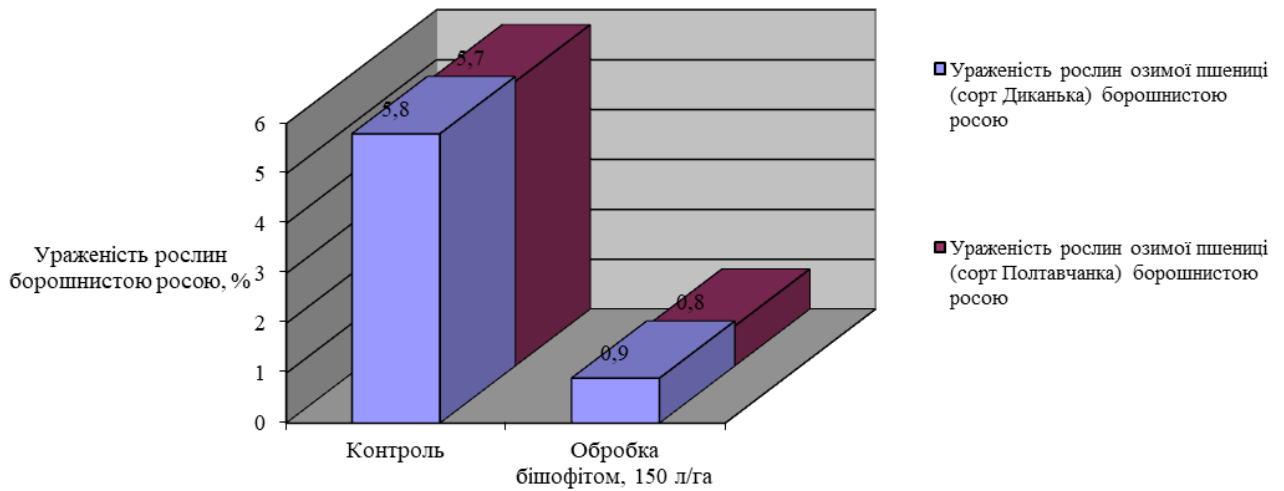
В підвищенні урожайності пшениці озимої суттєву роль відіграє також і значне покращення фітосанітарного стану посівів за рахунок стримування розвитку на рослинах інфекційних хвороб за допомогою бішофіту. В ряду найбільш поширених захворювань визначне місце займає борошниста роса, яка може призводити до суттєвих (10-15%) втрат урожаю зерна і погіршення його якості [75].

Шкодочинний вплив на рослини цього захворювання визначається специфікою розвитку його збудника - паразитичного гриба *Erysiphe graminis* DC. f. *tritici* Marchal, який відноситься до порядку *Erysiphales* класу *Ascomycetes*. Внаслідок розвитку міцелію гриба на всіх надземних органах утворюється спочатку павутинистий, а пізніше - повстятий наліт білого кольору. Це призводить до зменшення асиміляційної поверхні, пригнічення розвитку кореневої системи, послаблення опірності стебла, що викликає схильність до вилягання рослин [284].

Інтенсивність ураження сприйнятливих рослин визначається погодними умовами на початку вегетаційного періоду і швидко наростає в роки з високими середньодобовими температурами (20-25 °C) і високою (70-90%) відносною вологістю повітря. Тому, в нашому регіоні це захворювання проявляється не щорічно, а рівень економічного порогу шкодочинності (20-25%) досягається один раз на 5-8 років [284, 286]. Звичайно, що при такому рівні захворювання використання комерційних фунгіцидів є економічно і екологічно недоцільним. Саме тому доцільно вивчити можливість стримування розвитку борошнистої роси за рахунок фунгіцидної дії бішофіту, який використовувалася нами в якості гербіциду.

Вище описана дія бішофіту як гербіциду на посівах пшениці озимої. Під час проведення досліджень про вивченню гербіцидної дії бішофіту на посівах пшениці озимої нами було відмічено, крім зменшення засміченості бур'янами, зниження відсотку ураження культурних рослин борошнистою росю. Це відбувалося, на нашу думку, за рахунок високої мінералізації бішофіту, зокрема вмісту магнію і хлору, що призводить до пошкодження міцелію і погіршення умов спороношення паразитного гриба.

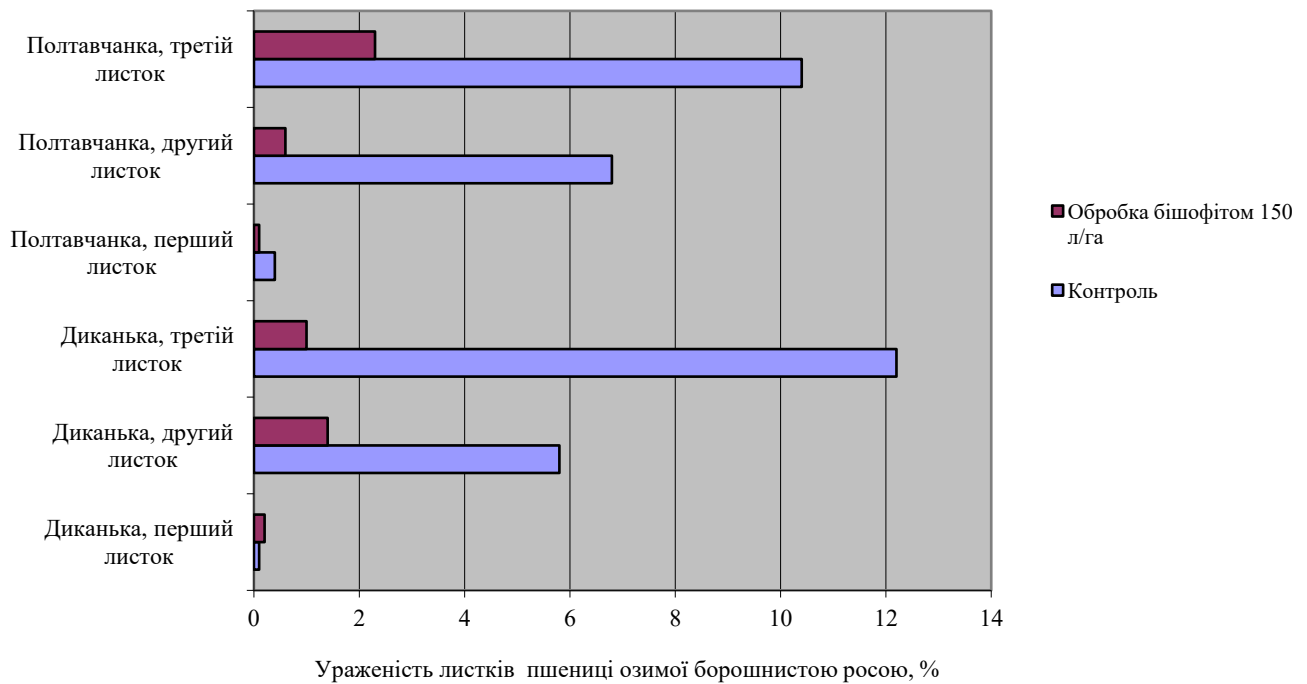
Досліди проводили в СФГ «СКІФ» Великобагачанського району Полтавської області на посівах пшениці озимої сортів Диканька та Полтавчанка. Облік ураження рослин борошнистою росю проводили за загально прийнятною методикою [287].



*Рис. 4.4 - Вплив бішофіту на ураженість різних сортів пшениці озимої борошнистою росю*

Як свідчать отримані дані (рис. 4.4) у 2022-2024 рр. році рівень ураження рослин пшениці озимої мало відрізнявся по сортах і не перевищував 5,8%. Застосування бішофіту стримувало розвиток борошнистої роси. На нашу думку це пов'язано з тим, що до його складу входять такі біодепресанти як хлор, йод і бром.

Достовірне зниження інтенсивності ураження рослин обох сортів було досягнуто саме за рахунок пригнічення споруляції гриба і стримування поширення інфекції серед рослин (рис. 4.5).



*Рис. 4.5 - Вплив бішофіту на ураженість борошнистою росю листків різних ярусів пшениці озимої*

Судячи із ступеню розвитку борошнистої роси на листках різних ярусів, можемо відмітити виражену геностатичну дію бішофіту, саме про це свідчить ефективний захист листків 2-го і 3-го ярусів, процес розгортання яких відбувався в період застосування бішофіту.

Таким чином доведена фунгіцидна дія бішофіту на зовнішні інфекційні структури збудника борошнистої роси, що свідчить про перспективність цього напрямку.

#### 4.4 Комплексне використання пробіотичних препаратів та бішофіту в агросистемах

У подальшому в польових умовах продовжено дослідження характеру дії бішофіту та пробіотичних препаратів на рослини пшениці озимої протягом 2022-2024 рр.

Схожість насіння пшениці озимої Диканька по роках при протравлюванні бішофітом та пробіотичними препаратами у порівнянні з стандартним протруювачем приведена у таблиці 4.12 (в загальному розрахунку 20 л/т насіння, розбавлення водою).

Таблиця 4.12

*Схожість насіння пшениці озимої Диканька при протруєнні бішофітом та пробіотиком Svitaco PBP у порівнянні з стандартним протруювачем*

Варіант	Норма препарату	Схожість по рокам, %			Середнє
		2022	2023	2024	
Контроль	-	85	86	88	86
Голден Супер	10 л/т+ 10 л води	83	84	84	84
Бішофіт 100%*	10 л/т+ 10 л води	91	93	90	91
Бішофіт 100%+ Пробіотик Svitaco PBP**	10 л/т+ 1 л/т+ 9 л води	93	95	92	93

\* бішофіт при розбавленні 100% здійснює найбільше пригнічення спор збудників твердої сажки пшениці, п.4.1; \*\* виходячи з пропорції для пшениці озимої – суміш 1% розчину пробіотику та 10% розчину бішофіту, п.4.2.

Як видно з наведених в таблиці 4.12 даних, протруювання бішофітом підвищує польову схожість насіння пшениці озимої по відношенню до контролю (91% по відношенню до 86% на контролі та 84% при протруюванні Голден Супер). Протруювання бішофітом та пробіотиком Svitaco PBP підвищує польову схожість насіння пшениці озимої до 93%, що на 7% вище у порівнянні з контролем та 9% вище у порівнянні з стандартним протруювачем (Голден Супер).

Для подальшого дослідження дії бішофіту в агросистемах у польових умовах вносився бішофіт як гербіцид, норма становила 150 л/га, 100% концентрації. Результати приведені у таблиці 4.14

Таблиця 4.14

*Продуктивність пшениці озимої в різні роки при використанні різних технологій захисту рослин (2022-2024 рр.), ц/га*

Варіанти дослідів	Норма препарату	2022 рік	2023 рік	2024 рік	Середнє
1. Контроль (без внесення)	-	40,7	40,4	39,5	40,2
2. Гербіцид Дезормон 600	1,4 л/га	47,6	47,2	46,2	47,0
3. Протруєння насіння Голден Супер+ гербіцид Дезормон 600 по всходам	Протруєння - 10 л/т+ 10 л води Норма гербіциду – 1,4 л/га	50,2	50,1	51,4	50,6
4. Протруєне насіння сумішшю бішофіту та пробіотику <i>Sviteco RBP</i> +гербіцид бішофіт 100% по всходам	Протруєння - 10 л/т+1 л/т+ 9 л води Норма гербіциду – 150 л/га	61,2	69,8	62,4	64,5
НІР 0,05		1,8	1,5	2,0	

Яке зазначалося раніше, до складу бішофіту входить велика кількість хімічних елементів у тому числі макро- та мікроелементи, пробіотики (зокрема за рахунок вмісту бактерій роду *Bacillus*) дозволяють знизити вміст патогенних мікроорганізмів та сприяти розвитку необхідних для рослин мікроценозів. Результати впливу комплексного застосування суміші пробіотику та бішофіту як протруювача та гербіциду на посівах пшениці озимої представлено у таблиці 4.15.

Таблиця 4.15

Урожайність пшениці озимої при використанні різних технологій захисту рослин (середнє за 2022-2024 рр.)

Варіанти дослідів	Середня урожайність, ц/га	Приріст урожаю	
		ц/га	%
1. Контроль (без внесення)	40,2	-	-
2. Гербіцид Дезормон 600	47,0	6,8	16,9
3. Протруєння насіння Голден Супер+ гербіцид Дезормон 600 по всходам	50,6	10,4	25,8
4. Протруєне насіння сумішшю бішофіту та пробіотику <i>Sviteco PBP</i> +гербіцид бішофіт 100% по всходам	64,5	24,3	60,4

Загалом, як видно з табл. 4.15, застосування суміші пробіотику та бішофіту як протруювача та гербіциду на посівах пшениці озимої призводить до значного підвищення урожайності. Так використання суміші бішофіту (100% розбавлення) та пробіотику *Sviteco PBP* у відношенні 1:10 (10 л бішофіту, 1 л пробіотику на 9 л води на тону насіння), та подальше використання бішофіту (100%) як гербіциду по всходам (норма внесення 150 л/га) дозволяє підвищити урожайність на 24,3 ц/га (на 60,4% відповідно, у порівнянні з контролем). Використання стандартної технології (протруєння насіння пшениці озимої протруювачем Голден Супер та внесення у подальшому гербіциду Дезормон 600 по всходам) дозволило отримати урожайність 50,6 ц/га, при цьому приріст урожаю склав 10,4% у порівнянні з контролем (25,8%), що на 13,9 ц/га (34,6%) менше у порівнянні з

запропонованою екологічно безпечною технологією на основі використання бішофіту та пробіотиків (рис. 4.6).

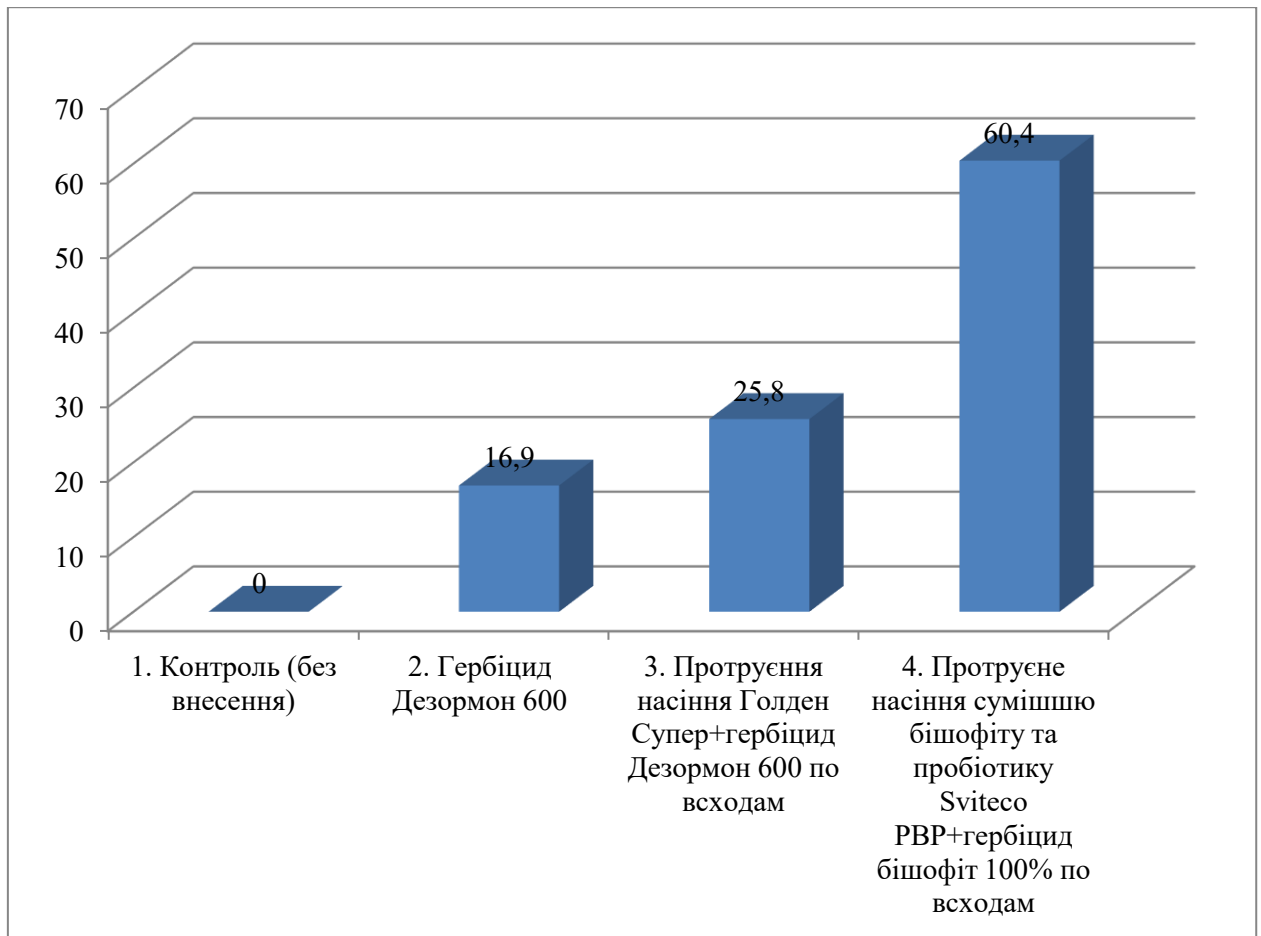


Рис.4.6 - Приріст урожаю пшениці озимої при використанні різних технологій захисту рослин (середнє за 2022-2024 рр.), %

Таким чином встановлено, що суміш пробіотику *Sviteco PBP* (1 л/т) та бішофіту (10 л/т) є ефективним протруювачем для насіння озимої пшениці. Внесення бішофіту як гербіциду (150 л/га 100% концентрації) дозволяє підвищити урожайність пшениці озимої за рахунок зниження засміченості полів та має одночасно фунгіцидну дію, пригнічуючи спори збудників захворювань, без негативних наслідків для довкілля, покращити мікробний ценоз ґрунту, як наслідок – сприяти підвищенню його родючості.

### Висновки до 4 розділу.

1. Встановлено, що пробіотичний препарат *Sviteco PBP* у розведеннях 1:10 та 1:100 раз можна використовувати для розробки біологічних методів захисту від фітопатогенних бактерій. На основі вивчення чутливості фітопатогенних бактерій та грибів до комплексного використання суміші пробіотичних препаратів та бішофіту встановлено, що найкращі результати зафіксовані при комплексному використанні пробіотику *Sviteco PBP* (1% розведення) та бішофіт (10% розведення), причому по деяким фітопатогенам (*P. syringae*, *C. Michiganensis subsp. tessellarius*, *A.tumefaciens*) результати були кращі ніж при нативному використанні пробіотику *Sviteco PBP*. Таким чином, підтвержено синергічну дію пробіотику *Sviteco PBP* та бішофіту при їх комплексному використанні проти фітопатогенних бактерій.

2. Встановлено, що пробіотичні препарати не виявляють токсичної дії до фітопатогенних штамів грибів. У той же час результати дослідження фунгіцидної активності свідчать, що пробіотичний препарат *Sviteco PBP* у комплексі із бішофітом виявляє токсичну дію до фітопатогенних штамів грибів. Це обумовлено токсичним впливом як безпосередньо бішофіту, так і збільшенням активності пробіотичних мікроорганізмів внаслідок забезпечення бішофітом необхідним поживним середовищем для даних мікроорганізмів (мікро- і макроелементів), тобто суміш бішофіту та пробіотиків можна використовувати як фунгіцид. Подальші дослідження підтвердили, що практично всі концентрації бішофіту не знижують схожість насіння пшениці озимої у порівнянні із стандартним протруювачем.

3. Встановлено, що найкращий результат для захисту агрофітоценозу отримано при обробці насіння пшениці озимої сумішшю пробіотичного препарату *Sviteco PBP* та бішофіту, зокрема енергія проростання склала 94%, що на 25% більше у порівнянні з контролем, а схожість 97%, що на 10% більше у порівнянні з контролем відповідно. Таким

чином, в результаті досліджень встановлено ефективність використання суміші пробіотику *Sviteco PBP* та бішофіту для протруювання насіння пшениці озимої (голозерного насіння) у дозі – суміш 1%-го розчину пробіотику та 10% розчину бішофіту.

4. Досліджено використання бішофіту різної концентрації (100%, 75% та 50%) як гербіциду (норма – 150 л/га) на посівах пшениці озимої по всходах. Найвища урожайність (50,3 ц/га) спостерігалася при використанні 100% розчину бішофіту, що на 10,1 ц/га більше контролю та на 3,3 ц/га більше ніж при використанні гербіциду Дезормону 600. Підвищення врожаю пшениці озимої відбувається як за рахунок ефективного контролю забур'янення так і оптимізації живлення рослин за рахунок мікроелементів, що містяться в бішофіті. При цьому після обробки пшениці озимої бішофітом 100 %-ої концентрації збільшились довжина колоса (6,9 на контролі до 8 см після обробки), число зерен в колосі (з 21,6 на контролі до 29,3 після обробки), маса з одного колоса (з 1,0 на контролі до 1,8 г після обробки) і як наслідок, зросла маса 1000 зерен до 61,6 проти контролю 49,2 г.

5. Встановлено, що в підвищенні урожайності пшениці озимої суттєву роль відіграє також і значне покращення фітосанітарного стану посівів за рахунок стримування розвитку на рослинах інфекційних хвороб за допомогою бішофіту (ураженість рослин борошнистою россою знизилася з 5,7-5,8% на різних сортах пшениці озимої на контролі до 0,8-1,9% після обробки бішофітом). Застосування бішофіту стримувало розвиток борошнистої роси, що пов'язано з тим, що до його складу входять такі біодепресанти як хлор, йод і бром. Відмічено виражену геностатичну дію бішофіту, про що свідчив ефективний захист листків 2-го і 3-го ярусів, процес розгортання яких відбувався в період застосування бішофіту.

6. Обгрунтовано, що суміш пробіотику *Sviteco PBP* (1 л/т) та бішофіту (10 л/т) є ефективним протруювачем для насіння пшениці озимої. Внесення бішофіту як гербіциду (150 л/га 100% концентрації) дозволяє

підвищити урожайність пшениці озимої за рахунок зниження засміченості полів та має одночасно фунгіцидну дію, пригнічуючи спори збудників захворювань, без негативних наслідків для довкілля, покращити мікробний ценоз ґрунту, як наслідок – сприяти підвищенню його родючості.

Основні результати проведеного дослідження опубліковані в працях [299; 308; 309; 313; 315].

## РОЗДІЛ 5

### ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ПРОБІОТИЧНИХ ПРЕПАРАТІВ ТА БІШОФІТУ У БІОЛОГІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ЗАХИСТУ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

Розробку комплексу агрономічних заходів, що забезпечують високу врожайність сільськогосподарської культури, обов'язково оцінюють за економічними показниками. Система захисту рослин пшениці озимої слугує основою підвищення рентабельності аграрного виробництва, проте через високі ціни на засоби захисту рослин які склалися в аграрному секторі останніми роками, потребує нових екологічно збалансованих та економічно ефективних підходів [328]. Сучасні виклики, зокрема наслідки війни в Україні, диктують потребу в інтеграції енергоощадних ресурсів та новітніх розробок на кожному етапі — від вирощування зерна до його продажу.

У даній роботі запропонована технологія використання суміші пробіотику *Sviteco PBP* (1 л/т) та бішофіту (10 л/т) для протруювання насіння пшениці озимої. Внесення бішофіту як гербіциду (150 л/га 100% концентрації) дозволяє підвищити урожайність пшениці озимої за рахунок зниження засміченості полів та має одночасно фунгіцидну дію, пригнічуючи спори збудників захворювань, без негативних наслідків для довкілля, покращити мікробний ценоз ґрунту, як наслідок – сприяти підвищенню його родючості. Для визначення ефективності запропонованої технології в польових умовах продовжено дослідження характеру дії бішофіту та пробіотичних препаратів на рослини пшениці озимої протягом 2022-2024 рр. Проведена економічна оцінка вирощування пшениці озимої у при використанні різних технологій захисту рослин (2022-2024 рр.) показана доцільність запропонованої технології (табл. 5.1-5.3).

З урахуванням цін, що підвищилися протягом останніх років, на застосований у досліді гербіцид та протруювач, встановлено, що чистий

прибуток за 3 роки найвищий при використанні запропонованої технології захисту пшениці озимої - протруєне насіння сумішшю бішофіту та пробіотику *Sviteco PBP* (10 л/т бішофіту та 1 л/т пробіотику) та використання бішофіту (150 л/га) для захисту посівів від забур'неності по всходам.

У таблиці 5.1 наведені дані, що відображають економічну ефективність захисту посівів пшениці озимої по варіантах дослідів за 2022 рік.

Таблиця 5.1

*Економічна ефективність вирощування пшениці озимої в залежності від технології захисту рослин (2022 рік)*

Показники на 1 га	Варіанти			
	Контроль (без внесення)	Гербіцид Дезормон 600	Протруєння насіння Голден Супер+ гербіцид Дезормон 600 по всходам	Протруєне насіння сумішшю бішофіту та пробіотику <i>Sviteco PBP</i> +гербіцид бішофіт 100% по всходам
Норма препарату	-	1,4 л/га	Протруєння - 10 л/т+ 10 л води Норма гербіциду – 1,4 л/га	Протруєння - 10 л/т+1 л/т+ 9 л води Норма гербіциду – 150 л/га
Урожайність, ц	40,7	47,6	50,2	61,2
Вартість урожаю, грн.	40700	47600	50200	61200
Виробничі витрати, грн	24854,4	27245	31245	29443
Чистий прибуток, грн	15845,6	20355,1	18954,6	31756,6
Рентабельність, %	63,8	74,7	60,7	107,9

В умовах звітнього року найвищу урожайність зерна культури було одержано на ділянках досліду, де застосовано комплексну технологію - протруєне насіння сумішшю бішофіту та пробіотику *Sviteco PBP* та використання бішофіт як гербіциду по всходам, 61,2 ц/га, що на 50,4% вище за контроль та на 28% вище, ніж при використанні гербіциду дезормону 600. При використанні комплексної системи хімічного захисту рослин - протруєння насіння Голден Супер та обробка гербіцидом дезормон 600 по всходам, урожайність склала 50,2 ц/га, що на 23% вище контролю, але на 6% менше ніж при застосування запропонованої технології з використанням бішофіту та пробіотику.

Найвищу рентабельність теж було одержано на ділянках досліду, де застосовано комплексну технологію - протруєне насіння сумішшю бішофіту та пробіотику *Sviteco PBP* та використання бішофіт як гербіциду по всходам – 107,9%, при контролі – 63,8%, а при комплексній системі хімічного захисту рослин (протруєння насіння Голден Супер та обробка гербіцидом дезормон 600 ) – 60,7% (рис.5.1).

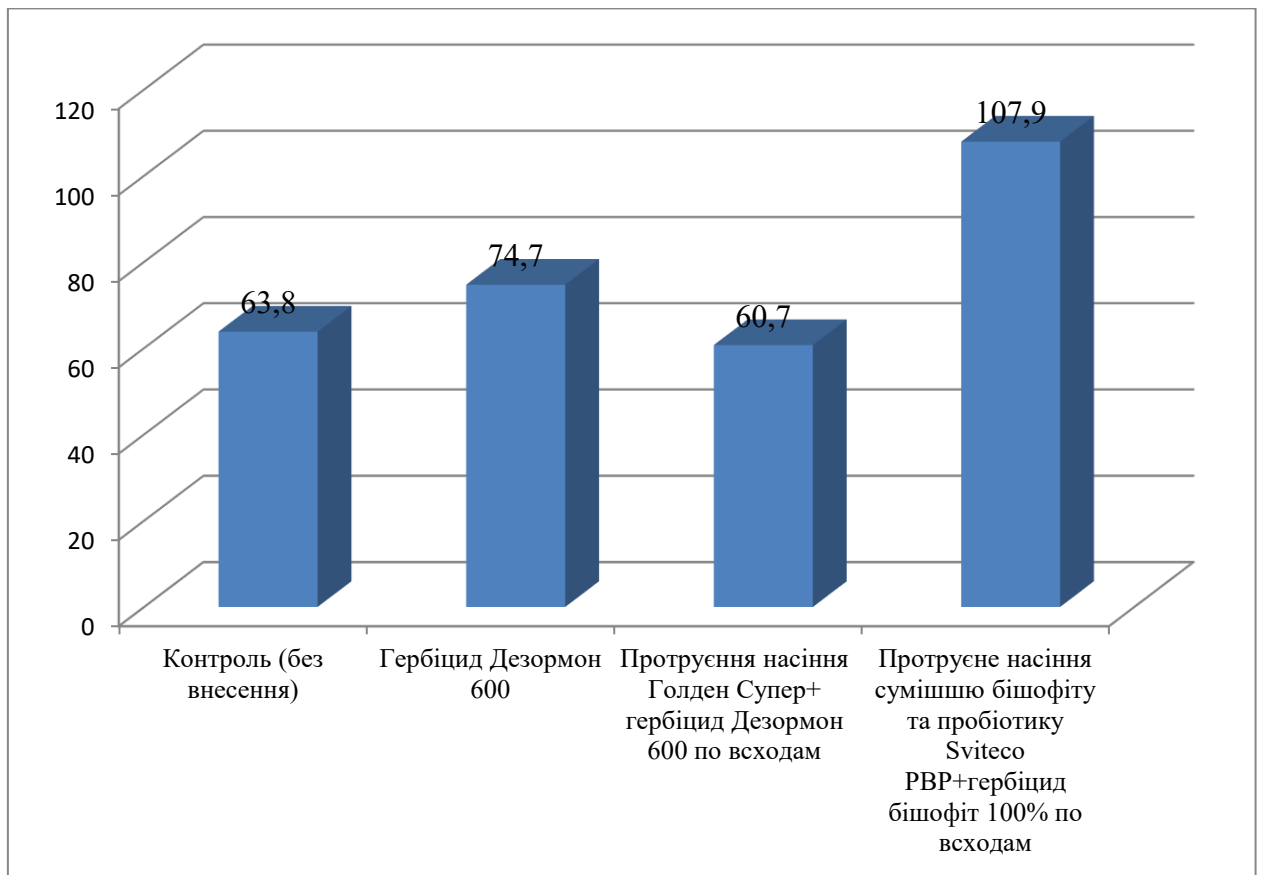


Рис. 5.1 – Рентабельність вирощування пшениці озимої в залежності від технології захисту рослин (2022 рік), %

У таблиці 5.2 наведені дані, що відображають економічну ефективність захисту посівів пшениці озимої по варіантах дослідів за 2023 рік. У даний рік найвищу урожайність зерна культури було одержано на ділянках дослідів, де застосовано технологію біологічного захисту насіння пшениці озимої (бішофітом та пробіотиком *Sviteco PBP*), яка склала 69,8 ц/га, що на 72,7% вище за контроль та на 47,8% вище, ніж при використанні гербициду дезормону 600. При використанні комплексної системи хімічного захисту рослин - протруєння насіння Голден Супер та обробка гербицидом дезормон 600 по всходам, урожайність склала 50,1 ц/га, що на 24% вище контролю, але на 23% менше ніж при застосуванні запропонованої технології з використанням бішофіту та пробіотику.

Найвищу рентабельність в умовах даного року було одержано на ділянках досліду, де застосовано комплексну технологію - протруєне насіння сумішшю бішофіту та пробіотику *Svitesto PBP* та використання бішофіт як гербіциду по всходам – 137,3%, при контролі – 62,2%, тобто на 75,1% вище за контроль. При комплексній системі хімічного захисту рослин (протруєння насіння Голден Супер та обробка гербіцидом дезормон 600 ) рентабельність склала 58,8%, що були нижче за контроль на 3,4% (рис. 5.2).

Таблиця 5.2

*Економічна ефективність вирощування пшениці озимої в залежності від технології захисту рослин (2023 рік)*

Показники на 1 га	Варіанти			
	Контроль (без внесення)	Гербіцид Дезормон 600	Протруєння насіння Голден Супер+гербіцид Дезормон 600 по всходам	Протруєне насіння сумішшю бішофіту та пробіотику <i>Svitesto PBP</i> +гербіцид бішофіт 100% по всходам
Норма препарату	-	1,4 л/га	Протруєння - 10 л/т+ 10 л води Норма гербіциду – 1,4 л/га	Протруєння - 10 л/т+1 л/т+ 9 л води Норма гербіциду – 150 л/га
Урожайність, ц	40,4	47,2	50,1	69,8
Вартість урожаю, грн.	40400	47200	50100	69800
Виробничі витрати, грн	24912	27310	31540	29420
Чистий прибуток, грн	15488	19890	18560	40380
Рентабельність, %	62,2	72,8	58,8	137,3

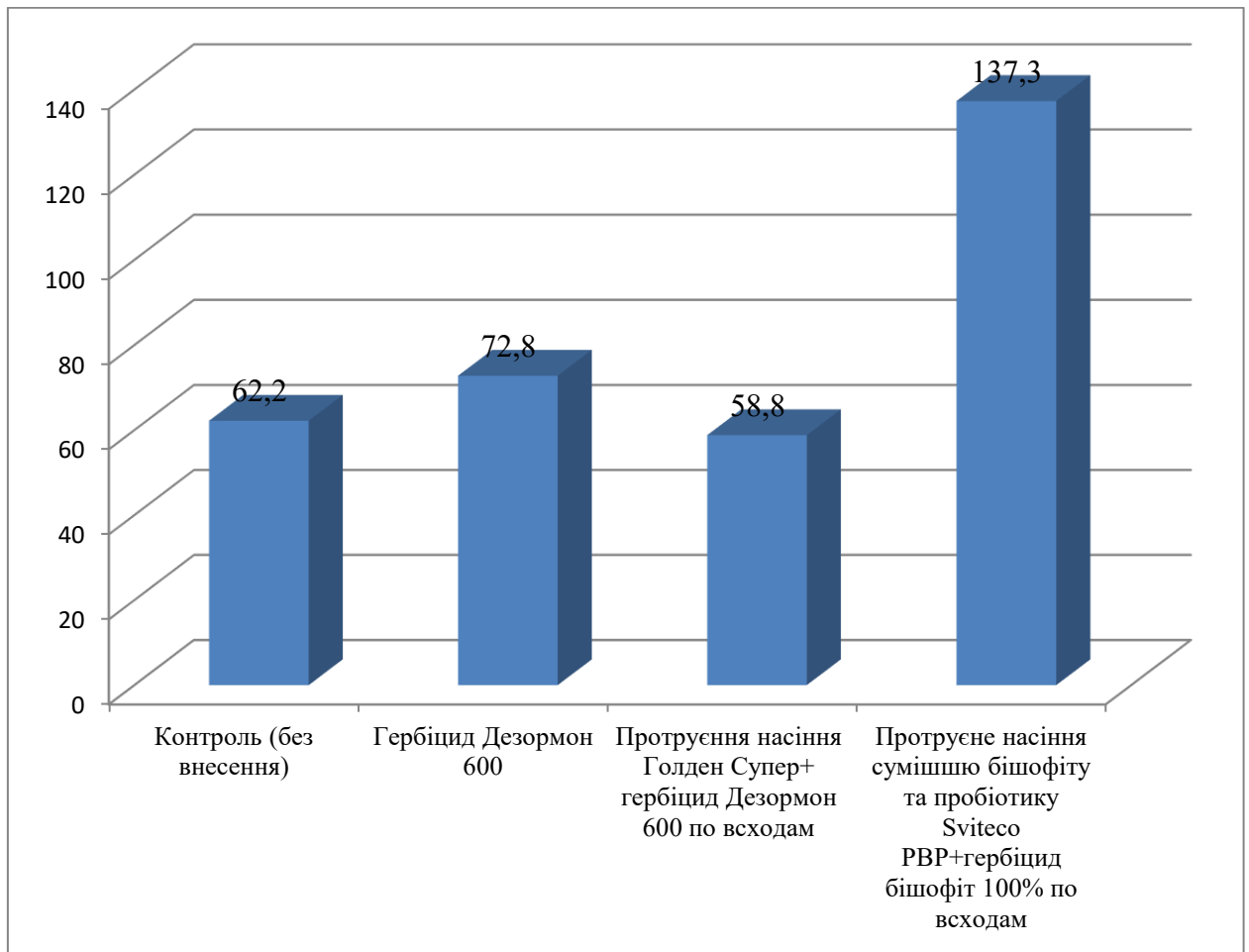


Рис. 5.2 – Рентабельність вирощування пшениці озимої в залежності від технології захисту рослин (2023 рік), %

Відповідні дані, що відображають економічну ефективність захисту посівів пшениці озимої по варіантах дослідів за 2024 рік приведено у таблиці 5.3. У 2024 році найвища урожайність зерна культури склала 62,4 ц/га при використанні технології біологічного захисту насіння пшениці озимої (бішофітом та пробіотиком *Sviteco PBP*), що на 57,9% вище за контроль та на 35,1% вище, ніж при використанні гербіциду Дезормону 600. При використанні комплексної системи хімічного захисту рослин - протруєння насіння Голден Супер та обробка гербіцидом Дезормон 600 по всходам, урожайність склала 51,4 ц/га, що на 30,1% вище контролю, але на 27,8%

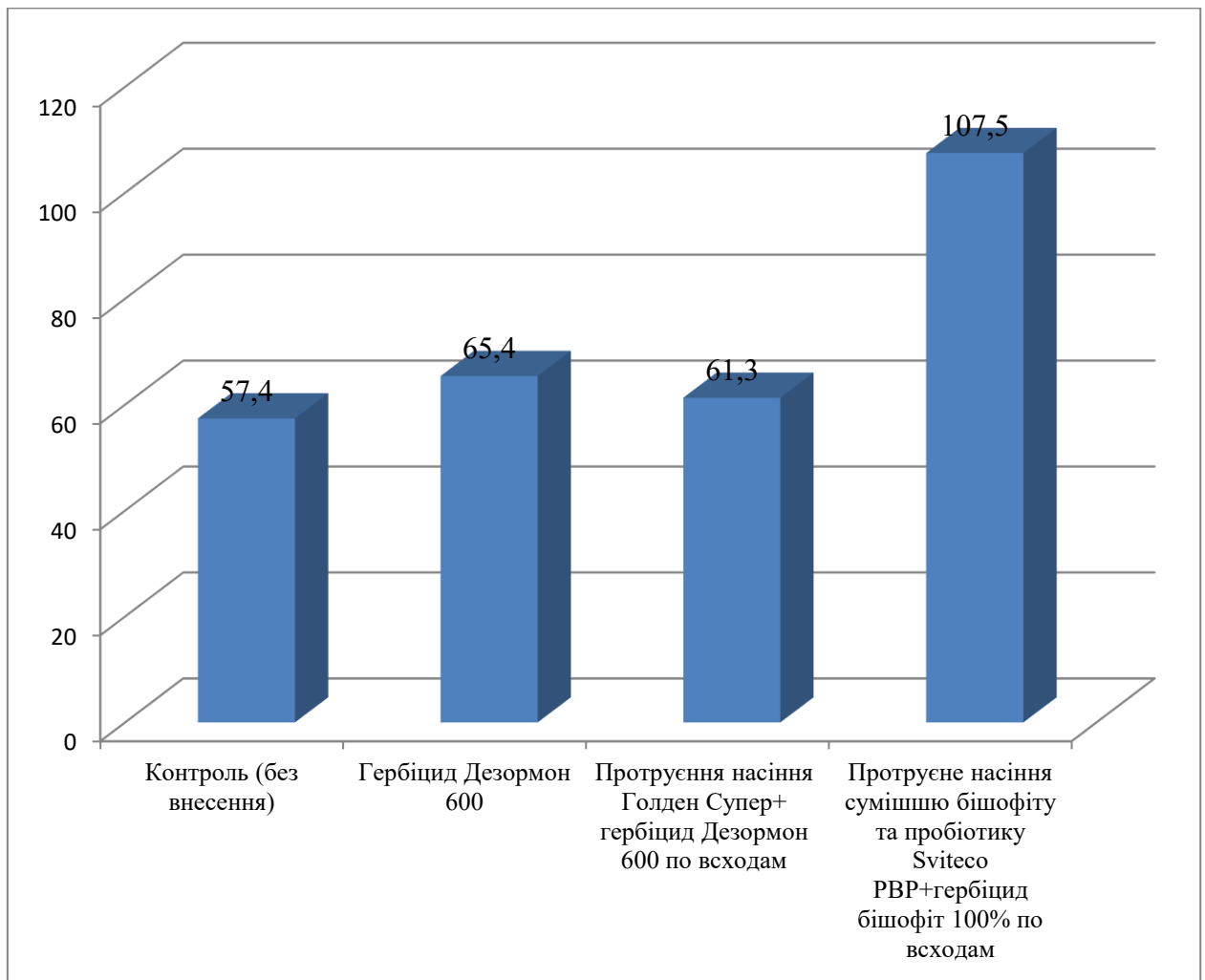
менше ніж при застосування запропонованої технології з використанням бішофіту та пробіотику.

Найвищу рентабельність в умовах 2024 року було одержано на ділянках досліду, де застосовано комплексну технологію біологічного захисту рослин (протруєне насіння сумішшю бішофіту та пробіотику *Sviteco RBP* та використання бішофіт як гербіциду по всходам) – 107,5%, при контролі – 57,4%, тобто на 50,1% вище за контроль. При комплексній системі хімічного захисту рослин (протруєння насіння Голден Супер та обробка гербіцидом дезормон 600 ) рентабельність склала 61,3%, що були вище за контроль на 3,9, але нижче від запропонованої технології біологічного захисту рослин на 46% (рис.5.3).

Таблиця 5.3

*Економічна ефективність вирощування пшениці озимої в залежності від технології захисту рослин (2024 рік)*

Показники на 1 га	Варіанти			
	Контроль (без внесення)	Гербіцид Дезормон 600	Протруєння насіння Голден Супер+ гербіцид Дезормон 600 по всходам	Протруєне насіння сумішшю бішофіту та пробіотику <i>Sviteco RBP</i> +гербіцид бішофіт 100% по всходам
Норма препарату	-	1,4 л/га	Протруєння - 10 л/т+ 10 л води Норма гербіциду – 1,4 л/га	Протруєння - 10 л/т+1 л/т+ 9 л води Норма гербіциду – 150 л/га
Урожайність, ц	39,5	46,2	51,4	62,4
Вартість урожаю, грн.	39500	46200	51400	62400
Виробничі витрати, грн	25100	27940	31870	30070
Чистий прибуток, грн	14400	18260	19530	32330
Рентабельність, %	57,4	65,4	61,3	107,5



*Рис. 5.3 – Рентабельність вирощування пшениці озимої в залежності від технології захисту рослин (2024 рік), %*

Важливим економічним фактором використання запропонованої технології біологічного захисту пшениці озимої є те, що підвищується не тільки урожайність зерна озимої пшениці але і його якість (табл. 5.4). Так проведені дослідження протягом 2022-2024 рр. дозволили встановити, що при використанні даної технології вміст білку у зернах пшениці озимої підвищувався на 10,85%, сирі клітковини в зерні - на 17,2%, натура зерна - на 1,4%, та маса 1000 насінин на 16,1% в порівнянні з контролем на варіанті з використанням бішофіту 150 л/га.

Таблиця 5.4

*Вплив норм внесення бішофіту проти забур'яненості посівів пшениці озимої на якість зерна та окремі його показники (середнє за роки досліджень 2022-2024 рр.)*

<i>Варіант дослідю</i>	<i>Вміст білку, %</i>	<i>Вміст сирії клітковини, %</i>	<i>ІДК клітковини</i>	<i>Натуральна маса зерна, г/л</i>	<i>Маса 1000 насінин, г</i>
Контроль (без бішофіту)	12,9	29	65	770	49,2
Бішофіт, 50 л/га	12,5	29	65	772	53,2
Бішофіт, 100 л/га	13,0	30	65	772	54,0
<b>Бішофіт, 150 л/га</b>	<b>14,0</b>	<b>32</b>	<b>75</b>	<b>777</b>	<b>59,7</b>
Бішофіт, 200 л/га	12,4	29	60	780	61,6

Таким чином, при використанні бішофіту нормою 150 л/га проти забур'яненості посівів пшениці озимої вміст білку підвищувався на 7,75%, сирії клітковини в зерні - на 10,3%, натура зерна - на 15,3%, та маса 1000 насінин на 21,3% в порівнянні з контролем. Все це дозволяє віднести відповідно ДСТУ 3768:2019 «Пшениця. Технічні умови» [297] зерна пшениці озимої після використання бішофіту нормою 150 л/га до 1 класу зерна пшениці та підвищити ціну на 1 т пшениці озимої до 15%.

Таким чином, застосування суміші пробіотику та бішофіту як протруювача та бішофіту як гербіциду на посівах озимої пшениці призводить до значного підвищення урожайності та рентабельності вирощування пшениці озимої. Таким чином підтверджено, що суміш пробіотику *Sviteco RBP* (1 л/т) та бішофіту (10 л/т) є ефективним протруювачем для насіння озимої пшениці, внесення бішофіту як гербіциду (150 л/га 100% концентрації) дозволяє підвищити урожайність пшениці озимої та підвищити рентабельність її вирощування у порівнянні з хімічними засобами захисту

рослин. Також використання бішофіту як гербіциду на посівах озимої пшениці дозволило підвищити не тільки урожайність зерна озимої пшениці але і його якість.

### Висновки до 5 розділу

1. На основі проведеної економічної оцінки ефективності використання суміші пробіотику *Sviteco PBP* (1 л/т) та бішофіту (10 л/т) як протруювача та бішофіту (150 л/га) як гербіциду на посівах пшениці озимої встановлено, що даний метод є більш ефективним у порівнянні з хімічними засобами захисту рослин та контролем (без внесення). Зокрема рентабельність запропонованої технології протягом 2022-2024 рр. у середньому склала 117,5%, що на 65% більше у порівнянні з стандартною технологією хімічного захисту рослин, та на 92% більше у порівнянні з контролем (без внесення).

2. При використанні запропонованої біологічної системи захисту пшениці озимої (суміші пробіотику *Sviteco PB* (1 л/т) та бішофіту (10 л/т) як протруювача та бішофіту (150 л/га) як гербіциду на посівах пшениці озимої) урожайність в середньому за роки дослідження склала 64,5 ц/га, що на 60% більше у порівнянні з контролем та на 37% більше у порівнянні з стандартною технологією хімічного захисту рослин. При цьому важливим економічним фактором використання запропонованої технології біологічного захисту пшениці озимої є те, що підвищується не тільки урожайність зерна, але і його якість (вміст білку підвищувався на 7,75%, сирої клітковини в зерні - на 10,3%, натура зерна - на 15,3%, та маса 1000 насінин на 21,3% в порівнянні з контролем).

Основні результати проведеного дослідження опубліковані в працях [298; 299; 317; 318].

## ВИСНОВКИ

У дисертації представлено авторський підхід до формування наукового напрямку – обґрунтування і розробка науково-методичних засад використання пробіотичних препаратів та бішофіту у системі захисту пшениці озимої. За результатами проведеного дослідження автором зроблено наступні висновки:

1. Обґрунтовано, що отримання сільськогосподарської продукції необхідної кількості та якості при обмежених фінансових можливостях аграріїв, що є основою продовольчої безпеки країни, при збереженні родючості ґрунту, можливе тільки з урахуванням принципів функціонування природних екосистем, що включають природні функції саморегуляції при мінімізації антропогенного впливу на агроценози. Встановлено необхідність формування інноваційних екологічнобезпечних засобів захисту рослин, які є природними та діють локально на потрібні шкідники, не наносячи шкоду якості ґрунту, мікробному біоценозу та біорізноманіттю, що дозволить використати саморегулюючий механізм агроекосистем. У той же час при складанні зональних систем землеробства необхідно особливу увагу приділяти використанню місцевих сировинних ресурсів, з метою підвищення ефективної родючості ґрунту. У цьому аспекті доцільно розширити науковий пошук інноваційних екологічнобезпечних засобів захисту рослин, зокрема щодо дії пробіотичних препаратів та бішофіту у системі захисту рослин, з метою забезпечення сталого функціонування агроекосистем, екологічної та продовольчої безпеки на території України в сучасних умовах.

2. Проведені дослідження впливу бішофіту на субклітинну організацію досліджуваних рослинних об'єктів дозволили встановити ряд фактів, що підтверджують різнопланову дію їх на культурні рослини і на бур'яни. Дія бішофіту на хлоропласти клітин бур'яну призводить до дезорганізації, деструкції і втрати упорядкованості локалізації мембран у цих органелах. Причому, у клітинах бур'янів відбувається не збільшення об'єму цих органел (як у культурних рослин), а навпаки зменшення. Визначено, що

після застосування обприскування бур'яну бішофітом відбувається падіння об'ємних часток мітохондрій, а об'ємні частки мітохондрій клітин пшениці озимої і кукурудзи під дією бішофіту збільшуються. Отже, функції, які властиві мітохондріям (біосинтез АТФ) у клітинах бур'яну порушуються. Таким чином визначено, що у бур'янів, під дією бішофіту відбувається така перебудова організації клітинних компонентів, у результаті якої збільшується хаотичність і знижується упорядкованість, що відбуваються в клітинах процесів.

3. Мікробіологічна індикація досліджуваного ґрунту показала, що за умов внесення проб бішофіту різної концентрації найкращим варіантом досліду і у весінній, і у осінній періоди, для покращення життєдіяльності ґрунтових мікробних ценозів, був варіант з нормою внесення 150 л/га. При даній концентрації спостерігається покращення загального мікроценозу ґрунту.

4. За результатами аналізу коефіцієнтів мінералізації–імобілізації, оліготрофності та педотрофності обґрунтовано, що використання бішофіту сприяє збільшенню вмісту поживних речовин у ґрунті для різних еколого-трофічних груп мікроорганізмів, зменшенню швидкості розкладання гумусу і створення сприятливих умов для розвитку ґрунтових мікроорганізмів. Визначено, що мінімальне значення ІМІ спостерігалось при дозі бішофіту 150 л/га, що свідчить про зменшення швидкості розкладання гумусу і створення сприятливих умов для розвитку ґрунтових мікроорганізмів. Найкращий ефект по коефіцієнту оліготрофності (ІО) спостерігався при використанні бішофіту 150 л/га, що свідчить про збільшення вмісту доступних для мікроорганізмів поживних речовин і високу забезпеченість елементами живлення. Таким чином, обґрунтовано, що при використанні бішофіту дозою 50-200 л/га покращуються умови для розвитку ґрунтових мікроорганізмів у порівнянні з контролем, у той же час найкращий результат отримано при використанні бішофіту дозою 150 л/га.

5. Встановлено, що при внесенні бішофіту дозою від 50 до 150 л/га структурний стан ґрунту не погіршується. Тільки при внесенні у ґрунт доз бішофіту більше 200 л/га спостерігається деяке погіршення структури ґрунту та зменшення вмісту водотривких агрегатів. Оптимальною дозою, яка не викликала погіршення структури ґрунту та вмісту в ньому водотривких агрегатів, була 150 л/га. Визначено, що при використанні бішофіту в ґрунтовому розчині вміст нітратів зменшується, адже бішофіт стимулює ріст і розвиток не тільки рослин, але і ґрунтової біоти, яка є безпосереднім споживачем аніонів та катіонів. Також використання бішофіту в дозах 50-300 л/га не сприяє накопиченню нафтопродуктів і важких металів у ґрунті. Таким чином обґрунтовано відсутність негативного впливу бішофіту на фізико-хімічні властивості ґрунту при внесенні його в дозі 150 л/га.

6. Встановлено, що пробіотичний препарат *Sviteco PBP* у розведеннях 1:10 та 1:100 раз можна використовувати для розробки біологічних методів захисту від фітопатогенних бактерій. На основі вивчення чутливості фітопатогенних бактерій та грибів до комплексного використання суміші пробіотичних препаратів та бішофіту встановлено, що найкращі результати зафіксовані при комплексному використанні пробіотику *Sviteco PBP* (1% розведення) та бішофіту (10% розведення). Таким чином підтвержено синергічну дію пробіотику *Sviteco PBP* та бішофіту при їх комплексному використанні проти фітопатогенних бактерій. Результати дослідження фунгіцидної активності свідчать, що пробіотичний препарат *Sviteco PBP* у комплексі із бішофітом виявляє токсичну дію до фітопатогенних штамів грибів. Встановлено, що найкращий результат для захисту агрофітоценозу отримано при обробці насіння пшениці озимої сумішшю пробіотичного препарату *Sviteco PBP* (1%-го розчину) та бішофіту (10% розчину), зокрема енергія проростання склала 94%, що на 25% більше у порівнянні з контролем, а схожість 97%, що на 10% більше у порівнянні з контролем відповідно.

7. Досліджено використання бішофіту різної концентрації (100%, 75% та 50%) як гербіциду (норма – 150 л/га) у посівах пшениці озимої по всходах. Після обробки посівів пшениці озимої в фазу весняного кущення - початку виходу в трубку, коли рослини пшениці не чутливі до природних розсолів та мінералів, зокрема бішофіту, пошкодження листкової поверхні бур'янів сягає значних розмірів. Найбільш суттєва загибель рослин від опіків листкової поверхні спостерігалась після обробки бішофітом 100-75 % концентрації. Опіки листкової поверхні рослин бур'янів призводили до їх загибелі. При цьому найвища урожайність (50,3 ц/га) спостерігалася при використанні 100% розчину бішофіту як за рахунок ефективного контролю забур'янення так і оптимізації живлення рослин за рахунок мікроелементів, що містяться в бішофіті.

8. Встановлено, що в підвищенні урожайності пшениці озимої суттєву роль відіграє також і значне покращення фітосанітарного стану посівів за рахунок стримування розвитку на рослинах інфекційних хвороб за допомогою бішофіту (ураженість рослин борошнистою росою знизилася з 5,7-5,8% на різних сортах пшениці озимої на контролі до 0,8-1,9% після обробки бішофітом). Відмічено виражену геностатичну дію бішофіту, про що свідчив ефективний захист листків 2-го і 3-го ярусів, процес розгортання яких відбувався в період застосування бішофіту.

9. Доведено, що суміш пробіотику *Sviteco PBP* (1 л/т) та бішофіту (10 л/т) є ефективним протруювачем для насіння пшениці озимої. Внесення бішофіту як гербіциду (150 л/га 100% концентрації) дозволяє підвищити урожайність пшениці озимої за рахунок зниження засміченості полів та має одночасно фунгіцидну дію, пригнічуючи спори збудників захворювань, без негативних наслідків для довкілля, покращити мікробний ценоз ґрунту, як наслідок – сприяти підвищенню його родючості.

10. На основі проведеної економічної оцінки ефективності використання суміші пробіотику *Sviteco PBP* (1 л/т) та бішофіту (10 л/т) як

протруювача та бішофіту (150 л/га) як гербіциду у посівах пшениці озимої встановлено, що даний метод є більш ефективним у порівнянні з хімічними засобами захисту рослин та контролем (без внесення). Зокрема рентабельність запропонованої технології протягом 2022-2024 рр. у середньому склала 117,5%, що на 65% більше у порівнянні з стандартною технологією хімічного захисту рослин, та на 92% більше у порівнянні з контролем (без внесення). При цьому важливим економічним фактором використання запропонованої технології біологічного захисту пшениці озимої є те, що підвищується не тільки урожайність зерна пшениці озимої але і його якість (вміст білку підвищувався на 7,75%, сирі клітковини в зерні - на 10,3%, натура зерна - на 15,3%, та маса 1000 насінин на 21,3% в порівнянні з контролем).

Одержані результати досліджень можуть бути використані при розробці рекомендації щодо використання пробіотичних препаратів та бішофіту у системі захисту пшениці озимої у контексті забезпечення екологічної, продовольчої безпеки регіону та створення сталих агроecosystem.

## РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

1. Використовувати суміш пробіотику *Sviteco PBP* (1 л/т) та бішофіту (10 л/т) для протруювання насіння пшениці озимої з метою покращення фітосанітарного стану посівів.

2. Застосовувати бішофіт (150 л/га) як гербіцид на посівах пшениці озимої, що дозволяє підвищити її урожайність за рахунок зниження засміченості полів та має одночасно фунгіцидну дію, пригнічуючи спори збудників захворювань, без негативних наслідків для довкілля, покращити мікробний ценоз ґрунту, як наслідок – сприяти підвищенню його родючості

3. Використання суміші пробіотику *Sviteco PBP* (1 л/т) та бішофіту (10 л/т) як протруювача та бішофіту (150 л/га) як гербіциду на посівах пшениці озимої, як комплексної біологічної системи захисту пшениці озимої.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Мельник Л.Г. Методи оцінки екологічних втрат. Суми : Університетська книга, 2020. 287с.
2. Голубець М.А., Екосистемологія. Львів: Поллі, 2000. С.53.
3. Вернадський В.І. Філософські думки натураліста. М., 1988. 377с.
4. Vasyliuk O., Shyriaieva D., Kolomytsev G., Spinova J. Steppe protected areas on the territory of Ukraine in the context of the armed conflict in the Donbas region and Russian annexation of the Crimean Peninsula. *Grassland research and conservation (Bulletin of the Eurasian Dry Grassland Group)*. 2017. № 1 (33). P. 15–23.
5. Третяк А. М., Будзяк О. С., Третяк В. М. Екологія землекористування. За заг. ред. Третяка А.М. Київ : Інститут екологічного управління та збалансованого природокористування, 2017. 178 с.
6. Будзяк В.М. Будзяк О.С. Екологізація землекористування. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2012. № 4. С. 34 –37.
7. Дєдов О.О., Дєдов О.В. Проблеми поліпшення екологічного стану сільськогосподарських ландшафтів Поділля та шляхи їх вирішення. *Наукові записки Вінницького педуніверситету. Сер. Географія*. 2011. Вип. 22. С. 27–32.
8. Писаренко В. М., Писаренко П. В., Писаренко В. В. Агроєкологія : навч. посіб. Полтава, 2008. 256 с.
9. Фесенко А. М., Солошенко О. В., Гаврилович Н. Ю. Агроєкологія : навч. посіб. Харків: ХНТУСГ, 2013. 291 с.
10. Корніцька О.І. Органічне виробництво: основні напрями наукового забезпечення. *Агроєкологічний журнал*. 2011. № 3. С. 26 - 30.
11. Таргоня В.С. Екологізація землеробства: концепція розвитку. *Новини агротехніки*. 2007. № 4. С. 40–41.

12. Вороненко В.І. Науковометодичні підходи до оптимізації та ефективного використання земельних ресурсів. *Ефективна економіка*. 2012. № 7. С. 1-5.
13. Petry R. Gutachten zur Wiederaufnahme der Kohleförderung in der Ukraine. 2022 [zitiert nach Kahlweit 2022]
14. Писаренко П. В., Горб О. О., Невмивака Т. В. Основи біологічного та адаптивного землеробства : навч. посіб. Полтава, 2009. 312 с.
15. Писаренко В.М., Антонєць А.С., Писаренко П.В. Система органічного землеробства агроєколога Семена Антонця. Полтава. 2017. 124 с.
16. Кобець М.І. Органічне землеробство в контексті сталого розвитку. Проєкт «Аграрна політика для людського розвитку». Київ, 2004. 22 с.
17. Третяк А.М. Екологія землекористування: теоретико-методологічні основи формування та адміністрування: монографія. Херсон : Грінь Д.С., 2012. 440 с.
18. Балюк С.А., Воротинцева Л.І. Про стан ґрунтового покриву України, його родючість, деградацію та охорону. Моніторинг та показники нейтрального рівня деградації земель в Україні. Львів: Простір-М, 2018. 96 с.
19. Балюк С., Медведєв В., Воротинцева Л., Шимель В. Сучасні проблеми деградації ґрунтів та заходи щодо досягнення її нейтрального рівня. *Вісник аграрної науки*. 2017. Вип. 95, № (8). С. 5-11. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201708-01>.
20. Будзяк О., Будзюк В. Планування природокористування земельних ділянок України в умовах зміни клімату. *Агросвіт*. 2018. №1. С. 3-9.
21. Thomas F., Midler E., Lefebvre M., Engel S. Greening the common agricultural policy: a behavioral perspective and lab -in -the -field experiment in Germany. *European Review of Agricultural Economics*. 2019. Vol . 46, No. 3. P. 367 -392 . DOI: 10.1093/erae/jbz014

22. Милованов Є. В. Органічне сільське господарство: перспективи для України. *Посібник українського хлібороба*. 2009. С. 257–260. Режим доступу : [http://www.nbu.gov.ua/old\\_jrn/Chem\\_Biol/Pukh/2009/257.pdf](http://www.nbu.gov.ua/old_jrn/Chem_Biol/Pukh/2009/257.pdf).

23. Макаренко Н. А. Наукові основи формування переліку препаратів для удобрення та захисту сільськогосподарських рослин в органічному виробництві України. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2014. № 47. С. 45-51.

24. Гудзь В.П. Адаптивні системи землеробства. Київ: Думка, 2007. 116 с.

25. Гамаюнова В. В. Формування надземної маси ярих пшениці та тритикале під впливом оптимізації їх живлення на півдні України. *Вісник ЖНАЕУ*. 2017, № 2(61). Т.1. С. 20-28.

26. Таргоня В., Яворів В. До питання виробництва екологічно безпечної продукції рослинництва. *Техніка і технологія АПК*. 2011. № 1 (16). С. 35–39.

27. Актуальні проблеми та перспективи розвитку земельних відносин в Україні. Стратегія адаптації до вимог Європейського Союзу [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [http://studopedia.com.ua/1\\_16921\\_-zemelna-politika-ukraini-strategiya-adaptatsii-do-vimogiev](http://studopedia.com.ua/1_16921_-zemelna-politika-ukraini-strategiya-adaptatsii-do-vimogiev)

28. Писаренко В. М., Писаренко П. В., Писаренко В. В. Агроекологія : навч. посіб. Полтава, 2008. 256 с.

29. Дєдов О.О., Дєдов О.В. Проблеми поліпшення екологічного стану сільськогосподарських ландшафтів Поділля та шляхи їх вирішення. *Наукові записки Вінницького педуніверситету. Сер. Географія*. 2011. Вип. 22. С. 27–32.

30. Дмитренко В.Л., Махортов Ю.А. Оптимізація структури агроландшафтів. *Земледіліє*. 1998. № 3. С. 18 - 19.

31. Корніцька О.І. Органічне виробництво: основні напрями наукового забезпечення. *Агроекологічний журнал*. 2011. № 3. С. 26 - 30.

32. Писаренко П. В., Самойлік М. С., Диченко О. Ю., Серета М. С., Погосян А. А. Медико-біологічна та токсикологічна оцінка використання біопрепаратів у землеробстві. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. Вип. 1 (100), 2021. С.187-196.
33. Фесенко А. М., Солошенко О. В., Гаврилович Н. Ю. Агроекологія : навч. посіб. Харків: ХНТУСГ, 2013. 291 с.
34. Таргоня В.С. Екологізація землеробства: концепція розвитку. *Новини агротехніки*. 2007. № 4. С. 40–41.
35. Саблук П.Т. Економічний механізм АПК у ринковій системі господарювання. *Економіка АПК*. 2007. № 2. С. 3-10.
36. Ходаківська О.В. Екологізація сільськогосподарських земель: сучасний вимір та перспективи розвитку. *Економіка АПК*. 2011. № 10. С. 23-30.
37. Тарасова В. В. Екологічність агровиробництва в Україні. *Вісник Житомирського національного агроекологічного університету*. 2011. Т. 1. № 1 (28). С. 189–196.
38. Вороненко В.І. Науковометодичні підходи до оптимізації та ефективного використання земельних ресурсів. *Ефективна економіка*. 2012. № 7. С. 1-5.
39. Татаріко Ю. О. Виробництво сільськогосподарської продукції в Україні для потреб Королівства Марокко. *Вісник аграрної науки*. 2022. № 6. С. 55-62.
40. An action-research exploration of value chain development from field to consumer based on organic hempseed oil in Sicily. L. Colombo, G. D. Guccione, S. Canali [et al.]. *Oilseeds and fats, Crops and Lipids*. 2020. №27. 56. <https://doi.org/10.1051/ocl/2020049>.
41. Abrahams P.W. Soils: Their implication to human health. *The Science of the Total Environment*. 2002. Vol. 291 P. 1-32.

42. Сонько С.П. Засадничі принципи ноосферного природокористування у контексті концепції сталого розвитку. *Вісник Криворізького економічного інституту КНЕУ*. 2006. №8. С. 74-87.
43. Сонько С.П. Агроекосистема як екологічна ніша людини. *Збірн.наук.праць Уманського національного університету*. 2019. Випуск 71. Ч.1. С. 188-199.
44. Самойлік М.С. Еколого-економічна оцінка забруднення навколишнього середовища в системі екологічно безпечного розвитку регіонів України: монографія. Полтава: ПолтНТУ, 2012. 269 с.
45. Докучаєв В.В. До питання про відкриття кафедр ґрунтознавства та вчення про мікроорганізми. Вибрані твори. М., 1948. Т. 2. С. 290-318.
46. Гончарук І. В., Ковальчук С. Я., Цицюра Я. Г., Лутковська С. М. Динамічні процеси розвитку органічного виробництва в Україні. Вінниця : ТОВ «ТВОРИ», 2020. 478 с.
47. Pedak I.S. The impact of environmental factors on the production of highquality. *Journal of Agricultural Science*. 2018. №8. P. 15—20.
48. La marque AB. *L'Agriculture Biologique* [Electronic resource]. – Available from : <http://www.agencebio.org/la-marque-ab>.
49. E. Helga. The world of organic agriculture. Statistics and Emerging trends 2019 [Електронний ресурс] / Willer Helga, Lernoud Julia. Rheinbreitbach, Germany, 2019. 300 p. Режим доступу : <http://www.organic-world.net/yearbook-2015.html>.
50. Купинец Л. Е. Методологія формування комплексної оцінки ефектів та ефективності створення органічного виробництва *Органічне виробництво і продовольча безпека*. Житомир : «Полісся», 2013. С.61–66.
51. Писаренко П.В. Основи біологічного та адаптивного землеробства : навч. посібник. Полтава, 2009. 312 с.

52. Медведєв В. В. Проблеми та перспективи відновлення природних ресурсів в умовах сталого розвитку. *Географія та туризм*. 2019. № 37. С. 53–61.
53. Pike F.H. Adaptation considered as a special case under the Theorem of le Chatelier. *Ecology*. 1923. № 2. P. 18-27.
54. Одум Ю. Екологія. М.: Мир, 1986. Т.1. 376 с.
55. Медоуз Д. Межі зростання. 30 років поспіль. Пер. з англ. К., 2007. 342 с.
56. Зубець М. В. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Степу України. Київ, 2010. 986 с.
57. Режим доступу: <https://organicinfo.ua/infographics/organic-map-of-ukraine-2022/>
58. Антонець С. С., Антонець А. С., Лук'яненко Т. В. Соціально-етичні засади органічного землеробства. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2013. №2. С. 7–9. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2013.02.01>.
59. Наукові основи формування органічних агроєкосистем у Лівобережному Лісостепу. С. І. Кудря, Ю. О. Тараріко, Г. І. Личук, Н. А. Кудря. *Вісник аграрної науки*. 2021. №10. С. 68–74. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202110-09>.
60. Бойко Л. О. Органічне виробництво в Україні: перспективний напрям сталого розвитку. *Таврійський науковий вісник*. Серія: Економіка». 2020. Випуск 1. С. 87–95. DOI: <https://doi.org/10.32851/2708-0366/2020.1.10>.
61. Пісковий М. Б., Пилипченко А. В. Особливості розвитку біоти ґрунту в посівах конопель за технологіями органічного землеробства та її вплив на продуктивність. *Вісник ПДАА*. 2019. №3. С. 35–42. doi: [10.31210/visnyk2019.03.04](https://doi.org/10.31210/visnyk2019.03.04).

62. Покозій Й. Т., Писаренко В. М., Довгань С. В. Моніторинг шкідників сільськогосподарських культур : навч. підруч. Київ: Аграрна освіта, 2010. 223 с.
63. Довгань С. В. Моделі прогнозу та розмноження фітофагів : монографія. Херсон : Айлант, 2009. 208 с.:
64. Писаренко В. М., Писаренко П. В. Захист рослин: Фітосанітарний моніторинг. Методи захисту рослин, Інтегрований захист рослин. Полтава, 2007. 256 с.
65. Федоренко В.П. Шкідники сільськогосподарських рослин. Київ: Колобіг, 2004. 355 с.
66. Іващенко О.О. Екологічні проблеми інтенсивних технологій вирощування посівів. *Захист і карантин рослин*. 2016. Вип. 62. С. 119–123.
67. Іващенко О.О., Іващенко О.О. Перспективи і проблеми хімічного захисту. *Вісник аграрної науки*. 2014. № 12. С. 16–18.
68. Саблук В.Т. Шкідники та хвороби цукрових буряків. Київ: Колобіг, 2005. 448 с.
69. Міжнародний кодекс поведінки у сфері управління використання пестицидів. [Електронний ресурс]. URL:[http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests\\_Pesticides/Code/Code\\_Russo\\_2014\\_Final.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/Code/Code_Russo_2014_Final.pdf).
70. Петриченко В.Ф., Лихочвор В.В. Сучасні технології у рослинництві в історичному ракурсі і світлі євроінтеграційних викликів. *Вісник аграрної науки*. 2017. № 9. С. 5–10
71. Білецький Є.М. Теорія і технологія багаторічного прогнозу в захисті рослин. *Науковий вісник*. 2005. №3(29). С. 57-70.
72. Пересипкін В.Ф. Сільськогосподарська фітопатологія. Київ: Аграрна освіта, 2000. 415 с.

73. Влізло В.В., Салига Ю.Т. Проблеми біологічної безпеки застосування пестицидів в Україні. *Вісник аграрної науки*. 2012. № 1. С. 24–27.
74. Дядечко М.П. Біологічний захист рослин. Біла Церква, 2021. 311с.
75. Писаренко В. М., Піщаленко М. А., Поспелова Г. Д., Інтегрований захист рослин. Полтава: ПДАУ, 2020. 247 с.
76. Шикула М. К., Шубравська О. В., Антонєць С. С., Писаренко В. М. Особливості управління органічним виробництвом. *Актуальні питання використання та охорони земельних ресурсів*. 2021. №1. С. 85-90
77. Антонєць С. С., Антонєць А. С., Писаренко В. М. Органічне землеробство: з досвіду ПП «Агроєкологія» Шишацького району Полтавської області: практич. рекомендації. Полтава, 2010. С.195–196.
78. Антонєць С.С., Писаренко В.М., Писаренко П.В. Від екології природи до екології душі. *Екологія і природокористування*. 2015 №19. С. 216-219.
79. Lončarić R., Kanisek J., Lončarić Z. Mineral or organic fertilization: financial aspects. *European Scientific Journal*. 2013. Vol. 1. P. 133–138.
80. Танчик С. П., Сальніков С. М. Вплив систем землеробства на динаміку показників родючості ґрунту агрофітоценозу буряків цукрових. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2014. №3. С. 46–49.
81. Тараріко Ю. А., Бердніков О. М. Формування біоенергетичних агроєкосистем в зоні Полісся України: науково-технічне забезпечення аграрного виробництва. Київ, 2012. 46 с.
82. Тараріко Ю. О. Формирование стабильных агроєкосистем: теорія і практика. Київ : Аграрна наука, 2005. 508 с.
83. Evenhuis A., Hausladen H., Nielsen B.J., Van den Berg, Schepers M.. Fungicide evaluation to rate the efficacy to control early blight for the Euro Blight table. Wageningen, January 2018.

84. Oosten Van, Pepe M.J.; Pascale O.; De Silletti, S.; Maggio, S. The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. *Chem. Biol. Technol. Agric.* 2017, 4, 1-12. [Electronic resource]. DOI 10.1186/s40538-017-0089

85. Буценко Л.М., Пирог Т.П. Біотехнологічні методи захисту рослин: підручник. Київ: Ліра-К, 2018. 346 с

86. Демидов О.А., Судденко Ю.М., Кириленко В.В., Гуменюк О.В., Стригун О.О., Муха Т.І., Мурашко Л.А., Топалов В.В. Шкідники колосу пшениці озимої та контроль їх чисельності в умовах Центрального Лісостепу України. К.: Компрінт, 2023. 148 с.

87. Круть М.В. База даних інновацій з біологічного захисту рослин // *Наука і техніка сьогодні (Серія «Педагогіка», Серія «Право», Серія «Економіка», Серія «Техніка», Серія «Фізико-математичні науки»)*. 2023. № 4 (18). С. 129-138; DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-4\(18\)-129-138](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-4(18)-129-138)

88. Evenhuis A., Hausladen H., Nielsen B.J., Van den Berg, Schepers M.. Fungicide evaluation to rate the efficacy to control early blight for the Euro Blight table. Wageningen, January 2018

89. Жуйков О.Г. Біологічний метод захисту рослин у сучасному органічному землеробстві України: історичні аспекти, трендит, перспективи. *Аграрні інновації*. 2022. № 12: С. 23-27.

90. Дяченко М. П., Падій М. М., Шелестова В. С. Основи біологічного методу захисту рослин. Київ : Урожай, 1990. 268 с.

91. Ключенко В.В. Вплив мікробних препаратів на продуктивність та якість зерна пшениці озимої в агрокліматичних умовах Степового Криму. *Екологія. Наукові праці*. 2011. Вип. 140. Том 152. С. 33-36.

92. Домарацький Є.О., Домарацький О.О., Козлова О.П. Стимулятори росту та комбіновані препарати біологічного походження як невід'ємний елемент екологізації технології вирощування технічних культур.

Сучасний рух науки: тези доп. V міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 7-8 лютого 2019 р. Дніпро, 2019. С. 202–206.

93. Камінський В.Ф. Біологічне землеробство в умовах зміни клімату. Посібник українського хлібороба. 2017. № 1. С. 28–31.

94. Овсинський І. Є. Нова система землеробства. Львів, 2007. 106 с.

95. Kristina Levitskaya, Viktor Lyakh, Oksana Afanasieva. Identification of sunflower seed pathogens and their effect on seed germination against the background of plant damage by *Septoria* leaf spot. *Bulgarian Journal of Crop Science*. 2023. 60 (6). P. 11–18. DOI: <https://doi.org/10.61308/WJQG2235 S Q3>

96. Seeds for organic agriculture: development of participatory plant breeding and farmers' networks in France. V. Chable, J. Dawson, R. Bocci, I. Goldringer. *Organic Farming, Prototype for Sustainable Agricultures*. Springer, Dordrecht. 2014. P. 383–400. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-7927-3\\_21](https://doi.org/10.1007/978-94-007-7927-3_21).

97. Oksana Afanasyeva, Lesia Golosna, Galina Lisova, Anna Kryvenko, Ruslan Solomonov. Use of effective sources of winter wheat resistance in breeding for immunity. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*, 2023, 27(4), 52-59. DOI: [10.56407/bs.agrarian/4.2023.52](https://doi.org/10.56407/bs.agrarian/4.2023.52)

98. Федоринчик Н. С., Гусев Г. В. Біологічні засоби захисту рослин. *Захист і карантин рослин*, 1998, № 4, с. 61-70.

99. Курдюкова О. М. Сучасні проблеми забур'янення агрофітоценозів північного Степу України. *ОВісник ЛНУ імені Тараса Шевченка*. 2018. № 14. С. 67–75.

100. Мельник П. О. Фітосанітарна безпека та біоекологія застосування пестицидів. *Вісник аграрної науки*. 2011. № 1. С. 83–84.

101. Секун М. П. Неонікотиноїди в аграрному виробництві. *Захист і карантин*. Вип. 58. 2012. С. 180–191.

102. Сторчоус І. Гербіциди: побічні ефекти. Пропозиція. 2017. [Електронний ресурс]. URL : <https://propozitsiya.com/ua/gerbicidi-pobichni-efekti>.

103. Швартау В.В. Детектування резистентних до дії гербіцидів – інгібіторів ацетолактатсинтази бур'янів. *Вісник аграрної науки*. 2015. № 12. С. 52–54.
104. Писаренко П. В. Наукове обґрунтування використання природних розсолів і мінералів в агроєкосистемах : дис... д-ра с.-г. наук : 03.00.16 / УААН, Ін-т агроєкології та біотехнології. Київ, 2003. - 441 с.
105. Horobets M., Chaika T., Krykunova V. Influence of growth stimulants on the ontogenesis of spring barley (*Hordeum vulgare* L.). *Colloquium-journal*. 2021. № 7 (94). P. 41–42.
106. Писаренко В. М., Писаренко П. В. Захист рослин: фітосанітарний моніторинг, методи захисту рослин, інтегрований захист рослин. Полтава, 2007. 256 с.
107. Писаренко, П. В. Наукові основи використання природних розсолів і мінералів в агроєкосистемах. Полтава : ІнтерГрафіка, 2003. 227 с.
108. Патица В. П., Писаренко П. В. Мінералізована вода. Характер дії на сільськогосподарські рослини і бур'яни. *Захист рослин*. 2002. № 12. С. 12-13.
109. Патица В. П., Копилов Є. П., Надкерничний С. П. Мікробіологічні препарати у технології вирощування ячменю ярого. *Вісник аграрної науки*. 2001. № 5. С. 22-24.
110. Волкогон В.В., Бердніков О.М., Дімова С.Б. Вплив мікробних препаратів на засвоєння культурними рослинами поживних речовин. *Вісник аграрної науки*. 2010. № 5. С. 25–28.
111. Волкогон В.В. Біологічна трансформація нітрогену. Спрямованість процесів за різних рівнів добрива сільськогосподарських культур. *Palmarium Academic publishing*. 2013. 116 с.
112. Волкогон В. В., Заришняк А. С., Гриник І. В. та ін. Методологія і практика використання мікробних препаратів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур. Київ: Аграрна наука. 2011. 156 с.

113. Волкогон В. В., Гаценко М. В., Токмакова Л. М., Луценко Н. В. Мікробіологічні аспекти біокомпостування гною ВРХ з фосфоритами за участі фосфатмобілізувальних бактерій. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2010. № 11. С. 75–90.
114. Патица М. В., Колодяжний О. Ю., Борко Ю. П. Сучасні молекулярно-біологічні методи вивчення мікробного біому та метагеному ґрунтів аграрного використання. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2017. Вип. 86. С. 116-124.
115. Патица В. Ф. Мікроорганізми та альтернативне землеробство. К. : Урожай, 1993. 176 с
116. Патица В. Ф., Копилов Є. П., Скуловатов О. В. Целюлозолітична активність ґрунтового гриба *Chaetomium globosum*. *Вісник Уманського національного інституту садівництва*. 2016. № 1. С. 28–30.
117. Білявська Л. О., Козирицька В. Є., Коломієць Ю. В. Фітозахисні та рістрегулювальні властивості метаболітичних препаратів на основі ґрунтових стрептоміцетів. *Доповіді НАН України*. 2015. № 1. С. 131–137.
118. Кравченко Н. О., Копилов Є. П., Головач О. В., Дмитрук О. М. Оцінка патогенності ґрунтового гриба *Trichoderma viride* 505. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2014. Вип. 20. С. 23–28.
119. Кузнєцова Л.М. Вітчизняні ентомопатогенні біопрепарати на основі *Bacillus thuringiensis* замість хімічних інсектицидів. *Бюл. Інституту сільськогосподарської мікробіології*. 1999. № 4. С. 22–25.
120. Надкерничний С.П. Перспективи використання нових мікробних препаратів для захисту рослин від кореневих патогенів. *Бюл. Інституту сільськогосподарської мікробіології*. 1997. № 1. С. 3-8.
121. Тимошенко О. П., Хоменко Г. В., Тучний В. П., Волкогон В. В. Вплив передпосівної обробки мікрохвилями та діазофітом насіння ярої пшениці на ураження кореневими гнилями та урожайність культури. *Микроволновые технологии в народном хозяйстве*. 2009. Вып. 7–8. С. 78–81.

122. Польовий В. М. Оптимізація систем удобрення у сучасному землеробстві : монографія. Рівне : Волинські обереги, 2007. 320 с.
123. Коваленко О. А. Застосування біопрепаратів в технології вирощування зернових культур за умов природного зволоження та зрошення зони Південного Степу України : науково-практичні рекомендації. . Миколаїв : МНАУ, 2019. 48 с.
124. Звалін А.А. Застосування біопрепаратів при обробітку польових культур. *Досягнення науки та техніки АПК*. 2011. № 8. С. 9–11.
125. Shuvar A. Formation of the flax agrocenosis within the organic production in the forest and steppe zone of Western region. *Sustainable development foothill and mountainous regions* (Collective monograph: agriculture, crop production, plantbreeding and seed production, feed production, animal husbandry, economy) LAP LAMBERT Academic Publishing. 2020, P. 103-129.
126. Ключевич М. М., Столяр С. Г. Ефективність застосування протруювання насіння проса на розвиток хвороб та врожайність культури у Поліссі України. *Землеробство та захист рослин*. 2017. №2 (111). З. 28-30
127. Пономаренко С. А., Черемха Б. М., Анішин Л. А. Біостимулятори росту рослин нового покоління в технологіях вирощування сільськогосподарських культур. Київ : Вища школа, 1997. 63 с
128. Гриник І. В., Заришняк А. С., Волкогон В. В. Визначення фізіологічно (екологічно) доцільних доз мінерального азоту в технологіях вирощування сільськогосподарських культур: науково-методичні рекомендації. Київ, 2010. 31 с.
129. Волкогон В.В., Бердніков О.М., Дімова С.Б. та ін. Вплив мікробних препаратів на засвоєння культурними рослинами поживних речовин. *Вісник аграрної науки*. 2010. № 5. С. 25-28.
130. Василенко М. Г. Біологічні препарати в органічному землеробстві України. *Хімія. Агрономія. Сервіс*. № 6-7. 2011. С. 46-50.

131. Пати́ка В. П., Тара́ріко Ю. О., Мельничук Т. М. Комплексне застосування біопрепаратів на основі азотфіксуєчих, фосформобілізуєчих мікроорганізмів, фізіологічно активних речовин і біологічних засобів захисту рослин. Київ: Аграрна наука, 2010. 40 с.

132. Корнута Ю. П. Агроєкологічне обґрунтування застосування біопрепаратів при вирощуванні льону-довгунця в умовах Лівобережного Полісся України : автореф. дис...канд. с.-г. наук : 03.00.16 / НААН України. Ін-т агроєкології і природокористування. Київ, 2014. 20 с.

133. Чабанюк Я. В. Формування та активність мікробного угруповання ризосфери злакових культур за дії комплексу мікробних препаратів та органомінеральних добрив : автореф. дис. на здобуття ступеня канд. с.-г. наук : спец. 03.00.07 «Мікробіологія» / Ін-т агроєкології УААН. Київ, 2006. 18 с.

134. Зарицкий М. М., Коломієць Л. П., Ревель М. Є. Фітовірусологічний моніторинг картопляного лану. *Агроєкологічний журнал*. 2002. Спец. випуск. С. 38–41.

135. Волкогон В. В. Сільськогосподарська мікробіологія в Україні: здобутки, проблеми, перспективи. *Вісник аграрної науки*. 2018, №11. С. 20-27.

136. Гадзало Я. М., Патіка Н. В., Зарішняк А. С. Агробіологія ризосфери рослин. Київ: Аграрна наука, 2015. 386 с.

137. Іутінська Г. А. Біорегуляція мікробно-рослинних систем. Київ: Нічлава, 2010. 464 с.

138. Козар С. Ф. Біологічна ефективність комплексного застосування мікробних препаратів. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2005. Випуск 1-2. С. 86-94.

139. Richard J. Soffe The agricultural Notebook 20th Edition. *SealeHayne Univesity of Plymouth UK*. Blackwell, Science. 2003. P. 100-109.

140. Delesa A., Choferie A. Response of linseed (*Linum utitassimum* L.) to seed rates and seeding methods in South-Eastern higlands of Ethiopia. *J. Glob. Innov. Agric. Soc. Sci.* 2015. V. 3(2-3). P. 58-62.
141. Kishko Y. G., Vasylenko M. I., Kovalenko E. A., Influence of *Bacillus subtilis* lektin on functional activity of phagocytes. *Microbiol. Zhurn.* 1998. № 1. P. 20–26.
142. Тараканов Б.В. Механізми дії пробіотиків на мікрофлору травного тракту та організм тварини. *Ветеринарія.* 2010. № 1. С. 47–54.
143. Смірнов В. В., Пати́ка В. П., Підгорський В. С. Мікробні біотехнології в сільському господарстві. *Агроекологічний журнал.* 2019. № 3. С. 3–8
144. Труфанов О. В., Котик А. М., Божок Л. В. Ефективність пробіотичного препарату на основі *Bacillus subtilis* (БПС-44) при експериментальних мікотоксикозах курчат. *Мікробіол. журнал.* 2008. Т. 70, № 1. С. 52–57.
145. Дерев'я́нко С. В., Дяченко Г. М., Божок Л. В. Ефективність пробіотичного препарату БПС-44. *Сільськогосподарська мікробіологія.* 2005. Вип. 1–2. С. 128–135.
146. Кравченко Н. О., Передерій М. Г. Антагоністична активність штамів *Bacillus subtilis*, перспективних для створення консервантів вологого плющеного зерна кукурудзи. *Сільськогосподарська мікробіологія.* 2017. Вип. 26. С. 49–55.
147. Трифанов О. Способи біологічного підвищення родючості ґрунтів. *Пропозиція.* 2013. С. 52–53.
148. Pysarenko, P., Samoilik, M., Taranenko, A., Tsova, Y., Sereda, M. Influence of probiotics-based products on phytopathogenic bacteria and fungi in agrocenosis *Agraarteadus*, 2021, Vol.32(2), p. 303–306. DOI: 10.15159/jas.21.41.

149. Wang T., Liang Y., Wu M., Chen Z., Lin J., Yang L. Natural products from *Bacillus subtilis* with antimicrobial properties. *Chem. Eng.*, 2015. № 23 P. 744-754 (doi: 10.1016/j.cjche.2014.05.020).

150. Yang H., Li X., Li X., Yu H., Shen Z. Identification of lipopeptide isoforms by MALDI-TOFMS/MS based on the simultaneous purification of iturin, fengycin and surfactin by RP-HPLC. *Anal. Bioanal. Chem.*, 2015. № 407(9): P. 2529-2542 (doi: 10.1007/s00216-015-8486-8).

151. Jacobsen B., Zidack N., Larson R. *Bacillus* isolates and methods of their use to protect against plant pathogens. US Patent № 8246965 A 61 K 39/07 C 12 2012, №1/20.

152. Stein T. *Bacillus subtilis* antibiotics: structures, syntheses and specific functions. *Mol. Microbiol.*, 2005, 56(4): 845-857 (doi: 10.1111/j.1365-2958.2005.04587.x).

153. Debois D., Fernandez O., Franzil L., Jourdan E. Plant polysaccharides initiate underground crosstalk with bacilli by inducing synthesis of the immunogenic lipopeptide surfactin. *Env. Microbiol. Rep.* 2015 № 7(3). P. 570-582 (doi: 10.1111/1758-2229.12286).

154. Falardeau J., Wise C., Novitsky L., Avis T.J. Ecological and mechanistic insights into the direct and indirect antimicrobial properties of *Bacillus subtilis* lipopeptides on plant pathogens. *J. Chem. Ecol.* 2013. № 39(7). P. 869-878 (doi: 10.1007/s10886-013-0319-7).

155. 319. Alonso S., Martin P.J. Impact of foaming on surfactin production by *Bacillus subtilis*: implications on the development of integrated in situ foam fractionation removal systems. *Biochem. Eng. J.* 2016. № 110. P. 125-133 (doi: 10.1016/j.bej.2016.02.006).

156. 320. 9. Shafi J., Tian H., Ji M. *Bacillus* species as versatile weapons for plant pathogens: a review. *Biotechnology & Biotechnological Equipment.* 2017. № 31(3): P. 446-459 (doi: 10.1080/13102818.2017.1286950).

157. Sirec T., Cangiano G., Baccigalupi L., Ricca E., Isticato R. The spore surface of intestinal isolates of *Bacillus subtilis*. *FEMS Microbiology Letters*. 2014. № 358(2). P. 1-8 (doi: 10.1111/1574- 6968.12538).
158. Raaijmakers J.M., de Bruijn L., Nybroe O., Ongena M. Natural functions of lipopeptides from *Bacillus* and *Pseudomonas*: more than surfactants and antibiotics. *FEMS Microbiol. Rev.* 2010. № 34. P. 1037-1062 (doi: 10.1111/j.1574-6976.2010.00221.x),
159. Pysarenko P., Samojlik M., Galytska M., Tsova Y., Kalinichenko A. Ecotoxicological assessment of mineralized stratum water as an environmentally friendly substitute for agrochemicals. *Agronomy Research*. 2022 Vol. 20. №4. P. 785-792. doi.org/10.15159/AR.22.045
160. . Цьова Ю.А. Вплив пробіотиків та супутньо-пластової води на посівні якості пшениці озимої та ячменя. *Таврійський науковий вісник*. 2022. № 127. С. 114-121.
161. Екологічний паспорт Полтавської області за 2024 рік. Режим доступу - <https://poda.gov.ua/attachments/195200>
162. Гриб М. І. Агрокліматичні ресурси Полтавщини: стан та шляхи використання. *Вісник Полтавського державного сільськогосподарського інституту*. 1999. № 4. 95 с.
163. Регіональна Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Полтавській області у 2024 році. Режим доступу - <https://drive.google.com/file/d/10lcdbk2ap5WnDoqdDrMhRhhpBEFpCBvB/view>
164. Бомба М. Я. Землеробство з основами ґрунтознавства, агрохімії та агроєкології. Київ: Урожай, 2003. 504 с.
165. Гамаюнов В. Є., Сидоренко О. І., Драгова Н. І. Природні умови та ґрунтовий покрив Полтавської області: методичні рекомендації для студентів агрономічного та гідромеліоративного факультетів. Херсон, 1996. 33 с.
166. Регіональна програма охорони довкілля, раціонального використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки з

урахуванням регіональних пріоритетів Полтавської області на 2022 – 2027 роки („Довкілля - 2027”). Режим доступу - <https://poda.gov.ua/attachments/138563>

167. Практичні рекомендації з вирощування озимих культур під врожай 2023 року. Полтава, Департамент агропромислового розвитку облдержадміністрації, 2022. 25 с.

168. Полупан М.І., Величко В.А. Номунклатура та діагностика еколого-генетичного статусу ґрунтів України для їхнього великомасштабного дослідження. К.: Аграр. наука, 2014. 496 с.

169. Полупан М.І., Величко В.А. Номунклатура та діагностика еколого-генетичного статусу ґрунтів України для їхнього великомасштабного дослідження. К.: Аграр. наука, 2014. 496 с.

170. ДСТУ ГОСТ 17.4.4.02:2019. Охорона природи. Ґрунти. Методи відбору та підготовки проб для хімічного, бактеріологічного, гельмінтологічного аналізу (ГОСТ 17.4.4.02-2017, IDT). [Чинний від 2019-03-19]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019. 15 с.

171. Pysarenko P., Samojlik M., Taranenko A., Vybyk Y. Effect of probiotic treatment on the microbiological activity of ukrainian typical black soil *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. 2024 <https://doi.org/10.55251/jmbfs.10263>

172. Porto de Souza V., Marcela G., L., Rodrigues C., Cândido C.. Potential applications of plant probiotic microorganisms in agriculture and forestry. *AIMS Microbiology*. 2017. № 3 (3). P. 629–648. doi: 10.3934/microbiol.2017.3.629

173. Romero-Olivares A., Allison S., Treseder K. Soil microbes and their response to experimental warming over time: A meta-analysis of field studies. *Soil Biology and Biochemistry*. 2017. № 107. P. 32–40. doi: 10.1016/j.soilbio.2016.12.026

174. Андреюк Є. І., Іутінська Г. А., Дульгеров А. М. Грунтові мікроорганізми та інтенсивне землекористування. Київ: Наук. думка, 1988. 192 с.
175. Borko Yu. P., Patyka M. V., Kolodiazhnyi O. Yu. Microbial communities of chernozem typical of biological and intensive farming systems. *Agriculture*. 2016. № 1. P. 58–63.
176. Писаренко П. В., Корчагін О. П. Екологічне обґрунтування регулювання процесів евтрофікації водних об'єктів. *Таврійський вісник* №114. 2020 р. С. 274-283
177. Lazcano C., Gómez-Brandón M., Revilla P., Domínguez J. Short-term effects of organic and inorganic fertilizers on soil microbial community structure and function. *Biology and Fertility of Soils*. 2013. № 49 (6). P. 723–733.
178. Режим доступу: <https://www.pl.ukrstat.gov.ua/>
179. Стратієвський Д. А. Пшениця як культура. *Захист від посіву до збирання врожаю*. Рекл. просп. ТОВ «Байер». 2010. С. 70.
180. Браженко І. П., Ганчур В. В., Черкізов І. О. Час відновлення весняної вегетації, погодні умови, продуктивність озимої пшениці. *Бюл. ІЗГ УААН*. 2016. С. 73–79.
181. Лебідь Є. М., Кірчук І. С., Десятник Л. М. Озима пшениця в сівозміні північно-східного Степу України. *Бюлетень ІЗГ УААН*. 2006. С. 65–68.
182. Tkalich, Yu.I., Tsyliuryk, A.I., Masliiov, S.V., Kozechko, V.I.. Interactive effect of tank-mixed post emergent herbicides and plant growth regulators on corn yield. *Ukrainian Journal of Ecology*, 2018. Vol. 8(1), 961–965.
183. Bagorka M., Tkalich Yu., Tsyliuryk O., Kozechko V., Rudakov Yu., Tkalich O. Weed chemical control in the winter wheat planting after non fallow predecessors in the Northern Steppe of Ukraine. *Scientific Papers. Series A. Agronomy. University of Agronomic Sciences and Veterinary Medicine of Bucharest Faculty of Agriculture*. 2020. Vol. LXIII №1. P. 567-573

184. Ткаліч І. Д. Біологічні та технологічні основи обробітку озимої пшениці з проміжними культурами на зрошуваних землях Степу України : дис. д-ра с.-г. наук. Дніпропетровськ, 1989. 343 с.
185. Ярчук І. І., Геллер О. Й. Шляхи підвищення адаптації рослин озимої пшениці до несприятливих умов зимівлі. *Таврійський науковий вісник*. 2007. Вип. 52. С. 119–124.
186. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. Львів, 2020. 806 с.
187. Федорова Н. А. Зимостійкість озимої пшениці та заходи її підвищення в зоні Лісостепу та Полісся. *Озима пшениця на Україні*. Київ, 1965.
188. Максимчук Л. П., Греков М. А. Про причини загибелі озимої пшениці в Лісостепу. *Причини загибелі та шляхи підвищення зимостійкості культур на Україні*. Київ : Урожай, 1965.
189. Десятник Л. М. Оптимізація структури посівів і сівозмін. *Концепція: Стратегія і тактика ефективного контролювання забур'яненості сільськогосподарських угідь в Степу України до 2015 року*. Дніпропетровськ : ІЗГ УААН. 2009. С. 11–14.
190. Горбатенко А. І., Горобець А. І., Десятник Л. М. Система обробітку ґрунту в сівозмінах. *Бюл. ІЗГ УААН*. 2005. С. 125–127.
191. Влох В.Г., Бомба М.Я., Лихочвор В.В. Довідник з вирощування озимої пшениці. Львів: Українські технології, 1998. 149 с.
192. Бомба М.Я. Наукові та прикладні аспекти обробітку ґрунту в сучасному землеробстві: монографія. Львів: Сполом, 2010. 172 с.
193. Бомба М.Я., Періг Г.Т., Ільницький М.В. Зменшення глибини обробітку сірих лісових ґрунтів після різних попередників під озиму пшеницю. *Вісник ЛДАУ: Агрономія*. 2021. С. 71-74.
194. Лебідь Є.М., Цилорик О.І. Відтворення родючості чорноземів та продуктивність короткоротаційних сівозмін Степу залежно від системи

мульчувального обробітку ґрунту. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони*, 2014. №6. С. 8-14.

195. Tsyliuryk, A.I., Tkalich, Yu.I., Masliiov, S.V., Kozechko, V.I. (2017). Impact of mulch tillage and fertilization on growth and development of winter wheat plants in clean fallow in Northern Steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, 2017, Vol. 7(4), 511–516.

196. Genton B. J., Shykoff J. A., Giraud T. High genetic diversity in French invasive populations of common ragweed, *Ambrosia artemisifolia*, as a result of multiple sources of introduction. *Molec. Ecology*. 2005. Vol. 14. P. 4275.

197. Scarponi L., Quaglizi E., Del Buono D. Induction of wheat and maize glutathione-S-transferase by some herbicide safeness and their effect on enzyme activity against butachlor and terbyhylazine. *Pest. Manag. Sci.* 2006. Vol. 62. P. 927–932.

198. Мальцев А. І. Бур'янна рослинність та заходи боротьби з нею. Л.: Сільгоспвидав, 1962. С. 14-26.

199. Докучаєв В. В. Наші степи раніше і тепер. М.: Сільхозгиз, 1953. 152 с.

200. Mellado Z., Mario L., Pedresos L. Effect of herbicides applied during grain ripening on quality and yield of wheat. *Nota Cientifica*. 2005. Vol. 65, № 3. P. 512–520.

201. Stankowski S., Podolska G., Stypia G. Effect of selected herbicides on yield and grain of winter wheat cultures. *Gruhy problemowej przencicy*. 2010. Vol. 50. Issue 2. P. 807–810.

202. Шевельов І. н. Осот. Катеринослав: Друкарня А. Хайтова, 1917. 27 с.

203. Матюха Л. П., Матюха В. Л., Ткаліч Ю. І., Назаренко Н. М. Визначення біологічної дії гербіцидів на бур'яни в зернових агрофітоценозах. *Комплексні дослідження рослин–експрелентів і системи захисту орних земель в Україні від бур'янів*. Київ: Колобіг. 2016. С. 95–105

204. Lykholat Yuri, Khromykh Nina, Shupranova Larisa, Alexeeva Anna, Nazarenko Mykola, Matyukha Vladimir. Herbicides in agro-shere of Ukrainian Stepp Dnieper: action and aftereffect *Actual aspects of organic agriculture development in Ukraine* : monograph. Vienna: Premier publishing, s. r. o. 2018. Chapter 9. P. 230–277. e-book ISBN 978–3–903197–62–6

205. Судак В. М., Горбатенко А. І., Матюха В. Л. Інтегрований контроль бур'янів при вирощуванні пшениці озимої по чистому пару. *Зернові культури*. Дніпро: Інститут зернових культур. 2018. Т. 2. № 1. С. 123–131

206. Бучинський І. Є. Клімат України у минулому, теперішньому та майбутньому. Київ. 1963. 126 с.

207. Десятник Л. М. Продуктивність озимої пшениці в залежності від попередників та добрив при вирощуванні її на звичайному чорноземі північного Степу України : автореф. дис. канд. с.-г. наук. Дніпропетровськ, 1994. 16 с.

208. Хорішко А. І. Ефективність попередників, систем добрив та обробку при вирощуванні озимої пшениці на звичайному чорноземі північного Степу України : автореф. дис. канд. с.-г. наук. Дніпропетровськ, 1995. 16 с.

209. Більчук В. С., Россихіна Г. С., Ткаліч Ю. І. Фізіолого-морфологічні особливості репродуктивних органів озимої пшениці за дії гербіцидів різних класів. *Наук. вісник МДУ ім. В. О. Сухомлинського*. 2009. Вип. 24. С. 21–23.

210. Suck A., Cacak-Piettrak G., Szelezniak E. et al. Effect of herbicides applied under controlled conditions on yield and grain quality of spring wheat. *Progress in Plant protection*. 2009. Vol. 49. Issue 3. P. 1391–1395.

211. Kopsell D. A., Armel G. A., Abney K. R. et al. Leaf tissue pigments and chlorophyll fluorescence parameters vary among sweet corn genotypes of differential herbicide sensitivity. *Pes. Biochem. And Physiol.* 2011. Vol. 99. Issue 2. P. 194–199.

212. Ткаліч Ю. І., Матюха В. Л., Богуславська Л. В. Ферментативна активність проростків пшениці озимої після дії гербіцидів. *Карантин і захист рослин*. 2015. № 7. С. 1–3.
213. Мережинський Ю. І., Мельничук О. С. Інструкція по застосуванню гербіцидів у боротьбі з бур'янами на посівах сільськогосподарських культур. МСГ УРСР, 1959. 320 с.
214. A suggested program of weed research and control in winter wheat : Chamber of commerce of the USA. 1930. April 23.
215. Pimented D., Zevitan Z. Pesticides: amount applied and amount reaching pests. *Ibid.* 1986. Vol. 36. P. 86–91.
216. Іващенко О. О. Резерви гербології. *Проблеми бур'янів і шляхи забур'яненості орних земель*. 2008. № 1. С. 3–9.
217. Ткаліч Ю. І., Матюха В. Л., Хромих Н. О. Ефективність гербіцидів залежно від механізму дії та активності їх детоксикації в листках амброзії полинолистої (*Ambrosia artemisiifolia* L.) (*Ambrosia artemisiifolia* L.). *Бюл. ІЗГ НААНУ*. 2015. № 9. С. 48–52.
218. Іващенко О. О. Бур'яни на посівах – проблема масштабна. *Карантин і захист рослин*. 2009. № 9. С. 2–4.
219. Іващенко О. О. Бур'яни в агрофітоценозах. Біла церква: Світ, 2001. С. 8; С. 166–167.
220. D. A. Kopsell, G. A. Armel, K. R. Abney et al. Leaf tissue pigments and chlorophyll fluorescence parameters vary among sweet corn genotypes of differential herbicide sensitivity. *Pes. Biochem. And Physiol.* 2011. Vol. 99. Issue 2. P. 194–199.
221. Василенко І. І, Комаров В. І. Оцінка якості зерна: посібник; М. : Агропромиздат, 1987. 208 с.
222. Ermerci Y., Terzioglu S. Effects of oxidative stress induced by parquat on wild and cultivated wheat's. *Pesticide Diochemistry and Physiology*. 2005. Vol. 83. Issue 2–3. P. 69–81.

223. Ткаліч Ю. І., Матюха В. Л., Богуславська Л. В. Ферментативна активність проростків пшениці озимої після дії гербіцидів. *Карантин і захист рослин*. 2015. № 7. С. 1–3.
224. Захаренко С. О., Захаренко О. С. Боротьба з бур'янами. *Захист та карантин рослин*. 2014. № 4. С. 62–64.
225. Scarponi L., Quaglioni E., Del Buono D. Induction of wheat and maize glutathione-S-transferase by some herbicide safeness and their effect on enzyme activity against butachlor and terbythylazine. *Pest. Manag. Sci.* 2016. Vol. 62. P. 927–932.
226. Join M., Bhall-Sarin N. Gluphosate – induced increase in glutathione-S-transferase activity and glutathione content in groundnut (*Arachis hypogaca* L.). *Pesticide Biochem. Physiol.* 2021. Vol. 69 (3). P. 143–152.
227. Nemet Ala M. M., M. Badawi A.-H. , Hassen N. M. et al. Herbicide tolerance in maize is related to increased level of glutathione and glutathione-associated enzymes. *Acta Physiol. Plant.* 2018. Vol. 30. P. 371–379.
228. Deng F., Hatzios K. K. Purification and characterization of two glutathione-S-transferase isozymes from indicatype rice involved in herbicide detoxification. *Pesticide Biochem. Physiol.* 2022. Vol. 72 (1). P. 10–23.
229. Kilinc O., Grasset R., Reynaud S.. The herbicide aclonifen: The complex theoretical bases of sunflower tolerance. *Pesticide Biochem. Physiol.* 2011. Vol. 100 (2). P. 193–198.
230. Basantani M. , Srivastava A., Sen S.. Elevated antioxidant and induction of tau-class glytathione-S-transferase after glyphosate treatment in *Vigna radiata* (L.) Wilczek. *Pesticide Biochem. Physiol.* 2021. Vol. 99. P. 111–117.
231. Хромих Н. Дослідження участі глутатіон-S-трансферази амброзії полинолистої (*Ambrosia artemisiifolia* L.) (*Ambrosia artemisiifolia* L.) в детоксикації гербіцидів. *Вісник Львівського ун-ту. Серія Біологія*. 2007. Вип. 44. С. 151–154.

232. Матюха В. Л., Хромих Н. О., Россихіна Г. С. Зміни структури врожаю та якості зерна пшениці озимої за гербіцидної обробки. *Карантин та захист рослин*. 2022. № 12. С. 11–12.

233. Матюха Л. П., Хейлик С. Й. Підвищення ценотичної стійкості до бур'янів посівів зернових колосових культур : 2-га науково-теоретична конференція гербологів. Київ : Світ. 2000. С. 15–18.

234. Карпець А. Злакові бур'яни на хлібному полі і як з ними боротись. *Агрономика*. 2007. № 1. С. 14–15.

235. Трибеля С. О. Методики випробування і застосування пестицидів. Київ : Світ, 2001. С. 379–382.

236. Moller I. M. Plant mitochondria and oxidative stress: Electron transport, NADP turnover and metabolism of reactive oxygen species. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 2021. Vol. 52. P. 561–591.

237. Люта, В. А., Кононов, О. В. Практикум з мікробіології: навч. посіб. Київ: Всеукраїнське спеціалізоване видавництво «Медицина», 2017. 25 с.

238. Андреюк Є. І., Іутінська Г. А., Дульгеров А. М. Ґрунтові мікроорганізми та інтенсивне землекористування. Київ: Наук. думка, 1988. 192 с.

239. Ютинська Г. О. Мікробні біотехнології для реалізації нової глобальної програми. забезпечення сталого розвитку агросфери України. *Агроекологічний журнал*. 2017. № 2. С. 149–155.

240. Romero-Olivares, A. L., Allison, S. D., & Treseder, K. K. Soil microbes and their response to experimental warming over time: A meta-analysis of field studies. *Soil Biology and Biochemistry*. 2017. Vol. 107. P. 32–40. doi: 10.1016/j.soilbio.2016.12.026

241. Філон В. І., Казаков В. О., Ольховський Г. Ф. Методика агрохімічних досліджень: навч. посіб. Харків, 2017. 55 с.

242. Li X., Rui J., Mao Y. Dynamics of the bacterial community structure in the rhizosphere of a maize cultivar. *Soil Biology and Biochemistry*. 2014. Vol. 68. P. 392–401.
243. Хазієв Ф. Х. Ферментативна активність початку. К: Наука, 1976. 120 с.
244. Зв'ягінцев Д., Асєєва І., Баб'єва Н., Мірчинк Г. Методи ґрунтової мікробіології та біохімії. М: МДУ, 1980. 224 с.
245. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз ахрономічних даних в пакеті Statistica 6.0: методичні вказівки. Київ: ПоліграфКонсалтин, 2006. 152 с.
246. Методика проведення фітопатологічних досліджень за штучного зараження рослин : затверджено наказом Мінагрополітики від 12.12.2016 № 540. Київ : Український інститут експертизи сортів рослин, 2017. 74 с.
247. Ямборко Г. В., Єлинська Н. О. Мікробіологія з основами вірусології. Одеса: Одеський національний університет імені І. І. Мечникова. 49 с.
248. Михальський Л. О., Радченко О. С., Степура Л. Г. Практикум із загальної мікробіології. Київ: Київський національний університет імені Тараса Шевченка, 2001. 112 с.
249. Вадюніна А. Ф., Корчагіна З. А. Методи дослідження фізичних властивостей ґрунтів. М.: Аргопромвидав, 1986. 416 с.
250. Методичні вказівки щодо проведення досліджень у тривалих дослідах з добривами / під ред. В.Д.Панникова. М. 1975. 168 с.
251. ДСТУ 4287:2004. Якість ґрунту. Відбирання проб. [Чинний від 2004-04-30]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 25 с.
252. ДСТУ ISO 11464:2007. Якість ґрунту. Попереднє обробляння зразків для фізико-хімічного аналізу (ISO 11464:2006, IDT). [Чинний від 2009-10-01]. Вид. офіц. Харків : Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського Української Академії аграрних наук, 2009. 41 с.

253. ДСТУ ISO 10390:2021. Якість ґрунту. Визначення рН. [Чинний від 2021-05-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2022. 23 с.

254. ДСТУ ISO 11047:2005. Якість ґрунту. Визначання кадмію, хрому, кобальту, купруму, плюмбуму, мангану, ніколу та цинку в екстракті, отриманому після оброблення ґрунту «царською водкою». Методи полуменевої та електротермічної атомно-абсорбційної спектрометрії (ISO 11047:1998, IDT). [Чинний від 2007-01-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2007. 11 с.

255. ДСТУ ISO 10693-2001. Якість ґрунту. Визначання вмісту карбонатів. [Чинний від 2003-07-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2003. 18 с.

256. ДСТУ ISO 11048-2001. Якість ґрунту. Визначання вмісту водорозчинних та кислоторозчинних сульфатів. [Чинний від 2003-07-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2003. 18 с.

257. ДСТУ 8347:2015 Якість ґрунту. Визначення рухомої сірки в модифікації ННЦ ІГА імені О. Н. Соколовського. [Чинний від 2003-07-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2003. 18 с.

258. ДСТУ ISO/TS 14256-1:2005. Якість ґрунту. Визначення нітрату, нітриту і амонію в ґрунтах польової вологості екстрагуванням розчином хлориду калію. Частина 1. Ручний метод (ISO/TS 14256-1:2003, IDT). [Чинний від 2006-10-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2007. 14 с.

259. ДСТУ 7908:2015. Якість ґрунту. Визначення хлорид-іона у водній витяжці. [Чинний від 2016-07-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 30 с.

260. ISO 11504:2017. Якість ґрунту. Оцінка впливу ґрунту, забрудненого нафтовими вуглеводнями. [Чинний від 2018-08-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2018. 42 с.

261. ДСТУ 7832:2015. Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук свинцю в однонормальній солянокислій витяжці методом атомно-

абсорбційної спектрофотометрії. [Чинний від 2016-07-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 21 с.

262. ДСТУ 4770.3:2007. Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук кадмію в ґрунті в буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії. [Чинний від 2009-04-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2009. 18 с.

263. ДСТУ 4770.6:2007. Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук міді в ґрунті в буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії. [Чинний від 2009-01-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2009. 30 с.

264. ДСТУ 4770.2:2007. Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук цинку в ґрунті в буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії. [Чинний від 2009-01-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2009. 15 с.

265. ДСТУ ISO 16772:2005. Якість ґрунту. Визначення ртуті в ґрунтових екстрактах царською водкою методом атомної спектрометрії холодної пари або атомнофлуоресцентної спектрометрії холодної пари. [Чинний від 2008-01-01]. Вид. офіц. Харків : Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського Української Академії аграрних наук, 2008. 75 с.

266. ДСТУ 4138-2002 Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. Державний стандарт (ДСТУ 4138-2002). [Чинний від 2003-03-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2003. 173 с.

267. Писаренко В.М. Захист рослин: Фітосанітарний моніторинг. Методи захисту рослин, Інтегрований захист рослин. Полтава, 2007. 256 с.

268. Методичні рекомендації з обліку та картування засміченості посівів. Дніпропетровськ, 1974. 35 с.

269. Єщенко В.О., Копитко П.Г., Бутило А.П., Опришко В.П. Землеробство: навч. підруч. Київ : Лазурит-Поліграф, 2013. 376 с.

270. Грицаєнко Г.М. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. Київ, 2003. 320 с.
271. Мартьянов В.П. Методичні вказівки для підготовки та написання робіт з економічної та енергетичної оцінки результатів досліджень. Харків : ред.-вид. відділ ХДАУ, 1996. 30 с.
272. Plant analysis handbook III: A guide to sampling, preparation, analysis and interpretation for agronomic and horticultural crops. *Micro-Macro Publishing Inc.* G. M. Bryson, H. A. Mills, D. N. Sasseville, 2014. 571 p.
273. Nelson A., Barber L., Evans H. Nitrogen fixation associated witgrasses in Oregon. *Can. J. Microbiol.* 1976. V. 22, № 4. P. 523-540.
274. Rinaudo G. Fixation biologique de l'azote dans trois types de sol de rizieres. *Montpellier.* 1970. P. 1-215.
275. Hryn VH, Ustenko RL, Piliuhin AV, et al. Stereomorphology of the human. *Wiadomosci Lekarskie.* 2018; 5: 992-5.
276. Леонтюк А.С., Леонтюк Л.А., Сика А.І. Інформаційний аналіз у морфологічних дослідженнях. – М.: Наука та техніка, 1981. - 160 с.
277. Фурдичко О.І., Бойко А.Л. Екологічна безпека агропромислового виробництва: монографія. К.: ДІА, 2013. 416 с.
278. Яцук І. П., Моклячук Л. І. Екологічні індикатори зеленого зростання сільського господарства: монографія. Київ: ДІА, 2018. 384 с.
279. Паленичак О.В. Раціональне землекористування в умовах збалансованого розвитку агропромислового виробництва. *Економіка АПК.* 2012. № 2. С. 27-33.
280. Rowalska A. Jakość i konkurencyjność w rolnictwie ekologicznym. Warszawa : Difin SA, 2010. 295 с.
281. *Weizsaecker E., Wijkman A.* Come On! Capitalism, Short-termism, Population and the Destruction of the Planet. *Springer, 2018. 220 p.*
282. Barriuso J., Ramos Solano B., Gutiérrez Mañero F.J. Protection against pathogen and salt stress by four plant growth-promoting rhizobacteria

isolated from *Pinus* sp. on *Arabidopsis thaliana*. *Phytopathology*. 2018. № 98(6). P. 666–672.

283. Kandenbergh L.P., Garcia L.M, Rodrigues C., Camara M.C.. Potential applications of plant probiotic microorganisms in agriculture and forestry. *AIMS Microbiology*. 2017. № 3(3). P. 629–648. DOI: 10.3934/microbiol.2017.3.629

284. Буценко Л. М., Пасічник Л. А., Калініченко А. В., Пати́ка В. П. Діагностика і контроль збудників бактеріальних хвороб пшениці. Методичні рекомендації. Київ: ЦП Компринт, 2019. 37 с.

285. Писаренко В. М., Коваленко Н. П., Поспелова Г. Д., Горб О. О., Піщаленко М. А. Технологічні прийоми органічного землеробства як основа регулювання розвитку шкідливих організмів. *Scientific Progress & Innovations*. 2020. № 3. С. 45-51.

286. Hamdi Y.A. Effect of certain Fungicides on some rhizobia-legume symbiotic systems. *Zbl. Bacteriol., Parasitenk., Infections-Krank. und Hyg.* - 1974, Abt. 2, Bd. 129. № 3-4. P. 363-368.

287. Омелюта В.П., Григорович І.В., Чабан В.С. Облік шкідників і хвороб сільськогосподарських культур. К.: Урожай, 1986. С. 296.

288. Paul R. Einfluss des Bodenstrukturzustandes auf den Lufthaushalt bindeger Boden. "Feldwirtschaft": 1987, №9. P. 422-424.

289. Смага І. С., Черлінка В. Р., Дмитрук Ю. М. Землеробство. Фактори життя рослин і родючість ґрунту : навч. посібник. Чернівці : Чернівець. нац. ун-т ім. Ю. Федьковича, 2022, 128 с

290. Цьова Ю.А. Вплив пробіотиків та супутньо-пластової води на посівні якості пшениці озимої та ячменя. *Таврійський науковий вісник*. 2022. № 127. С. 114-121.

291. Цьова Ю.А. Оцінка еколого-економічної ефективності очистки техногенно забруднених агроценозів внаслідок воєнних дій. *Таврійський науковий вісник*. 2022. № 128. С. 55-63.25.

292. Писаренко П. В., Самойлік М. С., Диченко О. Ю., Цьова Ю. А. Дослідження фунгіцидних властивостей мінералізованої пластової води на посівах проса. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. Вип. 1. С. 196-203.

293. Балюк С., Медведєв В., Воротинцева Л., Шимель В. Сучасні проблеми деградації ґрунтів та заходи щодо досягнення її нейтрального рівня. *Вісник аграрної науки*. 2017. Вип. 95, № (8). С. 5-11. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201708-01>.

294. Drugak V.M., Tretyak N.A. Methodological bases of formation of ecology of land use in the system of public interests. *Ecological sciences*. 2018. No. 1. P. 61-68.

295. Pisarenko, P. V, Samoylik, M. S., Korchagin, O. P. Phytotoxic assessment of sewage treatment methods in disposal sites. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019. Vol. 341 (1). P. 346-355. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/341/1/012002>

296. Pisarenko P. V., Samoilik M. S., Taranenko A.O., Tsova Yu. A. Improvement of technology of obtaining high quality of organic fertilizers with the use of associated layer water and probiotics. *Scientific journals of Vinnitsa national agrarian university. Agriculture and forestry*. 2022. №24. P.192-202. doi:10.37128/2707-5826-2022-1-14.

297. ДСТУ 3768:2019 «Пшениця. Технічні умови». Наказ від 14.05.2019 № 125 Про прийняття та скасування національних стандартів.

298. Писаренко П. В., Самойлік М. С., Шпирна В. Г., Жилін О. С. Наукові засади відновлення техногенно порушених земель сільськогосподарського призначення в умовах воєнних дій в Україні: монографія. Полтава: ПДАУ, 2025. 312 с.

299. Писаренко П. В., Самойлік М. С., Жилін О. С., Шпирна В. Г. Теоретико-методологічні засади сталого функціонування агроєкосистем в

контексті продовольчої та екологічної безпеки України : монографія. Полтава: ПДАУ, 2025. 388 с.

300. Pysarenko, P., Samojlik, M., Taranenko, A., Lavrinenko, I., Shpyrna, V (Scopus). Efficiency of Probiotic Application for the Remediation of Contaminated Soils in Agrocenoses. *Ecological Engineering and Environmental Technology*. 2023. 24(6). P. 94–99.

301. Pavlo Pysarenko , Maryna Samojlik , Maryna Galytska, Oksana Dychenko, Vladyslav Shpyrna, Lastovka Vyacheslav, Husinsky Dmytro, Oleksiy Zhylin. Using of probiotics and associated formation water as a basic fertilizer. *Journal of Ecological Engineering*. 2025. 26(5). P. 301–309.

302. Pysarenko P., Samojlik M., Taranenko A., Taranenko S., Mostoviak I., Berezovskyi A., Dychenko O., Shpyrna V., Zhylin O., Oliynyk A. Microbiological Evaluation of Biodegradation Processes of Solid Waste in Reclaimed Landfills. *Rocznik Ochrona Środowiska*. 2025. Volume 27. P. 354-360 <https://ros.edu.pl/index.php?id=1577&lang=en>

303. Pysarenko P., Samojlik M., Galytska M., Dychenko O., Shpyrna V., Lastovka V., Husinsky D., Zhylin O. Using of probiotics and associated formation water as a basic fertilizer. *Journal of Ecological Engineering*. 2025. 26 (5). P. 301–309 <https://doi.org/10.12911/22998993/201384>

304. Писаренко П. В., Самойлік М. С., Диченко О. Ю., Шпирна В. Г., Ластовка В. П., Гусинський Д. В. Використання супутньо-пластової води та бішофіту як екологічнобезпечного засобу захисту рослин в посівах пшениці озимої. *Таврійський науковий вісник*. 2025. № 141. Частина 2. С. 243-251 <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.141.2.32>.

305. Писаренко П. В., Самойлік М. С., Диченко О. Ю., Ластовка В. П., Гусинський Д. В., Шпирна В. Г., Жилін О. С. Використання пластової мінералізованої води та бішофіту як некореневого підживлення на посівах сільськогосподарських культур. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 1. Том 28. С. 50-54 <https://doi.org/10.31210/spi2025.28.01.09> .

306. Писаренко П. В., Самойлік М. С., Диченко О. Ю., Жилін О. С., Шпирна В. Г. Механізм дії пластової мінералізованої води на культурні рослини і бур'яни. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2025. Випуск 2 (47). <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-2.17> С. 124-131.

307. Писаренко П. В., Самойлік М. С., Тараненко А. О., Галицька М.А, Шпирна В. Г., Жилін О. С. Покращання якості органічних добрив за рахунок використання пробіотиків та бішофіту *Аграрні інновації*. 2025. Вип. 30. С. 128-134 <https://doi.org/10.32848/agrар.innov.2025.30.19>.

308. Писаренко П. В., Самойлік М. С., Диченко О. Ю., Шпирна В. Г., Жилін О. С., Грищенко О. С. Комплексне використання пробіотичних препаратів та бішофіту в агросистемах. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка* №3 (48), 2025. С. 79-85. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-3.10>.

309. Pysarenko P. V., Samoilik M. S., Dychenko O. Yu., Lastovka V. P., Husynskiy D. V., Shpirna V. H. Estimation of resource-ecological safety in the region: methodical and methodological aspects. *Таврійський науковий вісник*. 2024. № 136. Частина 2. С. 322-326 <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.136.2.41>.

310. Писаренко П.В., Шпирна В.Г., Олійник А.О., Жилін О.С. Оцінка еколого-економічної ефективності очистки техногенно забруднених агроценозів. *Ефективне функціонування екологічно-стабільних територій у контексті стратегії стійкого розвитку: агроекологічний, соціальний та економічний аспекти* : матеріали VI міжнар. наук.-практ. інтернет – конф., м. Полтава, 21 грудня 2022 р. Полтава, 2022. С. 52-55.

311. Писаренко П. В., Шпирна В.Г. Використання пробіотичних препаратів та бішофіту у біологізації системі захисту агрофітоценозу. *Екологічні проблеми навколишнього середовища та раціонального*

*природокористування в контексті сталого розвитку* : матеріали V міжнар. наук.-практ. конф., м. Полтава, 25 травня 2023 р. Полтава, 2023. С. 12-17.

312. Писаренко П.В., Самойлік М. С., Жилін О.С., Шпирна В.Г. Відновлення якості поливної води в контексті сталого функціонування агроєкосистем. *Ефективне функціонування екологічно-стабільних територій у контексті стратегії стійкого розвитку: агроєкологічний, соціальний та економічний аспекти* : матеріали VII міжнар. наук.-практ. інтернет – конф., м. Полтава, 13 груд. 2023 р. Полтава, 2023. С. 103-108.

313. Писаренко П.В., Самойлік М.С., Шпирна В.Г. Використання біологічних методів захисту рослин в контексті формування сталих агроєкосистем. *Екологічні проблеми навколишнього середовища та раціонального природокористування в контексті сталого розвитку* : матеріали VI міжнар. наук.-практ. конф., м. Полтава, 27 травня. 2024 р. Полтава, 2024. С. 8-15.

314. Писаренко П.В., Самойлік М.С., Галицька М.А., Олійник А.О., Шпирна В.Г. Формування комплексної системи відновлення техногенно забруднених агроценозів на локальному рівні. *Ефективне функціонування екологічно-стабільних територій у контексті стратегії стійкого розвитку: агроєкологічний, соціальний та економічний аспекти* : матеріали VIII міжнар. наук.-практ. інтернет – конф., м. Полтава, 12 груд. 2024 р. Полтава, 2023. С. 87-92.

315. Писаренко П. В., Шпирна В. Г. Покращення фітосанітарного стану посівів пшениці озимої за допомогою бішофіту. *Екологічні проблеми навколишнього середовища та раціонального природокористування в контексті сталого розвитку*: матеріали VII міжнар. наук.-практ. конф., м. Полтава, 23 травня 2025р. Полтава, 2025. С. 23-26

316. Писаренко П. В., Шпирна В. Г. Використання бішофіту для захисту посівів пшениці озимої. *Ефективне функціонування екологічно-стабільних територій у контексті стратегії стійкого розвитку*:

*агроекологічний, соціальний та економічний аспекти* : матеріали ІХ міжнар. наук.-практ. інтернет – конф., м. Полтава, 12 груд. 2025 р. Полтава, 2025. С. 61-63.

317. Писаренко П. В., Самойлік М. С., Шпирна В. Г., Жилін О. С. Фітотоксична оцінка використання біологічних методів очистки ґрунтів сільськогосподарського призначення, забруднених внаслідок воєнних дій. *Екологія, природокористування та охорона навколишнього середовища: прикладні аспекти*: матер. VIII Всеукр. наук.-практ. заоч. конф., м. Київ, 17 травня 2025 р. Київ: МДУ, 2025. С. 124-127

318. Писаренко П. В., Самойлік М. С., Шпирна В. Г., Жилін О. С. Комплексне використання пробіотичних препаратів та бішофіту в агросистемах. *Achievements of Science and Applied Research: Collection of Scientific Papers with the Proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Conference*. May 19-21, 2025. Dublin, Ireland, 2025. С. 14-18

319. Писаренко П. В., Самойлік М. С., Жилін О. С., Шпирна В.Г. Використання бішофіту в посівах пшениці озимої. *Science and Information Technologies in the Modern World: Collection of Scientific Papers with Proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Conference*. May 21-23, 2025. Athens, Greece. С. 40-43.

# ДОДАТКИ

## ДОДАТОК А

**СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА, В ЯКИХ ВИСВІТЛЕНО  
ОСНОВНІ НАУКОВІ РЕЗУЛЬТАТИ ДИСЕРТАЦІЇ*****Публікації у закордонних наукових виданнях які внесені до  
міжнародних наукометричних баз Scopus та Web of Science:***

1. Pysarenko P., Samojlik M., Taranenko A., Lavrinenko I., Shpyrna V. Efficiency of Probiotic Application for the Remediation of Contaminated Soils in Agrocenoses. *Ecological Engineering and Environmental Technology*. 2023. 24 (6). P. 94–99 <https://doi.org/10.12912/27197050/168085> (40 % авторства, проведення досліджень, отримання експериментальних даних, написання статті).

2. Pysarenko P., Samojlik M., Galytska M., Dychenko O., Shpyrna V., Lastovka V., Husinsky D., Zhylin O. Using of probiotics and associated formation water as a basic fertilizer. *Journal of Ecological Engineering*. 2025. 26 (5). P. 301–309 <https://doi.org/10.12911/22998993/201384> (40 % авторства, проведення досліджень, отримання експериментальних даних, написання статті).

3. Pysarenko P., Samojlik M., Taranenko A., Taranenko S., Mostoviak I., Berezovskyi A., Dychenko O., Shpyrna V., Zhylin O., Oliynyk A. Microbiological Evaluation of Biodegradation Processes of Solid Waste in Reclaimed Landfills. *Rocznik Ochrona Środowiska*. 2025. Volume 27. P. 354-360 <https://ros.edu.pl/index.php?id=1577&lang=en> (40 % авторства, проведення досліджень, отримання експериментальних даних, написання статті).

**Публікації в наукових фахових виданнях України:**

4. Pysarenko P. V., Samoilik M. S., Dychenko O. Yu., Lastovka V. P., Husynskyi D. V., Shpirna V. H. Estimation of resource-ecological safety in the region: methodical and methodological aspects. *Таврійський науковий вісник*. 2024. № 136. Частина 2. С. 322-326 <https://doi.org/10.32782/2226->

[0099.2024.136.2.41](https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.141.2.32) (35 % авторства, проведення досліджень, отримання експериментальних даних, узагальнення, написання статті).

5. Писаренко П. В., Самойлік М. С., Диченко О. Ю., Шпирна В. Г., Ластовка В. П., Гусинський Д. В. Використання супутньо-пластової води та бішофіту як екологічнобезпечного засобу захисту рослин в посівах пшениці озимої. *Таврійський науковий вісник*. 2025. № 141. Частина 2. С. 243-251

<https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.141.2.32> (35 % авторства, проведення досліджень, отримання експериментальних даних, узагальнення, написання статті).

6. Писаренко П. В., Самойлік М. С., Диченко О. Ю., Ластовка В. П., Гусинський Д. В., Шпирна В. Г., Жилін О. С. Використання пластової мінералізованої води та бішофіту як некореневого підживлення на посівах сільськогосподарських культур. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 1. Том 28. С. 50-54

<https://doi.org/10.31210/spi2025.28.01.09> (40 % авторства, проведення досліджень, отримання експериментальних даних, узагальнення, написання статті).

7. Писаренко П. В., Самойлік М. С., Диченко О. Ю., Жилін О. С., Шпирна В. Г. Механізм дії пластової мінералізованої води на культурні рослини і бур'яни. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2025. Випуск 2 (47).

<https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-2.17> С. 124-131 (35 % авторства, проведення досліджень, отримання експериментальних даних, узагальнення, написання статті).

8. Писаренко П. В., Самойлік М. С., Тараненко А. О., Галицька М.А., Шпирна В. Г., Жилін О. С. Покращання якості органічних добрив за рахунок використання пробіотиків та бішофіту *Аграрні інновації*. 2025. Вип. 30. С. 128-134

<https://doi.org/10.32848/agrarr.innov.2025.30.19> (40 % авторства, проведення досліджень, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання статті).

9. Писаренко П. В., Самойлік М. С., Диченко О. Ю., Шпирна В. Г., Жилін О. С., Грищенко О. С. Комплексне використання пробіотичних препаратів та бішофіту в агросистемах. Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка №3 (48), 2025. С. 79-85. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-3.10> (30 % авторства, проведення досліджень, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання статті).

#### **Матеріали й тези доповідей на конференціях:**

10. Писаренко П. В., Шпирна В. Г., Олійник А. О., Жилін О. С. Оцінка еколого-економічної ефективності очистки техногенно забруднених агроценозів. *Ефективне функціонування екологічно-стабільних територій у контексті стратегії стійкого розвитку: агроекологічний, соціальний та економічний аспекти* : матеріали VI міжнар. наук.-практ. інтернет – конф., м. Полтава, 21 грудня 2022 р. Полтава, 2022. С. 52-55.

11. Писаренко П. В., Шпирна В.Г. Використання пробіотичних препаратів та бішофіту у біологізації системі захисту агрофітоценозу. *Екологічні проблеми навколишнього середовища та раціонального природокористування в контексті сталого розвитку* : матеріали V міжнар. наук.-практ. конф., м. Полтава, 25 травня 2023 р. Полтава, 2023. С. 12-17.

12. Писаренко П. В., Самойлік М. С., Жилін О. С., Шпирна В. Г. Відновлення якості поливної води в контексті сталого функціонування агроecosистем. *Ефективне функціонування екологічно-стабільних територій у контексті стратегії стійкого розвитку: агроекологічний, соціальний та економічний аспекти* : матеріали VII міжнар. наук.-практ. інтернет – конф., м. Полтава, 13 груд. 2023 р. Полтава, 2023. С. 103-108.

13. Писаренко П. В, Самойлік М. С., Шпирна В. Г. Використання біологічних методів захисту рослин в контексті формування сталих агроecosистем. *Екологічні проблеми навколишнього середовища та*

раціонального природокористування в контексті сталого розвитку : матеріали VI міжнар. наук.-практ. конф., м. Полтава, 27 травня 2024 р. Полтава, 2024. С. 8-15.

14. Писаренко П. В., Самойлік М. С., Галицька М. А., Олійник А. О., Шпирна В.Г. Формування комплексної системи відновлення техногенно забруднених агроценозів на локальному рівні. *Ефективне функціонування екологічно-стабільних територій у контексті стратегії стійкого розвитку: агроекологічний, соціальний та економічний аспекти*. матеріали VIII міжнар. наук.-практ. конф., м. Полтава, 12 грудня 2024 року, Полтава, 2024. С. 87-92.

15. Писаренко П. В., Шпирна В. Г. Покращення фітосанітарного стану посівів пшениці озимої за допомогою бішофіту. *Екологічні проблеми навколишнього середовища та раціонального природокористування в контексті сталого розвитку*: матеріали VII міжнар. наук.-практ. конф., м. Полтава, 23 травня 2025р. Полтава, 2025. С. 23-26.

16. Писаренко П. В., Самойлік М. С., Шпирна В. Г., Жилін О. С. Фітотоксична оцінка використання біологічних методів очистки ґрунтів сільськогосподарського призначення, забруднених внаслідок воєнних дій. *Екологія, природокористування та охорона навколишнього середовища: прикладні аспекти*: матер. VIII Всеукр. наук.-практ. заоч. конф., м. Київ, 17 травня 2025 р. Київ: МДУ, 2025. С. 124-127 (отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання тези).

17. Писаренко П. В., Самойлік М. С., Шпирна В. Г., Жилін О. С. Комплексне використання пробіотичних препаратів та бішофіту в агросистемах. *Achievements of Science and Applied Research: Collection of Scientific Papers with the Proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Conference*. May 19-21, 2025. Dublin, Ireland, 2025. С. 14-18.

18. Писаренко П. В., Самойлік М. С., Жилін О. С., Шпирна В.Г. Використання бішофіту в посівах пшениці озимої. *Science and Information Technologies in the Modern World: Collection of Scientific Papers with*

Proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Conference. May 21-23, 2025. Athens, Greece. С. 40-43.

**Наукові праці, які додатково відображають наукові результати  
дисертації:  
Монографії**

19. Писаренко П. В., Самойлік М. С., Жилін О. С., Шпирна В. Г. Теоретико-методологічні засади сталого функціонування агроєкосистем в контексті продовольчої та екологічної безпеки України : монографія. Полтава: ПДАУ, 2025. 388 с.

20. Писаренко П. В., Самойлік М. С., Шпирна В. Г., Жилін О. С. Наукові засади відновлення техногенно порушених земель сільськогосподарського призначення в умовах воєнних дій в Україні: монографія. Полтава: ПДАУ, 2025. 312 с.

## ДОВІДКА

**про впровадження наукових розробок у виробництво згідно дисертаційної роботи здобувача вищої освіти ступеня доктор філософії Шпирни Владислава Геннадійовича до дисертаційної роботи «Ефективність використання пробіотичних препаратів та бішофіту у біологізації системи захисту пшениці озимої» спеціальності 201 «Агрономія»**

Результати дисертаційного дослідження здобувача вищої освіти ступеня доктор філософії Шпирни Владислава Геннадійовича за темою «Ефективність використання пробіотичних препаратів та бішофіту у біологізації системи захисту пшениці озимої» протягом 2022-2024 років щорічно впроваджувалися в господарствах Полтавської області.

Автором проводилося супроводження наукових розробок, шляхом оприлюднення результатів досліджень на науково-практичних конференціях, семінарах та «днів поля» в господарствах Полтавської області.

В.Г. Шпирною рекомендовано комплексну біологічну систему захисту пшениці озимої за допомогою бішофіту та пробіотиків. За результатами впровадження наукових розробок Шпирни В.Г. при застосуванні суміші пробіотику *Sviteco PBP* (1 л/т) та бішофіту (10 л/т), як протруювача та бішофіту (150 л/га), як гербіциду, на посівах озимої пшениці встановлено, що даний метод є більш ефективним у порівнянні з хімічними засобами захисту рослин та контролем. Рентабельність запропонованої технології протягом 2022-2024 рр. у середньому склала 117,5%, що на 65% більше у порівнянні з стандартною технологією хімічного захисту рослин. При цьому важливим економічним фактором використання запропонованої технології біологічного захисту пшениці озимої є те, що підвищується не тільки урожайність зерна озимої пшениці але і його якість (вміст білку підвищувався на 7,75%, сирової клітковини в зерні - на 10,3%, натура зерна - на 15,3%, та маса 1000 насінин на 21,3% в порівнянні з контролем).

При цьому відмічаємо актуальність дисертаційного дослідження, адже здобувачем вищої освіти ступеня доктор філософії Шпирною Владиславом Геннадійовичем доведено, що використання пробіотичних препаратів та бішофіту у системі захисту пшениці озимої сприяє оптимізації мікробного ценозу ґрунту та формуванню сталих агросистем, що є особливо важливим у сучасних умовах для Полтавської області.

Директор Департаменту агропромислового  
розвитку Полтавської обласної  
державної адміністрації



Сергій ФРОЛОВ



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
**ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

вул. Сковороди, 1/3, м. Полтава, 36003, тел./факс: (0532) 50-02-73,  
 E-mail: pdau@pdau.edu.ua <https://www.pdau.edu.ua> Код ЄДРПОУ 00493014

13.03.2026 № 01-11/38

На № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_

**ДОВІДКА**

**про впровадження у навчальний процес результатів дисертаційного дослідження здобувача освітньо-наукового ступеня доктора філософії Шпирни Владислава Геннадійовича «Ефективність використання пробіотичних препаратів та біофіту у біологізації системи захисту пшениці озимої» спеціальності 201- «Агрономія»**

Результати досліджень Шпирни Владислава Геннадійовича за темою «Ефективність використання пробіотичних препаратів та біофіту у біологізації системи захисту пшениці озимої», а саме науково-прикладні положення біологічної системи захисту пшениці озимої за допомогою біофіту та пробіотиків у контексті сталого функціонування агроecosystem використано при викладанні освітньої компоненти «Агроecologia» для першого (бакалаврського) рівня вищої освіти ступеня Бакалавр ОПП «Еcologia» за спеціальністю E2 Ecologia. Встановлений у дисертаційному дослідженні механізм дії біофіту на мікробний ценоз та хіміко-фізичні властивості ґрунту, а також механізм дії біофіту на культурні рослини і бур'яни, використовуються при викладанні дисциплін «Ecologically stable agroecosystems», «Bio- та фітoремедіація ґрунтів» для другого (магістерського) рівня вищої освіти ОПП «Агроecologia» за спеціальністю E2 Ecologia. Наукові напрями сталого функціонування агроecosystem, що включають природні функції саморегуляції при мінімізації антропогенного впливу на агроценози, використовуються при викладанні дисциплін «Оцінка наслідків господарської діяльності на агроecosystems», «Менеджмент забруднених територій» для другого (магістерського) рівня вищої освіти ОПП «Ecological-economic plant production» за спеціальністю H1 Агрономія.

Проректор з науково-педагогічної  
 роботи, к.с.н., доцент



Андрій ДОРОШЕНКО



СЕЛЯНСЬКЕ (ФЕРМЕРСЬКЕ) ГОСПОДАРСТВО

«СКІФ»

38300, Україна, Полтавська обл., Миргородський р-н., с. Велика Багачка, вул. Гагаріна 15

ПІН 314760016064, ЄДРПОУ 31476009, тел. +380661981975

р/р UA843052990000026005021202722 АТ КБ "Приват Банк" МФО 305299

№ \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_ 202 р.

**АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ  
результатів науково-дослідних робіт у виробництво**

Даним актом підтверджується, що результати наукової роботи згідно дисертаційної роботи на тему: «Ефективність використання пробіотичних препаратів та біофіту у біологізації системи захисту пшениці озимої» за спеціальністю 201 – Агронімія, виконаної здобувачем вищої освіти доктора філософії Шпирною Владиславом Геннадійовичем, яка здійснювалася протягом 2022, 2023 та 2024 років, впроваджені в умовах СФГ «СКІФ» на території Полтавської обл., Миргородського району, селище Велика Багачка.

Вид впровадження результатів: застосовано біологічну систему захисту пшениці озимої за допомогою біофіту та пробіотиків - використання суміші пробіотику *Sviteco PBP* (1 л/т) та біофіту (10 л/т) як протруювача та біофіту (150 л/га) як гербіциду на посівах озимої пшениці (сорт Диканька).

Рік та об'єм впровадження: 2022 рік, 2023 рік та 2024 рік. Площа – 22 га.

Отриманий економічний ефект від впровадження у виробництво біологічної системи захисту пшениці озимої за допомогою біофіту та пробіотиків: середній рівень рентабельності: 2022 рік – 107,9% 2023 рік – 137,3%; 2024 рік – 107,5%.

Виконавець \_\_\_\_\_

Шпирна В.Г.

Від господарства:  
Директор





СЕЛЯНСЬКЕ (ФЕРМЕРСЬКЕ) ГОСПОДАРСТВО

«СТЕРХ»

38300, Україна, Полтавська обл., Миргородський р-н., с. Велика Багачка, пров. Ювілейний 12

ПН 301324316063, ЄДРПОУ 30132431, тел. +380661981975

р/р UA093805480000026009004970601 ПАТ "АП Банк" МФО 380548

Вих. №

Від \_\_\_\_\_ 202 р.

**АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ  
результатів науково-дослідних робіт у виробництво**

Даним актом підтверджується, що результати наукової роботи згідно дисертаційної роботи на тему: «Ефективність використання пробіотичних препаратів та бішофіту у біологізації системи захисту пшениці озимої» за спеціальністю 201 – Агрономія, виконаної здобувачем вищої освіти доктора філософії Шпирною Владиславом Геннадійовичем, яка здійснювалася протягом 2022, 2023 та 2024 років, впроваджені в умовах СФГ «СТЕРХ» на території Полтавської обл., Миргородського району, селище Велика Багачка.

Вид впровадження результатів: використання бішофіту концентрації 100% як гербіциду на посівах озимої пшениці (сорт Диканька) по всходам.

Рік та об'єм впровадження: 2022 рік, 2023 рік та 2024 рік. Площа – 40 га.

Урожайність: 2022 р. – 50,9 ц/га, 2023 р. – 50,6 ц/га, 2024 р. – 49,4 ц/га, середнє - 50,3 ц/га, що на 10,1 ц/га більше контролю та на 3,3 ц/га більше ніж при використанні Гербіциду Дезормону 600. При цьому після обробки озимої пшениці бішофітом 100 %-ої концентрації збільшились довжина колоса (6,9 на контролі до 8 см після обробки), число зерен в колосі (з 21,6 на контролі до 29,3 після обробки), маса з одного колоса (з 1,0 на контролі до 1,8 г після обробки) і як наслідок, зростає маса 1000 зерен до 61,6 проти контролю 49,2 г.

Виконавець

Шпирна В.Г.

Від господарства:  
Директор



## ДОДАТОК Б

**Міністерство освіти і науки України**  
**Полтавський державний аграрний університет**  
 Лабораторія агроекологічного моніторингу  
 м. Полтава

Свідоцтво про атестацію

№ 029-22

Видане 12 квітня 2022 р.

Чинне 11 квітня 2025 р.

Адреса

36003 м. Полтава, вул. Сковороди, 1/3

Тел.

(05322)2-27-93

№ 06-05/51

«24» травня 2024 р.

**ПРОТОКОЛ ДОСЛІДЖЕННЯ**

Найменування зразка:  
Кількість

Проби ґрунту  
5 шт

СФГ «СКІФ», Полтавська обл.,  
Миргородський район,  
Великобагачанська СТГ  
(земельна ділянка загальною площею 41 га)

Місце відбору проби

Відбір проб

Проби відібрані Науковим керівником лабораторії агроекологічного  
моніторингу ПДАУ

Дата отримання проби

17.05.2024 р.

Дата проведення аналізу

17.05-24.05.2024 р.

Мета дослідження

Екологічний моніторинг навколишнього природного середовища

**РЕЗУЛЬТАТИ КІЛЬКІСНОГО ХІМІЧНОГО АНАЛІЗУ**

Проведено підготовку проби згідно ДСТУ ГОСТ 17.4.4.02:2019 Охорона довкілля. Якість ґрунту. Методи відбирання та підготування проб для хімічного, бактеріологічного, гельмінтологічного аналізу (ГОСТ 17.4.4.02-2017, IDT) та необхідні дослідження Лабораторією агроекологічного моніторингу Полтавського державного аграрного університету м. Полтава, були отримані наступні результати.

Показник	Одиниці вимірювання	НД та методи випробувань	Ділянка 1	Ділянка 2	Ділянка 3	Ділянка 4	ГДК*	Фонові
pH <sub>H<sub>2</sub>O</sub>	од. pH	ДСТУ ISO 10390:2007	7,45	7,55	7,45	7,80	6,0-9,0	7,68
pH <sub>KCl</sub>	од. pH	ДСТУ ISO 10390:2007	6,15	6,17	6,15	6,45	-	6,30
Cond.	mS/cm	ДСТУ ISO 10390:2007	0,25	0,24	0,26	0,31	-	0,28
% гумусу	%	ГОСТ 23740-79	3,30	3,40	3,40	3,48	≥2	3,55
Азот загальний (N)	%	ГОСТ 26107-84	0,15	0,17	0,15	0,16	-	0,16
N - NO <sub>3</sub> <sup>+</sup>	мг/кг	ДСТУ ISO/TS14256-1:2005	7,1	7,0	7,2	7,1	-	7,3
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	мг/кг	ГОСТ 26489-85	40,1	41,5	42,8	40,3	-	40,9

Азот легко-гідролізований	мг/кг	ДСТУ 7863:2015	150,55	141,02	135,87	140,77	-	154,20	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	мг/кг	ГОСТ 26204-91	75,44	73,65	69,46	70,46	-	72,35	
		Olsen	9,2	9,8	9,0	9,6	-	9,5	
K <sub>2</sub> O	мг/кг	ГОСТ 26210-91	50,55	54,13	54,08	52,33	-	50,87	
Гідролітична кислотність (Нг)	мг*екв/100 г	ГОСТ 26212-91	1,6	1,7	1,7	1,8	-	1,7	
Сума поглинутих основ (S)	мг*екв/100 г	ГОСТ 27821-88	33,42	34,65	35,55	33,11	-	34,78	
Ca <sup>2+</sup> обм	мг*екв/100 г	ГОСТ 26487-85	10,5	11,1	10,8	11,0	-	10,8	
Mg <sup>2+</sup> обм	мг*екв/100 г		0,2	0,1	0,2	0,2	-	0,2	
Обмінний натрій	мг*екв/100 г	ГОСТ 26950-86	0,22	0,17	0,17	0,19	-	0,19	
K+Na	%	ДСТУ 7944:2015	3,6	3,8	3,8	3,5	-	3,7	
S/SO <sub>4</sub>	мг/кг	ДСТУ 8347:2015	5,45	5,50	5,77	5,80	-	5,95	
Сухий залишок	%	ГОСТ 26423-85	0,28	0,30	0,29	0,25	-	0,26	
HCO <sub>3</sub>	%	ОСТ 46-52-76	0,030	0,028	0,050	0,068	-	0,069	
	мг*екв/100 г		0,49	0,47	0,61	0,90	-	0,94	
CO <sub>3</sub>	%		0,02	0,02	0,02	0,03	-	0,02	
	мг*екв/100 г		0,30	0,30	0,30	0,40	-	0,30	
Cl	%		0,003	0,002	0,003	0,003	-	0,003	
	мг*екв/100 г		0,09	0,07	0,09	0,09	-	0,09	
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	%		0,071	0,066	0,071	0,055	-	0,071	
	мг*екв/100 г		1,50	1,38	1,50	1,20	-	1,50	
Свинець (Pb)	мг/кг		ДСТУ 4770.9:2007	1,87	1,30	1,50	1,28	32,0	1,20
Кобальт	мг/кг		ДСТУ 4770.5:2007	0,20	0,35	0,36	0,50	5,0	0,42
Марганець (Mn)	мг/кг	ДСТУ 4770.1:2007	42,15	55,63	58,31	61,53	1500	60,32	
Мідь	мг/кг	ДСТУ 4770.6:2007	0,22	0,20	0,18	0,32	3,0	0,28	
Нікель (Ni)	мг/кг	ДСТУ 7965:2015	0,20	0,28	0,19	0,22	4,0	0,20	
Цинк (Zn)	мг/кг	ДСТУ 4770.2:2007	0,26	0,24	0,30	0,30	23,0	0,28	
Хром Cr (+6)	мг/кг	ДСТУ 7965:2015	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05	0,01	
Залізо (Fe)	мг/кг	ДСТУ 7913:2015	46,32	55,60	80,42	68,43	-	55,63	
Кадмій	мг/кг	ДСТУ 4770.3:2007	0,12	0,15	0,15	0,10	1,5	0,11	
Молібден	мг/кг	ОСТ 10151-88	0,1	0,1	0,1	0,1	-	0,1	
Нафтопродукти	мг/кг	МВВ 31-497058-009-2002	65,42	50,52	54,32	50,52	500**	54,52	

\* - відповідно Наказу МОЗ від 14.07.2020 № 1595 Про затвердження Гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних речовин у ґрунті;

\*\* - відповідно Постанови КМУ від 15.12.2021 № 1325 «Про затвердження нормативів гранично допустимих концентрацій небезпечних речовин у ґрунтах»

#### Механічний склад ґрунту

Проба	Пісок (частинки менше 0,25-2,0 мм)	Мул (пил) (частинки менше 0,005-0,25 мм)	Глина (частинки менше 0,005 мм)	Тип ґрунту
Ділянка 1	25,14	60,12	14,74	Пилуватий середній суглинок
Ділянка 2	26,85	55,45	17,70	
Ділянка 3	24,18	56,18	19,64	

Ділянка 4	25,64	58,94	15,42	
Фон	19,63	62,74	17,63	

**Примітка:**

- Вищевказані результати аналізу розповсюджуються лише на пред'явлений зразок і не відносяться до конкретної сировини;
- Лабораторія агроекологічного моніторингу ПДАУ не несе відповідальність за правильність відбору проб наданих Замовником на дослідження.

При вимірюванні застосовані такі основні засоби вимірювальної техніки: спектрофотометр атомно-абсорбційний С-115 У (С-115 ПК) №0479933601-97 (св. №13-21/Р-2355 від 13.05.2024 р.); колориметр фотоелектричний концентраційний, КФК-3 № 9113799 (св. №13-21/Р-2354 від 13.05.2024 р.); рН-метр, рН-150 М №0110 (св. № 13-21/Р-2356 від 13.05.2024 р.); терези торсійні ВЛКТ-500М № 736 (св. № 12-М/0141 від 13.05.2024 р.); терези аналітичні АДВ-200 М № 514 (св. № 12-М/0140 від 13.05.2024 р.); шафа сушильна електрична кругла 2В-151 № 2871 (св. №13-21/Р 0143 від 13.05.2024 р.); муфельна піч Т-40/600 (4217) № 84796 (св. №13-21/Р 0144 від 13.05.2024 р.); набір гир ГА-200 № 514 Н 676 (св. № 12-М/0139 від 13.05.2024 р.).

**ВИСНОВОК:** Оцінка результатів кількісного хімічного аналізу шифрованих проб ґрунту дозволила встановити наступне:

- у даних пробах ґрунту перевищень ГДК досліджуваних речовин не виявлено; досліджені проби ґрунту по визначених показниках відповідають вимогам Наказу МОЗ від 14.07.2020 № 1595 «Про затвердження Гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних речовин у ґрунті» (ступінь забруднення - незабруднені);
- за ступенем засоленості зразки ґрунту відносяться до незасолених; за вмістом гумусу - середні; за ступенем кислотності - слаболужні; за вмістом фосфору і калію (за Чиріковим, Olsen) - середні; за гідролітичною кислотністю - нейтральні; за вмістом солей - оптимальні.

**Міністерство освіти і науки України**  
**Полтавський державний аграрний університет**  
 Лабораторія агроекологічного моніторингу  
 м. Полтава

Свідоцтво про атестацію

№ 029-22

Видане 12 квітня 2022 р.

Чинне 11 квітня 2025 р.

№ 06-05/52

Адреса

36003 м. Полтава, вул. Сковороди, 1/3

Тел.

(05322)2-27-93

«24» травня 2024 р.

## ПРОТОКОЛ ДОСЛІДЖЕННЯ

Найменування зразка:

Кількість

Проби ґрунту

1 шт

Місце відбору проби

СФГ «СКІФ», Полтавська обл.,  
 Миргородський район, Великобагачанська СТГ  
 (земельна ділянка загальною площею 41 га)

Відбір проб

Проби відібрані Науковим керівником лабораторії агроекологічного  
 моніторингу ПДАУ

Дата отримання проби

17.05.2024 р.

Дата проведення аналізу

17.05-24.05.2024 р.

Мета дослідження

Екологічний моніторинг навколишнього природного середовища

## РЕЗУЛЬТАТИ АНАЛІЗУ

### ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТУ

Проведено підготовку проби згідно ДСТУ ГОСТ 17.4.4.02:2019 *Охорона природи. Ґрунти. Методи відбору та підготовки проб для хімічного, бактеріологічного, гельмінтологічного аналізу (ГОСТ 17.4.4.02-2017, IDT)* та необхідні дослідження Лабораторією агроекологічного моніторингу Полтавського державного аграрного університету м. Полтава, були отримані наступні результати.

Показник	Одиниці Вимірюва- ння	НД та методи випробувань	Ділянка 1
Глибина гумусного горизонту	см	ДСТУ ISO 11259:2004 (ISO 11259:1998, IDT)	93
Структурно-агрегатний склад:			
Вміст агрегатів 0,25 -10 мм при «сухому» просіванні	%	ДСТУ 7535:2014	80,45
Вміст водотривких агрегатів 0,25 -10 мм	%		61,02
Щільність ґрунту	г/см <sup>3</sup>	ДСТУ 4745:2007	1,22
Загальна шпаруватість	%		46,20
ПВ			55,2
НВ	%	ДСТУ ISO 11259:2004 (ISO 11259:1998, IDT)	35,3
ВВ	%		16,2
Гранулометричний склад ґрунту:			
Фізична глина	%	ДСТУ 4730:2007	14,74
Мул	%		60,12
Пісок	%		25,14
Тип засолення		ДСТУ 7908:2015	Не засолені

**Міністерство освіти і науки України**  
**Полтавський державний аграрний університет**  
 Лабораторія агроекологічного моніторингу  
 м. Полтава

Свідоцтво про атестацію № 029-22		Адреса 36003 м. Полтава, вул. Сковороди, 1/3
Видане	12 квітня 2022 р.	Тел. (05322)2-27-93
Чинне	11 квітня 2025 р.	
№	05-11/48	«13» листопада 2023 р.

### ПРОТОКОЛ ДОСЛІДЖЕННЯ

У відповідності з інструкціями, отриманими від **Замовника**, Лабораторією було проведено дослідження пред'явлених зразків.

<b>Замовник</b>	ПДАУ	<b>Відбір проб</b>	Проби відібрані <b>Науковим керівником лабораторії агроекологічного моніторингу ПДАУ - Писаренком П.В.</b>
<b>Місце відбору проби</b>	Полтавська область.		
<b>Найменування зразка:</b>	Полтавський бішофіт	<b>Мета дослідження</b>	Екологічний моніторинг навколишнього середовища
<b>Кількість</b>	1 проба (трьохкратна повторюваність)		
<b>Дата отримання проби</b>	07.11.2023 р.	<b>Дата проведення аналізу</b>	07.11 – 13.11.2023 р.

### РЕЗУЛЬТАТИ КІЛЬКІСНОГО ХІМІЧНОГО АНАЛІЗУ

Проведено підготовку проби згідно ДСТУ ISO 5667-11:2005. Якість води. Відбирання проб. Частина 11. Настанови щодо відбирання проб підземних вод та необхідні дослідження Лабораторією агроекологічного моніторингу Полтавського державного аграрного університету м. Полтава, були отримані наступні результати:

Показник	Одиниці вимірювання	Методика вимірювання	Проба 1	Проба 2	Проба 3	Усереднені дані
<b>Макросклад, г/дм<sup>3</sup></b>						
<b>pH</b>	-	ДСТУ 4077-2001	8,5	8,6	8,6	8,6
<b>Na+K</b>	г/дм <sup>3</sup>	ДСТУ ISO 9964-3:2015	45,1	45,3	44,8	45,1
<b>Ca<sup>2+</sup></b>	г/дм <sup>3</sup>	ДСТУ ISO 6059:2003	10,1	10,7	10,5	10,5
<b>Mg<sup>2+</sup></b>	г/дм <sup>3</sup>		1,1	1,1	1,2	1,1
<b>Cl</b>	г/дм <sup>3</sup>	ДСТУ ISO 9297:2007	92,6	92,4	93,2	92,7
<b>Мікросклад, мг/дм<sup>3</sup></b>						
<b>Літій</b>	мг/дм <sup>3</sup>	ПНД.Ф 14.1:2.253-09	1,6	1,7	1,6	3,6
<b>Стронцій</b>	мг/дм <sup>3</sup>	ПНД Ф 14.1:2.253-09	45,8	48,9	45,2	46,6
<b>Хром</b>	мг/дм <sup>3</sup>	ДСТУ ISO	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005

		18412:2017				
<b>Кобальт</b>	мг/дм <sup>3</sup>	МУ 31-14/06	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007
<b>Цинк</b>	мг/дм <sup>3</sup>	ДСТУ ISO 11885:2005	0,026	0,026	0,028	0,027
<b>Нікель</b>	мг/дм <sup>3</sup>	ДСТУ 7150:2010	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007
<b>Свинець</b>	мг/дм <sup>3</sup>	ДСТУ ISO 11885:2005	0,001	0,001	0,001	0,001
<b>Ртуть</b>	мг/дм <sup>3</sup>	ДСТУ EN 1483:2013	≤0,0001	≤0,0001	≤0,0001	≤0,0001
<b>Мідь</b>	мг/дм <sup>3</sup>	ГОСТ 4388-72	0,010	0,011	0,011	0,011
<b>Кадмій</b>	мг/дм <sup>3</sup>	ДСТУ ISO 15586:2012	≤0,0001	≤0,0001	≤0,0001	≤0,0001
<b>Бром</b>	мг/дм <sup>3</sup>	ПНД Ф 14.1:2.253-09	458,6	497,2	499,5	485,10
<b>Йод</b>	мг/дм <sup>3</sup>	ПНД Ф 14.1:2.253-09	10,91	11,20	11,08	11,06
<b>Магній</b>	мг/дм <sup>3</sup>	ДСТУ ISO 6059:2003	127,8	129,6	130,2	129,20
<b>Миш'як</b>	мг/дм <sup>3</sup>	ГОСТ 4152-89	0,002	0,002	0,003	0,002
<b>Бор</b>	мг/дм <sup>3</sup>	ГОСТ 31949-2012	2,00	2,00	2,00	2,00

Вищевказані результати аналізу розповсюджуються лише на пред'явлений зразок і не відносяться до конкретної сировини.

При вимірюванні застосовані такі основні засоби вимірювальної техніки: спектрофотометр атомно-абсорбційний С-115 У (С-115 ПК) №0479933601-97 (св. №13-21/Р-2355 до 13.04.2024 р.); колориметр фотоелектричний концентраційний, КФК-3 № 9113799 (св. №13-21/Р-2354 до 13.04.2024 р.); комбінований вимірювач рН, питомої електропровідності, мінералізації та вмісту розчиненого кисню з класом захисту від потрапляння води ІР6 № 8603 (св. №13-21/2366 до 13.04.2024); рН-метр, рН-150 М №0110 (св. № 13-21/Р-2356 до 13.04.2024 р.); терези торсійні ВЛКТ-500М № 736 (св. № 12-М/0141 до 14.04.2024 р.); терези аналітичні АДВ-200 М № 514 (св. № 12-М/0140 до 14.04.2024 р.); шафа сушильна електрична кругла 2В-151 № 2871 (св. №13-21/Р 0143 до 14.04.2024 р.); муфельна піч Т-40/600 (4217) № 84796 (св. №13-21/Р 0144 до 13.04.2024 р.); набір гир ГА-200 № 514 Н 676 (св. № 12-М/0139 до 14.04.2024 р.).