

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Кваліфікаційна наукова праця  
на правах рукопису

**ХОМЕНКО ТЕТЯНА ОЛЕКСІВНА**

УДК 579.64:631.46

ДИСЕРТАЦІЯ

**РЕГУЛЮВАННЯ БІОЛОГІЧНОЇ АКТИВНОСТІ ДЕРНОВО-  
ПІДЗОЛИСТИХ ҐРУНТІВ ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ КАРТОПЛІ  
СТОЛОВОЇ ЗА ОРГАНІЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА  
В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ПОЛІССЯ**

201 «Агрономія»

20 «Аграрні науки та продовольство»

Подається на здобуття ступеня доктора філософії

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

Науковий керівник:  
**ТОНХА Оксана Леонідівна**,  
доктор сільськогосподарських наук,  
професор

Київ – 2024

## АНОТАЦІЯ

**Хоменко Т. О. Регулювання біологічної активності дерново-підзолистих ґрунтів та продуктивність картоплі столової за органічного землеробства в умовах Західного Полісся.** Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття ступеня доктора філософії зі спеціальності 201 «Агронімія» (20 «Аграрні науки та продовольство»). Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ, 2024.

У дисертації представлено результати дослідження впливу біодеструктора і біостимуляторів росту рослин на біологічну активність дерново-підзолистого ґрунту, метагеном та чисельність мікроорганізмів різних фізіологічних і таксономічних груп у ризосфері картоплі, показники родючості дерново-підзолистого ґрунту та ріст і розвиток картоплі столової.

На основі аналізу літературних джерел показано актуальність досліджень із удосконалення органічних технологій вирощування картоплі, оцінки впливу біологічних препаратів на основі корисних мікроорганізмів на відтворення родючості ґрунту, біологічну активність, мобілізацію фосфатів з важкорозчинних органічних і неорганічних сполук фосфору, синтез речовин, які стимулюють ріст, інтенсифікацію проростання насіння, підвищення продуктивності культур та поліпшення якості продукції.

Акцентується увага на здатності біоагентів продукувати значну кількість фізіологічно активних речовин та позитивному ефекті стимулювання росту і розвитку рослин. Використання в сучасних технологіях мікробіологічних препаратів різного характеру дії не тільки покращує продуктивність і якість продукції, підвищує стійкість проти фітопатогенів, але й сприяє оздоровленню агроценозів від шкідливої дії пестицидів. Екологічною альтернативою захисту рослин є зменшення кількості фітопатогенів під дією біопрепаратів.

Робота виконувалась у період 2021–2023 років на базі кафедри ґрунтознавства та охорони ґрунтів імені професора М. К. Шикули

агробіологічного факультету Національного університету біоресурсів і природокористування України, м. Київ.

Досліджено мікробний комплекс дерново-підзолистого ґрунту в ризосфері картоплі, оцінено його якісний і кількісний склад за використання біодеструктора «Екостерн» з посівом сидерату і фоліарним внесенням біостимуляторів. Проведено дослідження впливу деструктора стерні на формування мікробного біому на основі загальноприйнятої технології вирощування картоплі сорту Піонер.

Відбір ґрунтових зразків проводили з ризосфери рослин у фази сходів, масового цвітіння та формування бульб картоплі столової. Визначення чисельності мікроорганізмів основних фізіологічних груп здійснювали методом посіву ґрунтових суспензій на відповідні елективні поживні середовища. На основі отриманих даних були розраховані коефіцієнти мінералізації-імобілізації, оліготрофності, педотрофності, що свідчили про тісний зв'язок між показниками чисельності мікроорганізмів, їх функціональною активністю та направленістю мікробних процесів у ґрунті в різні фази онтогенезу картоплі.

Встановлено, що застосування біодеструктора «Екостерн» (1,2 л/га) і використання сидерату гірчиці білої як попередника картоплі, порівнюючи з варіантом без його застосування, сприяло зростанню індексу екофізіологічного біорізноманіття від діапазону очікуваного біорізноманіття до високого, підвищенню чисельності педотрофів на 72–181 %, мікроорганізмів, які використовують органічні форми азоту, на 16–36 %, нітрифікаційної здатності ґрунту – на 130–160 % і показника продуктивності фотосинтезу ( $F_v/F_{max}$ ) на 29 %. Водночас також виявлено зниження показника біологічної активності на 69,4 бала, загальної кількості бактерій у фазу сходів на 30 % і чисельності амоніфікувальних мікроорганізмів на 5,5–87 %, що може пояснюватися зниженням активності патогенних мікроорганізмів.

Дослідження змін функціонального стану й активності фотосинтетичного апарату тест-рослин картоплі виконували, застосовуючи біофізичний метод індукції флуоресценції хлорофілу (ІФХ), фіксуючи дані портативним приладом

вітчизняного виробництва «Флоратест» за загальноприйнятою методикою. Встановлено значне зростання показника максимального значення флуоресценції хлорофілу ( $F_{\max}$ ) в листках картоплі за застосування біодеструктора. У контрольному значенні – без внесення біодеструктора та біостимуляторів – цей показник становив 1394,33 у. о., а з внесенням біодеструктора зріс до 1786,67 у. о. Найвищий рівень  $F_v/F_{\max}$  – 0,67 у. о. продуктивності фотосинтезу – відмічено за комплексного застосування біодеструкторів «Екостерн» + «Мікохелп» + «Фітохелп», що на 29 % поревищує значення в контрольному варіанті, без біостимуляторів і біодеструктора.

Загальна кількість бактерій і чисельність мікроорганізмів досліджуваних фізіологічних груп змінювались протягом вегетаційного сезону і залежала від погодних умов року та застосування біостимуляторів і біодеструктора. Найбільшу загальну кількість бактерій у ризосфері картоплі виявлено за триразового внесення препарату «Агат 25» (100 мл/га) при застосуванні препаратів «Мікохелп» (2,0 л/га) та «Екостерн». Так, кількість бактерій збільшилася на 7,3–25 %, порівнюючи з контролем.

Застосування біостимуляторів сприяло збільшенню чисельності мікроорганізмів, які беруть участь у циклі карбону та нітрогену. Найвищий приріст до контролю чисельності педотрофів виявлено у ґрунті, де використовували біостимулятори «Стимпо» (+288 %), «Агат» без біодеструктора (+43 %) і «Регоплант» з біодеструктором (+44 %); оліготрофів – у варіанті «Мікохелп» з «Агатом» і «Фітохелпом» без біодеструктора (+13–71 %). Збільшення кількості мікроорганізмів, які беруть участь у циклі нітрогену, в дерново-підзолистому ґрунті виявлено за внесення препаратів «Агат» і «Мікохелп», зокрема, чисельність амоніфікаторів зросла на 7–71 %, бактерій роду *Azotobacter* – на 82–105 % без деструктора і на 45 % за використання деструктора; за внесення препаратів «Фітохелп» і «Стимпо» разом з «Мікохелпом» чисельність бактерій роду *Azotobacter* збільшилася на 23–88 %.

Застосування біодеструктора «Екостерн» у нормі 1,2 л/га для гірчиці білої як сидерату на дерново-підзолистому ґрунті сприяло збільшенню доступності

елементів живлення протягом вегетації картоплі столової, про що свідчать значення коефіцієнта оліготрофності ( $K_o = 0,01-0,895$ ) і наближення коефіцієнта мінералізації-імобілізації до 1 (зрівноваження процесів синтезу-деструкції органічної речовини). За органічного землеробства перебіг біологічних процесів в екосистемі ґрунту інтенсифікувався, і приріст до абсолютного контролю, порівнюючи з інтенсивним землеробством, складав 0,6–2,6 мг/кг  $CO_2$  ґрунту. Але обидві системи землеробства значно поступалися (в 6,5–11 разів) за інтенсивністю респірації тривалому перелогу.

Застосування молекулярно-біологічних методів дає змогу більшою мірою дослідити мікробне різноманіття. Проведено дослідження структури метагеному мікробного комплексу ґрунту й ідентифікацію домінуючих представників еубактерій молекулярно-біологічними методами: Biotrex і секвенування.

Виявлено різноманіття та трофічно складнішу будову філотипової структури ґрунтового прокаріотного комплексу за застосування деструктора стерні, порівнюючи із варіантом без нього, яка складалася з 7 основних кластерів, 10 підкластерів, 59 видів, які відповідали п'яти домінантним генотипам, що належать до представників філотипів *Proteobacteria*, *Acidobacteria*, *Actinobacteria*, *Firmicutes*, значну частину з яких становлять прокаріоти, які не культивуються на елективних поживних середовищах. Застосування деструктора стерні «Екостерн», порівнюючи з контролем, сприяє формуванню вищого на 37 % рівня біорізноманіття метагеному прокаріотів.

За органічної технології вирощування картоплі обробка решток попередника біодеструктором «Екостерн» сприяла поліпшенню агрохімічних та агрофізичних властивостей дерново-підзолистого ґрунту. Порівнюючи з варіантами без біодеструктора кількість рухомих форм фосфору зросла на 10 %, калію – на 9–11 %, обмінна кислотність знизилась на 0,4–0,7 одиниць рН. Відмічено збільшення кількості ґрунтових агрегатів оптимального розміру на 0,8 %, зниження щільності твердої фази на 0,8 %, а щільності будови – на 1,5 % за чіткої тенденції оптимізування шпаруватості та вологості ґрунту.

Порівняння органічної та інтенсивної систем землеробства, а також перелогу показало, що на останньому формується більш розвинутий профіль з потужнішим гумусово-елювіальним горизонтом, реакція ґрунтового середовища стає близькою до нейтральної, збільшуються на 106 % вміст гумусу і забезпечення елементами живлення. Застосування органічного землеробства сприяло збільшенню рухомих форм калію за інтенсивної технології на 46 %.

Найвища середня висота стеблостою картоплі сорту Піонер, найбільші величини асиміляційної поверхні та маса куща були сформовані за використання деструктора «Екостерн» і 4 варіанта («Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)) та становили відповідно 48 см, 4063 см<sup>2</sup> і 1763 г/кущ.

Застосування біопрепаратів, порівнюючи з контролем, сприяло істотному збільшенню (на 20–159 %) великої фракції картоплі. У середньому за фактором А врожайність картоплі при застосуванні «Екостерну» (1,2 л/га) була вищою на 0,92 т/га, або на 7,6 %, порівнюючи з фоном, де біодеструктор не застосовувався.

Біостимулятори сприяли збільшенню загальної маси куща на 13–38 % і кількості бульб картоплі. Урожай картоплі на всіх варіантах дослідів (на фоні без біодеструктора), що вивчались, був у межах 12,33–12,64 т/га за рівня на контролі 10,62 т/га, з приростом від 1,71 до 2,02 т/га, порівнюючи з контролем. Найвищу продуктивність (13,67 т/га) отримано завдяки внесенню в ґрунт біопрепарату «Мікохелп» і триразового фоліарного підживлення біопрепаратом «Фітохелп»; приріст склав 2,21 т/га.

Найвищий показник сухої речовини (22,3 %) отримано за застосування «Екостерну» в нормі 1,2 л/га у варіанті «Мікохелп» + «Агат 25 К» – 22,3 %. Щодо вмісту крохмалю, відмічено його підвищення за використання біодеструктора «Екостерн» на 2,07 %. Найбільший умовно чистий дохід (32,3 тис. грн/га) забезпечила технологія вирощування картоплі з використанням «Мікохелпу» (внесення в ґрунт 2,0 л/га) та «Фітохелпу» (триразова фоліарна обробка по 1,0 л/га) на фоні обробки рослинних решток сидерату

біодеструктором «Екостерн» (1,2 л/га) за рівня рентабельності 48,8 %, що відповідно в 3,3 та 3,2 рази більше, порівнюючи з контролем.

Практичне застосування отриманих результатів полягає у використанні біодеструктора Екостерн, а також підборі біостимуляторів, які сприяють збільшенню загальної чисельності бактерій, екофізіологічного біорізноманіття та кількості фізіологічних і таксономічних груп мікроорганізмів в ризосфері картоплі, збільшенню продуктивності та покращенню якості картоплі сорту Партнер.

Практичне значення отриманих результатів визначається можливістю вдосконалення органічної технології вирощування картоплі з точки зору її мікробіологічної складової, а також отримання комплексного висновку щодо виробництва картоплі, його біологічної та екологічної ефективності. Дослідження дозволяють моделювати комплекси комбінацій мікробних препаратів і агротехнічних систем вирощування сільськогосподарських культур.

**Ключові слова:** деструктор стерні, біостимулятори, біологічна активність, біорізноманіття, філогенетичний аналіз, ризосфера, дерново-підзолистий ґрунт, поживний режим ґрунту, продуктивність.

## ANNOTATION

**Khomenko T. O. Regulation of biological activity of sod-podzolic soil and productivity of table potatoes under organic farming in Western Polissya.** Qualification research paper. Manuscript.

Thesis for the Doctor of Philosophy Degree in Specialty 201 “Agronomy” (20 “Agricultural Sciences and Food”). National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Kyiv, 2024.

This thesis presents the results of the research targeting the impact of a bio-destructor and bio-stimulants upon biological activity of sod-podzolic soil, metagenome and quantity of microorganisms of different physiological and taxonomic groups in the potato rhizosphere, agrochemical properties of soddy weak podzolic soil, and the growth and development of potatoes. Prior findings and preliminary analysis

testify to the relevance of the research focusing on improving organic technologies of potatoes' growing, assessing the impact of beneficial microorganisms'-based biological products on the reproduction of soil fertility, mobilization of phosphates from poorly soluble organic and inorganic compounds of phosphorus, synthesis of growth-stimulating substances, intensifying seed germination, increasing crop productivity and improving product quality.

The thesis highlights the bio-agents' growth-stimulating effect and capability of generating a considerable number of physiologically active substances. The use of diverse types of microbiological products in modern technologies improves product quality, increases productivity and resistance to phytopathogens, as well as contributes to the agrocenoses' recovery from the detrimental effects of pesticides. The reduction of phytopathogens by biological products is regarded as an ecologically friendly alternative to plant protection.

The work was carried in the span of 2021-2023 at the Professor M. K. Shykula Department of Soil Science and Soil Protection, Faculty of Agricultural Sciences, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv.

We studied the microbial complex of soddy weak podzolic soil in potato's rhizosphere and estimated qualitative and quantitative composition of the "Ecostern" biodestructor used in combination of the cover crops and foliar application of biostimulants. The common technology of growing potatoes of the Pioneer variety was used to determine the impact of the stubble destructor on the formation of microbial biome.

Analyzed soil samples were collected from the rhizosphere of the plants at the stage of germination, mass flowering and tuber formation of table potatoes. The number of microorganisms of the main physiological groups was determined by sowing soil suspensions on appropriate selective nutrient media. The obtained data were used for calculating the coefficients of mineralization-immobilization, oligotrophicity, and pedotrophicity which testified to a close correlation between the indicators of microorganisms' quantity, their functional activity and the direction of microbial processes in the soil in different phases of potato ontogeny.



The following findings were made. The use of biodestructor “Ecostern” (1.2 l/ha) and the introduction of white mustard cover crop as a potato predecessor (compared to the variant without its application) contributed to the growth of the index of ecophysiological biodiversity from the range of expected to high values, increased the number of pedotrophs by 72-181%, microorganisms consuming organic forms of nitrogen by 16-36%, soil nitrification capacity by 130-160 % and photosynthetic productivity ( $F_v/F_{max}$ ) by 29%. However, at the same time the biological activity index was reduced by 69.4 points, and the total number of bacteria in the germination phase was reduced by 30%, and the number of ammonifying microorganisms was reduced by 5.5-87% which may be explained by a decrease in the pathogenic microorganisms' activity.

The study of changes in the functional state and activity of the photosynthetic apparatus of potato plants was performed via the biophysical method of chlorophyll fluorescence induction (CFI); data were recorded with a portable device of Ukrainian manufacturer “Floratest” according to the generally accepted method.

A significant increase in the maximum value of chlorophyll fluorescence ( $F_{max}$ ) in potato leaves was registered after the use of the biodestructor. While the control value (without a biodestructor and biological products) was 1394.33 c.u., the introduction of biodestructor increased it up to 1786.67 c.u.

The highest level of  $F_v/F_{max} = 0,67$  c.u. of photosynthesis productivity was observed with the complex application of the biodestructor “Ecostern” + “Mycohelp” + “Fitohelp”, which is 29% higher than the value in the control version, without biostimulators and biodestructor.

The total number of bacteria and the quantity of microorganisms of the studied physiological groups varied during the growing season and depended on the weather conditions of the year and the use of biostimulants and biodestructors. The highest total number of bacteria in the rhizosphere of potatoes was registered at triple application of "Agat" 25 (100 ml/ha) and the use of "Mycohelp" (2.0 l/ha) and "Ecostern", resulting in the increase of bacteria's number by 7.3-25% compared to the control.

The following biostimulants had the greatest impact on the intensification of microorganisms involved in the carbon and nitrogen cycles: the number of pedotrophs - “Stimpo” (288%, the highest index), “Agat” without a biodestructor (+43%) and “Regoplant” with biodestructor (+44%); oligotrophic microorganisms – by combining “Mycohelp” with “Agat” and “Fitohelp” (13-71%).

We registered the following impact upon the microorganisms of the nitrogen cycle in sod-podzolic soil: namely “Agat” on the background of “Mycohelp” increased the number of ammonifiers (7-71%), *Azotobacter* by 82-105% without destructor and by 45% with the use of destructor; “Fitohelp” and “Stimpo” combined with “Mycohelp” increased the number of *Azotobacter* by 23-88%.

The use of “Ecostern”biodestructor at the rate of 1.2 l/ha on white mustard as a cover crop on soddy medium podzolic soil resulted into the increase in the availability of nutrients during the vegetation of potatoes. The said increase is supported by the value of the oligotrophicity coefficient below 1 (0.01-0.895) and the mineralization-immobilization coefficient's approaching 1 (balancing the processes of synthesis-destruction of organic matter).

Under organic farming, the course of biological processes in the soil ecosystem exceeded the control value. The achieved value is 0.6-2.6 CO<sub>2</sub> mg/kg of soil compared to intensive farming. However, both farming systems are significantly inferior in terms of respiration intensity to long-term fallow land, which is 6.5-11 times higher.

The use of molecular biological methods allows a more extensive study of microbial diversity. The molecular biological methods of Biotrex and sequencing were employed in studying the structure of the soil microbial metagenome and identifying the dominant eubacterial representatives.

We registered a larger diversity and trophically more complex structure of the phylotypic structure of soil prokaryotic complexes under the use of stubble destructor (compared to the variant without it) and singled out 7 main clusters, 10 subclusters, 59 species, which corresponded to five dominant genotypes belonging to the phylotypes *Proteobacteria*, *Acidobacteria*, *Actinobacteria*, *Firmicutes*. A significant part of which are prokaryotes that are not cultivated on selective nutrient media. The use of the

stubble destructor “Ecostern” results into forming a 37% wider molecular biological diversity of the prokaryotic metagenome compared to the control.

Under organic potato cultivation technology, treatment of the predecessor's remnants with the biodestructor "Ecostern" improved sod-podzolic soil's agrochemical and agrophysical properties. Compared to the variants without the biodestructor, the amount of mobile phosphorus increased by 10%, the amount of potassium increased by 9-11%, and acidity exchange decreased by 0.4-0.7 pH units. The number of soil aggregates of optimal size increased by 0.8%, the density of the solid phase decreased by 0.8%, and the density of the structure decreased by 1.5%, with a clear trend toward optimizing the soil's porosity and moisture capacity.

Comparison of organic and intensive farming systems, as well as fallow land, showed that the latter formed a more developed profile with a more powerful humus-eluvial horizon, the reaction of the soil environment became close to neutral, and the humus content and nutrient supply increased by 106%. The use of organic farming contributed to a 46% increase in mobile forms of potassium under intensive technology.

The use of the destructor “Ecostern” and the 4th variant (“Mycohelp” (2.0 l/ha) + “Fitohelp” (1.0 l/ha) (triple application) resulted into the highest average height of the stem of Pioneer variety potato (48 cm), the size of the assimilation surface (4063 cm<sup>2</sup>) and the weight of the bush (1763 g/bush).

The use of biological products led to a significant increase in the large fraction of potatoes by 20-159% compared to the control. In terms of factor A, the average potato yield on the background where “Ecostern” was used (1.2 l/ha) was 0.92 t/ha (i.e. 7.6%) higher, compared to the background where the biodestructor was not applied.

Biostimulants increased the total weight of the bush by 13-38% as well as the number of potatoes. The yield of potatoes in all variants of the experiment (on the background of the variant where no biodestructor was used) ranged from 12.33 to 12.64 t/ha (10.62 t/ha in the control), demonstrating the increase from 1.71 to 2.02 t/ha compared to the control. The highest productivity of 13.67 t/ha was provided by applying the biological product “Mycohelp” to the soil and triple foliar fertilization

with the biological product “Fitohelp”, the increase being 2.21 t/ha (variant where biodestructor was applied).

The use of “Ecostern” 1.2 l/ha on the variant “Mycohelp” + “Agat 25 K” allowed obtaining the highest dry matter index of 22.3%. The use of the “Ecostern” biodestructor resulted in the 2.07% increase in starch content. The combination of “Mycohelp” (2.0 l/ha), “Fitohelp” (triple foliar treatment at 1.0 l/ha) with the background treatment of cover crop's remnants with biodestructor "Ecostern" (1.2 l/ha) provided the highest level of profitability (48.8%, 32300 UAH / ha) which is 3.3 and 3.2 times more than in the control.

The practical application of the obtained results is the use of the growth biodestructor Ecostern, and the selection of biostimulants that increase the total number of bacteria, ecophysiological biodiversity and the number of physiological and taxonomic groups of microorganisms, increase productivity and improve the quality of potatoes of the Pioneer variety.

The practical significance of the obtained results is determined by the possibility of improving the organic technology of growing potatoes in terms of its microbiological component, as well as arriving at comprehensive conclusion regarding potato's production, its biological and ecological effectiveness. The research allows modeling sets of combinations of microbial products and agro-technical systems of crop cultivation.

**Key words:** stubble destructor, biostimulants, biological activity, biodiversity, phylogenetic analysis, rhizosphere, sod-podzolic soil, soil nutrient regime, productivity.

## **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

### **Статті в наукових фахових виданнях України**

1. Khomenko T., Tonkha O., Pikovska O., Achasov A. The influence of biological preparations on the microbiological activity of sod-podzolic soil for the cultivation of food potatoes. Plant and Soil Science. 2022. Vol. 13(1). P. 60–66. *(Здобувачкою особисто проведені дослідження щодо впливу біопрепаратів на*

*направленість мікробіологічних процесів в дерново-підзолистому ґрунті, проведено статистичну обробку результатів, взято участь в інтерпретації отриманих результатів, підготовці й оформленні публікації).*

2. Хоменко Т. О., Тонха О. Л., Пузняк О. М. Зміна фактору ємності фосфору і калію у дерново-підзолистому ґрунті за органічної технології вирощування картоплі. Таврійський науковий вісник. 2023. № 131. С. 238–246. URL: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.131.29>. *(Здобувачкою взято участь у пошуку літературних джерел, проведено агрохімічний аналіз ґрунту, статистичну обробку даних, взято участь в інтерпретації результатів, підготовці та оформленні матеріалів до публікації).*

3. Khomenko T., Tonkha O., Pikovska O. Humus and nitrogen content of sod-podzolic soil under the influence of biopreparations for potato cultivation. Plant and Soil Science. 2023. Vol. 14(1). P. 82–95. URL: <https://doi.org/10.31548/plant1.2023.82>. *(Здобувачкою взято участь у визначенні вмісту гумусу і сполук азоту за впливу біопрепаратів, особисто проведено статистичну обробку результатів, взято участь в інтерпретації отриманих результатів підготовці й оформленні публікації).*

4. Хоменко Т. О., Тонха О. Л., Пузняк О. М., Гаврилюк О. С. Оцінка комплексного впливу біопрепаратів на процес проходження індукції флуоресценції хлорофілу в листках картоплі за органічної технології вирощування. Наукові доповіді НУБіП України. 2023. Т. 6, № 106. URL: [http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi6\(106\).2023.006](http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi6(106).2023.006). *(Здобувачкою особисто проведено вимірювання та обробку результатів щодо впливу біопрепаратів на індукцію флуоресценції хлорофілу; проведено їх статистичну обробку, взято участь в інтерпретації отриманих результатів, підготовці й оформленні публікації).*

5. Хоменко Т. О., Тонха О. Л. Оцінка біологічної активності дерново-підзолистого ґрунту за застосування органічних технологій вирощування картоплі. Наукові доповіді НУБіП України. 2024. Т. 6, № 106. URL: [https://doi.org/10.31548/dopovidi6\(106\).2023.006](https://doi.org/10.31548/dopovidi6(106).2023.006). *(Здобувачкою особисто*

*проведено дослідження щодо впливу біопрепаратів на мікробіом, мікробіологічну активність ґрунтів, статистичну обробку результатів, взято участь в інтерпретації отриманих результатів, підготовці й оформленні публікації).*

### **Методичні рекомендації**

6. Пузняк О. М., Дуць І. З., Гонта Н. А., Кицун Г. В., Ігнатійчук Т. С., Кузьмич Г. М., Хоменко Т. О., Свищевський П. С., Микулець С. Я. Наукові основи формування збалансованих агрофітоценозів та підвищення екологічно безпечних та високопродуктивних систем органічного землеробства за вирощування картоплі у зоні Західного Полісся: методичні рекомендації. Луцьк, 2023. 82 с. *(Здобувачкою особисто проведено дослідження щодо впливу біопрепаратів на розвиток патогенів, хвороб картоплі за органічного землеробства, проведено статистичну обробку результатів, взято участь в інтерпретації отриманих результатів, підготовці й оформленні публікації).*

### **Тези наукових доповідей**

7. Хоменко Т. О., Куц О. В., Мельник О. В., Білівець І. І. Ефективність мікробного препарату мікофренд за вирощування картоплі в Лісостепу України. Теоретичні і практичні аспекти розвитку галузі овочівництва в сучасних умовах: III Міжнародна науково-практична конференція, с. Селекційне Харківської обл., 23 липня 2020 року: тези доповіді. Харків, 2020. С. 98. *(Здобувачкою було проведено дослідження за темою публікації, отримано результати досліджень; взято участь у підготовці презентації та особисто здійснено усну доповідь на очній сесії конференції).*

8. Хоменко Т. О. Фактор ємності фосфорного фонду дерново-підзолистого ґрунту за внесення біопрепаратів в органічній сівозміні. Шляхи інноваційного розвитку агровиробництва в Україні: всеукраїнська науково-практична конференція, м. Рівне, 15 червня 2022 року: тези доповіді. Рівне, 2022. С. 14. *(Здобувачкою було проведено дослідження за темою публікації, визначено показники фосфорного режиму, узагальнено результати досліджень; взято*

*участь у підготовці презентації та особисто здійснено усну доповідь на очній сесії конференції).*

9. Хоменко Т. О., Пузняк О. М. Вплив біопрепаратів на урожайність картоплі за органічної технології вирощування в умовах Західного Полісся. Поєднання науки, освіти, практичного виробництва і справедливого продажу якісної органічної продукції: XIII Міжнародна науково-практична конференція, м. Вінниця, 23 червня 2022 року: тези доповіді. Вінниця, 2022. С. 156. *(Здобувачкою було проведено облік врожайності картоплі під впливом біопрепаратів на закладеному нею аспірантському досліді, взято участь у підготовці й оформленні матеріалів публікації та презентації; особисто здійснено усну доповідь на очній сесії конференції).*

10. Хоменко Т. О., Тонха О. Л., Пузняк М. О. Вплив біопрепаратів на підвищення родючості дерново-підзолистого ґрунту в умовах Західного Полісся. Сучасний стан ґрунтового покриву України в умовах збройної агресії російської федерації: Міжнародна науково-практична конференція, м. Харків, 20 жовтня 2022 року : тези доповіді. Харків: ННЦ «ІГА імені О. Н. Соколовського», 2022. С. 161. URL: <http://www.issar.com.ua/uk/vydannya> *(Здобувачкою було проведено аналіз впливу біопрепаратів на вміст гумусу у дерново-підзолистому ґрунті, взято участь у підготовці й оформленні матеріалів публікації та презентації; особисто здійснено усну доповідь на онлайн сесії конференції).*

11. Корсун С. Г., Хоменко Т. О., Літвінова О. А. Мікробіологічний ресурс оптимізування стану ґрунту в агроценозах. Сучасний стан ґрунтового покриву України в умовах збройної агресії російської федерації: Міжнародна науково-практична конференція, м. Харків, 20 жовтня 2022 року : тези доповіді. Харків: ННЦ «ІГА імені О. Н. Соколовського», 2022. С. 82. URL: <http://www.issar.com.ua/uk/vydannya>. *(Здобувачкою було проведено аналіз впливу біопрепаратів на показники родючості ґрунту і ґрунтову біоту, взято участь у підготовці й оформленні матеріалів публікації та презентації; особисто здійснено усну доповідь на онлайн сесії конференції).*

12. Хоменко Т., Тонха О., Пузняк О. Вплив біопрепаратів на агрофізичні властивості дерново-підзолистого ґрунту в органічній сівозміні. Науково-технічні засади розроблення, випробування та прогнозування сільськогосподарської техніки і технологій: XXIII Міжнародна наукова конференція, присвячена 75-річчю від дня заснування УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого, смт Дослідницьке, Київська обл., 22 вересня 2023 року: тези доповіді. Київ, 2023. С. 178. *(Здобувачкою було визначено агрофізичні властивості дерново-підзолистого ґрунту під впливом біопрепаратів, здійснено інтерпретацію результатів досліджень, проведено підготовку й оформлення публікації; взято участь у підготовці презентації та особисто здійснено усну доповідь на очній сесії конференції).*

13. Хоменко Т. О. Динаміка показників рухомого калію в дерново-підзолистому ґрунті під впливом біопрепаратів за органічної технології вирощування картоплі. Вклад наукових інвестицій у розвиток агропромислового комплексу в умовах обмеженого ресурсного забезпечення та флуктуацій клімату: міжнародна науково-практична інтернет-конференція молодих учених і спеціалістів, м. Дніпро, 16–17 березня 2023 року: тези доповіді. Дніпро, 2023. С. 250. *(Здобувачкою було проведено агрохімічний аналіз ґрунту, визначено показники фосфорного режиму, проведено підготовку й оформлення результатів досліджень; взято участь у підготовці презентації та особисто здійснено усну доповідь на очній сесії конференції).*

14. Хоменко Т. О. Якісні показники бульб картоплі за органічної технології вирощування в умовах Західного Полісся. Поєднання науки, освіти, практичного виробництва і справедливого продажу якісної органічної продукції: XIV Міжнародна науково-практична конференція, м. Вінниця, 1 червня 2023 року: тези доповіді. Вінниця, 2023. С. 49. *(Здобувачкою було проведено визначення якісних показників картоплі під впливом біопрепаратів; взято участь у підготовці й оформленні матеріалів публікації взято участь у підготовці презентації та особисто здійснено усну доповідь на очній сесії конференції).*



15. Хоменко Т. О. Оцінка впливу біодеструктора на біологічне різноманіття ґрунту в умовах Західного Полісся. Інноваційні екологобезпечні технології рослинництва в умовах воєнного стану: II Всеукраїнська науково-практична конференція, м. Київ, 31 серпня 2023 року: тези доповіді. Київ, 2023. С. 178. *(Здобувачкою було проведено дослідження за темою публікації, визначено біологічне різноманіття, узагальнено результати досліджень; взято участь у підготовці презентації та особисто здійснено усну доповідь на очній сесії конференції).*

16. Хоменко Т. О. Контроль біологічних показників в контексті оцінки екологічної стійкості дерново-підзолистого ґрунту. Моніторинг ґрунтів: пріоритети досліджень для сприяння відновленню України: міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 04 грудня 2023 року: тези доповіді. Київ, 2023. С. 40. *(Здобувачкою було визначено нітрифікаційну здатність ґрунту, інтенсивність респірації та його екологічну стійкість, проведено підготовку й оформлення результатів досліджень; взято участь у підготовці презентації та особисто здійснено усну доповідь на очній сесії конференції).*

## ЗМІСТ

<b>ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ОДИНИЦЬ ВИМІРЮВАННЯ, СКОРОЧЕНЬ</b> .....	21
<b>ВСТУП</b> .....	22
<b>РОЗДІЛ 1. БІОЛОГІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ҐРУНТІВ І ПРОДУКТИВНІСТЬ КАРТОПЛІ ЗА ВПЛИВУ БІОПРЕПАРАТІВ</b> .....	31
1.1. Зміни біологічного потенціалу ґрунтів як основи ґрунтової родючості за дії біопрепаратів .....	31
1.2. Вплив застосування біологічних препаратів на родючість ґрунту та оптимізацію його мікробного ценозу.....	37
1.3. Застосування біопрепаратів в органічних технологіях вирощування картоплі .....	46
Висновки до розділу 1 .....	50
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 1</b> .....	52
<b>РОЗДІЛ 2. УМОВИ, ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ</b> .....	70
2.1. Ґрунтово-кліматичні умови зони проведення досліджень .....	70
2.2. Програма і методика досліджень.....	72
2.3. Агрометеорологічні умови проведення досліджень .....	84
Висновки до розділу 2 .....	88
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 2.</b> .....	89
<b>РОЗДІЛ 3. ФУНКЦІОНУВАННЯ МІКРОБНОГО КОМПЛЕКСУ ҐРУНТУ ТА БІОЛОГІЧНА АКТИВНІСТЬ ЯК ІНТЕГРУЮЧИЙ ПОКАЗНИК РОДЮЧОСТІ ДЕРНОВО-ПІДЗОЛИСТОГО ҐРУНТУ</b> .....	93
3.1. Динаміка чисельності бактерій у ризосфері картоплі протягом вегетаційного періоду за впливу біостимуляторів росту рослин.....	93
3.2. Мікроорганізми, які беруть участь у трансформації сполук вуглецю .....	97
3.3. Мікроорганізми, які беруть участь у трансформації сполук нітрогену .....	102

3.4. Динаміка чисельності грибів у ризосфері картоплі за застосування біопрепаратів .....	114
3.5. Спрямованість мікробіологічних процесів у дерново-підзолистому ґрунті під впливом біопрепаратів .....	122
3.6. Біологічна активність ґрунту за впливу біопрепаратів .....	137
Висновки до розділу 3 .....	142
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 3 .....</b>	<b>145</b>
<b>РОЗДІЛ 4. ОЦІНКА ПОЖИВНОГО РЕЖИМУ ДЕРНОВО-ПІДЗОЛИСТИХ ҐРУНТІВ ЗА ВНЕСЕННЯ БІОПРЕПАРАТІВ .....</b>	<b>159</b>
4.1. Оцінка вмісту гумусу за застосування біопрепаратів .....	159
4.2. Зміна агрофізичних показників дерново-підзолистого ґрунту під впливом біопрепаратів .....	172
Висновки до розділу 4.....	175
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 4 .....</b>	<b>176</b>
<b>РОЗДІЛ 5. ОЦІНКА ВПЛИВУ ОРГАНІЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ НА ҐРУНТИ І ПРОДУКТИВНІСТЬ КАРТОПЛІ .....</b>	<b>179</b>
5.1. Морфолого-генетична оцінка ґрунтів за різних технологій вирощування.....	180
5.2. Оцінка біологічної активності дерново-підзолистого ґрунту за застосування органічних технологій вирощування картоплі .....	187
5.3. Оцінка молекулярно-біологічного різноманіття дерново-підзолистого ґрунту.....	194
Висновки до розділу 5 .....	198
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 5 .....</b>	<b>200</b>
<b>РОЗДІЛ 6. ВПЛИВ БІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ НА РІСТ, РОЗВИТОК ТА УРОЖАЙНІСТЬ КАРТОПЛІ .....</b>	<b>206</b>
6.1. Вплив біопрепаратів на фітопатологічний стан рослин картоплі.....	206
6.2. Вплив біопрепаратів на формування біометричних показників і динаміку розвитку фотосинтетичного апарату картоплі.....	211
6.3. Вплив біопрепаратів на процес проходження індукції флуоресценції хлорофілу в листках картоплі .....	215

6.4. Вплив біопрепаратів на динаміку наростання врожаю та його структуру.....	220
6.5. Врожай та якісні показники картоплі залежно від застосованих біопрепаратів .....	228
6.6. Економічна ефективність вирощування органічної продукції за різного застосування біопрепаратів.....	235
Висновки до розділу 6 .....	240
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 6 .....</b>	<b>243</b>
<b>ВИСНОВКИ .....</b>	<b>249</b>
<b>ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ .....</b>	<b>253</b>
<b>ДОДАТКИ.....</b>	<b>254</b>

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ,  
ОДИНИЦЬ ВИМІРЮВАННЯ, СКОРОЧЕНЬ**

*B. subtilis* – *Bacillus subtilis*.

ДП – дерново-підзолистий ґрунт.

ЖМБ – жива мікробна біомаса.

ІФХ – індукція флуоресценції хлорофілу

КБМ – коефіцієнт багатства мікробіоти.

Контроль – варіант дослідіу без біостимуляторів.

$C_{\text{орг}}$  – карбон органічний.

КУО – колонієутворююча одиниця.

$\text{КУО}/\text{см}^3$  – колонієутворюючих одиниць у розрахунку на сантиметр кубічний.

$R_{\text{к}}$  – рівень рентабельності виробництва для контролю, %.

$R_{\text{п}}$  – рівень рентабельності виробництва для варіанта з найвищою економічною ефективністю, %.

$\text{См}^3$  – сантиметр кубічний.

$Y_{\text{к}}$  – урожайність картоплі для контролю, т/га.

$Y_{\text{п}}$  – урожайність картоплі для варіанта з найвищою економічною ефективністю.

## ВСТУП

**Обґрунтування вибору теми дослідження.** Сучасні практики вирощування сільськогосподарських культур орієнтовані на органічні, стійкі або екологічно чисті системи, які мають на меті скорочення витрат без зниження врожайності та якості. Актуальні сьогодні інтенсивні технології вирощування сільськогосподарських культур забезпечують населення продуктами харчування, але не є екологічно безпечними і призвели до значної деградації ґрунтів, порушення екологічної рівноваги агроєкосистеми, погіршення якості та забруднення сільськогосподарської продукції. Зростання інтенсивності антропогенного впливу на навколишнє середовище негативно позначається на здоров'ї людей і спонукає їх більш уважно ставитись до вибору продуктів харчування, враховуючи дані про їхній склад та калорійність, наявність у них харчових добавок і генетично модифікованих організмів.

Тому сьогодні стрімко розвиваються технології органічного виробництва сільськогосподарської продукції на основі відмови від використання пестицидів і агрохімікатів або їх обмеження. Ємність світового ринку екологічно безпечної продукції перевищила 30 млрд доларів США, зокрема, в країнах ЄС – 17 млрд доларів США, та має тенденцію до збільшення. Освоєння технологій органічного виробництва в Україні перебуває на початковій стадії, хоча можливостей для їх застосування є дуже багато.

Такі цілі можуть бути досягнуті за допомогою застосування біопрепаратів. Ідентифікація органічних молекул, здатних активувати метаболізм рослин, може дозволити покращити продуктивність рослин за короткий проміжок часу та з нижчими витратами. До широкого спектра біопрепаратів належать біостимулятори, серед яких мікробні, амінокислотні, екстракти морських водоростей, гумати і фульвові кислоти, фітогормони та ін. Ці продукти зазвичай здатні підвищити ефективність використання поживних речовин рослиною та її стійкість до біотичних і абіотичних стресів.

Пріоритетним зараз є вирощування картоплі на основі органічного землеробства, тобто за повної відмови від застосування мінеральних добрив, пестицидів. Розвиток біотехнологій для сільськогосподарського виробництва дав змогу зовсім по-іншому оцінити методи, які використовуються для захисту та живлення рослин. Відомо, що головним принципом органічного землеробства є застосування матеріалів і технологій, які базуються на широкому використанні внутрішніх резервів ґрунту, забезпечують екологічну рівновагу та сприяють створенню стійких і збалансованих агроєкосистем.

Вивченню біологізації землеробства в нашій країні присвятили значну кількість наукових праць такі вчені: М. В. Патики, Ю. О. Тараріко, В. В. Гамаюнова, Г. О. Іутинська, О. С. Дем'янюк, О. Ф. Смаглій, І. А. Шувар, Ю. П. Манько, В. В. Волкогон, П. В. Писаренко, О. Л. Тонха, Л. В. Центило та ін. Нові технології вимагають агроєкологічного та біоенергетичного обґрунтування рекомендованих до впровадження елементів біологізації сільськогосподарського виробництва, що пов'язано з оцінкою їх впливу на біологічну активність ґрунту, розвиток фітопатогенів і урожайність культур [68, 71, 72, 74, 90, 92].

У сучасних умовах на ринку України є багато біологічних препаратів та різні способи сидерації в сівозмінах, проте залишаються недосконало вивченими механізми відтворення мікробного біорізноманіття в ґрунтах за органічних технологій вирощування сільськогосподарських культур.

Отже, пошук шляхів формування високопродуктивних рослинно-ризобіальних систем, які б забезпечили значне зростання продуктивності завдяки обґрунтуванню особливостей росту та розвитку рослин, поєднанню дії сидерального добрива, азотофіксуючої, мобілізуючої фосфор і калій активності, фотосинтетичної і чистої продуктивності культур, розробці та впровадженню адаптивних, біологічних і сортових технологій їх вирощування в умовах західного Полісся України є досить актуальним, необхідним для сільськогосподарського виробництва, має практичне і теоретичне значення та заслуговує на увагу.

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

Дисертацію виконано на кафедрі ґрунтознавства та охорони ґрунтів імені М. К. Шикучи агробіологічного факультету Національного університету біоресурсів і природокористування України відповідно до науково-дослідної тематики Міністерства освіти і науки України за № 110/101-Ф. Дослідження за темою дисертації проводилися впродовж 2021–2023 рр. і є складовою частиною ПНД 21 «Створення сортів картоплі різного напрямку використання» Волинської державної сільськогосподарської дослідної станції Інституту сільського господарства Західного Полісся НААН та Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН «Розроблення науково-методичних основ формування збалансованих агрофітоценозів картоплі за органічного виробництва у зоні Західного Полісся» (номер державної реєстрації 0121U107759, 2019–2023 рр.), № 110/11–пр–2023 «Управління біологічною активністю і органічною речовиною для підвищення продуктивності чорноземів Лісостепу України за зміни клімату» (номер державної реєстрації 0123U102166, 2023–2025 рр.), ECOTWINS (Research Capacity Building and Upskilling and Upgrading the Research Team in NUBiP (Ukraine) on Agroecological Intensification for Crop Production), який фінансується Horizon Europe Framework Programme (HORIZON) under the grant agreement № 101079308.

**Мета і завдання дослідження.** Метою досліджень було вирішення проблеми відновлення родючості дерново-підзолистого ґрунту і підвищення продуктивності та якості картоплі (сорт Партнер) за використання біодеструктора стерні та біостимуляторів в органічній системі землеробства на основі вивчення особливостей формування фізіологічних і таксономічних груп мікроорганізмів, аналізу якісного складу, структури та різноманіття мікробного комплексу дерново-підзолистого ґрунту в агрофітоценозі.

Для досягнення зазначеної мети були поставлені такі завдання:

– оцінити чисельність мікроорганізмів основних таксономічних і фізіологічних груп, у ризосфері картоплі в основні фази росту та розвитку



культури за використання біодеструктора і біостимуляторів на дерново-підзолистому ґрунті;

- дослідити вплив різних біопрепаратів на поширення патогенів та спрямованість мікробних процесів у ризосфері картоплі, біологічну активність;
- оцінити метагеном прокаріотного комплексу дерново-підзолистого ґрунту за використання біодеструктора стерні;
- провести морфолого-генетичний аналіз, визначити основні агрохімічні, фізичні показники дерново-підзолистого ґрунту за органічної системи землеробства при вирощуванні картоплі та на перелозі;
- оцінити вплив біопрепаратів на формування біометричних показників, динаміку розвитку фотосинтетичного апарату;
- визначити ефективність впливу біопрепаратів на врожайність, його структуру та якісні показники картоплі столової;
- оцінити економічну ефективність вирощування органічної продукції за різного застосування біопрепаратів.

*Об'єкт дослідження* – процес формування структури і різноманіття мікробного комплексу дерново-підзолистого ґрунту, його родючості та продуктивності картоплі за внесення біологічних препаратів в органічній технології.

*Предмет дослідження* – мікробіологічні, агрохімічні, фізико-хімічні показники ґрунту та продуктивність картоплі за використання біологічних препаратів.

**Методи дослідження.** Для вирішення завдань, поставлених у дисертаційному дослідженні, використовували такі методи дослідження: *польовий стаціонарний дослід* з відбором зразків ґрунту з ризосфери картоплі в різні фази росту та за різних біостимуляторів; *польовий метод* – для спостереження за ростом і розвитком рослин та формуванням їх урожайності; *фенологічний моніторинг і біометричні дослідження* за ростом та розвитком картоплі; *агрофізичні* (визначення агрофізичних показників стану ґрунту), *агрохімічні* (визначення основних фізико-хімічних і агрохімічних показників

грунту); *морфологічні* (вивчення структури, розмірів та форми виділених мікроорганізмів, таксономічний аналіз); *мікробіологічні* (визначення чисельності основних фізіологічних груп і структури та якісного складу мікробного комплексу, спрямованості та функціонального значення мікробних процесів, аналіз антагоністичної активності виділених ізолятів); *молекулярно-біологічні* (визначення метагеномного складу та філотипової структури прокариот мікробного комплексу); *екологічні* (порівняльна характеристика індексів біорізноманіття та домінування мікробіоти); *порівняльно-розрахункові* (оцінка продуктивності картоплі й економічної ефективності вирощування) та *статистичні* (математична і статистична обробка експериментальних даних).

**Наукова новизна отриманих результатів.** На основі дослідження впливу деструктора стерні та біостимуляторів росту на чисельність мікроорганізмів, біологічну активність, спрямованість мікробних процесів за вирощування органічної картоплі сорту Партнер отримано такі основні результати, які відзначаються науковою новизною:

*вперше:*

– встановлено, застосування деструктора стерні «Екостерн» порівняно з контролем сприяло формуванню вищого рівня (на 37 %) мікробного біорізноманіття і трофічно складнішої будови філотипової структури ґрунтового мікробного прокариотного комплексу, який складався з 7 основних кластерів, 10 підкластерів, 59 видів, що відповідали 5 домінантним генотипам, які належать до представників філотипів *Proteobacteria*, *Acidobacteria*, *Actinobacteria*, *Firmicutes*, значну частину з яких становлять некультивовані види ґрунтових бактерій;

– підтверджено позитивний вплив на підвищення індексу екофізіологічного біорізноманіття у діапазоні від очікуваного до високого за використання біодеструктора «Екостерн», що має позитивний вплив на родючість ґрунту;

– доведено позитивний вплив біостимуляторів росту рослин на зростання чисельності мікроорганізмів, які беруть участь у циклі карбону: педотрофів – «Стимпо» (+288 % до контролю), «Агат» без біодеструктора (+43 %) і

«Регоплант» з біодеструктором (+44 %), оліготрофів – «Мікохелп» з «Агатом» і «Фітохелпом» без біодеструктора (+13–71 %);

– підтверджено зростання активності мікроорганізмів циклу нітрогену у ризосфері картоплі за використання біостимулятора «Агат» на фоні препарату «Мікохелп», яка відображалася у збільшенні (на 7–71 % порівняно з контролем) чисельності амоніфікаторів та бактерій роду *Azotobacter* (на 82–105 % без деструктора і 45 % за використання деструктора). За використання препаратів «Фітохелп» і «Стимпо» на фоні «Мікохелп» збільшувалась чисельність бактерій роду *Azotobacter* на 23–88 %.

– виявлено позитивний вплив біодеструктора «Екостерн» на спрямованість мікробних процесів у ризосфері картоплі, про що свідчить наближення показників коефіцієнта мінералізації-імобілізації до 1 (зрівноважені процеси синтезу-деструкції), тоді як без застосування біодеструктора відбувалось зростання напруженості мінералізаційних процесів у ґрунті (показники Км.-і. збільшувались у 0,8–1,6 раза).

*удосконалено:*

– фундаментальні засади технології вирощування картоплі органічної та підвищення продуктивності картоплі сорту Партнер і її якості за використання біопрепаратів;

**Практичне значення отриманих результатів.** Отримані дані про управління мікробною трансформацією сполук карбону й нітрогену, формування кількісної і якісної структури мікробного комплексу та спрямованості мікробних процесів у дерново-підзолистому ґрунті за впливу біопрепаратів мають практичне значення для аграрного виробництва, яке полягає в корегуванні агроприйомів за органічної системи землеробства.

Найвищу продуктивність (13,67 т/га) картоплі столової сорту Партнер за органічної технології вирощування в Західному Поліссі України отримано завдяки поєднанню внесення біодеструктора «Екостерн» в нормі 1,2 л/га при зароблянні попередника (сидерату гірчиці білої), застосування у передпосівну культивуацію біопрепарату «Мікохелп» (2 л/га) та триразове фоліарне внесення

впродовж вегетації рослин препарату «Фітохелп» (1 л/га). Збір крохмалю був на рівні 2,7 т/га, сухої речовини – 2,9 т/га, умовно чистий дохід склав 32,3 тис. грн/га, а рівень рентабельності – 48,8 % що втричі перевищувало контроль без біопрепаратів.

Доведено економічну доцільність застосування «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» щодо зниження собівартості вирощування картоплі та підвищення її рентабельності на 14 % в умовах ТОВ «Біотех ЛТД» (Київська область) на площі 130 га.

За результатами проведених досліджень розроблено методичні рекомендації щодо удосконалення екологічно безпечних і високопродуктивних систем органічного землеробства за вирощування картоплі в зоні Західного Полісся, які у квітні 2023 р. впроваджено в навчальний процес у НУБіП України.

**Особистий внесок здобувача.** Дисертація є самостійною роботою здобувача, в якій здійснено інформаційний пошук і аналіз літературних джерел за обраною темою, визначено мету та завдання дослідження, розроблено програму досліджень, проведено підбір методик і виконано відповідні лабораторні та польові дослідження, здійснено аналіз результатів, їх статистичну обробку, узагальнення, формулювання основних положень і висновків, підготовлено матеріали до публікації.

Автор висловлює особливу подяку науковому керівнику доктору сільськогосподарських наук, професору Оксані Леонідівні Тонсі за участь у виборі теми дисертаційного дослідження, розробці програми досліджень і схем експериментів, участь у підготовці публікацій.

За допомогу у проведенні досліджень та надання мікробних препаратів автор висловлює щирі подяки заступнику директора з наукової роботи Волинської державної сільськогосподарської дослідної станції Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН к. б. н. О. М. Пузняк, генеральному директору ТОВ «ТД «БТУ-ЦЕНТР» к. с.-г. н. В. В. Болоховському; директору з перспективи та розвитку біотехнологічної компанії ПП «БТУ-ЦЕНТР» к. т. н. В. А. Болоховській.

**Апробація матеріалів дисертації.** Результати досліджень за темою дисертації були представлені на міжнародних і всеукраїнських науково-практичних конференціях та з'їздах: III Міжнародній науково-практичній конференції «Теоретичні і практичні аспекти розвитку галузі овочівництва в сучасних умовах» (с. Селекційне Харківської обл., 2020 р.); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Шляхи інноваційного розвитку агровиробництва в Україні» (м. Рівне, 2022 р.); XIII Міжнародній науково-практичній конференції «Поєднання науки, освіти, практичного виробництва і справедливого продажу якісної органічної продукції» (м. Вінниця, 2022 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасний стан ґрунтового покриву України в умовах збройної агресії російської федерації» (м. Харків, 2022 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасний стан ґрунтового покриву України в умовах збройної агресії російської федерації» (м. Харків, 2022 р.); XXIII Міжнародній науковій конференції, присвяченій 75-річчю від дня заснування УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого «Науково-технічні засади розроблення, випробування та прогнозування сільськогосподарської техніки і технологій» (сміт Дослідницьке Київської обл., 2023 р.); Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції молодих учених і спеціалістів «Вклад наукових інвестицій у розвиток агропромислового комплексу в умовах обмеженого ресурсного забезпечення та флуктуацій клімату» (м. Дніпро, 2023 р.); XIV Міжнародній науково-практичній конференції «Поєднання науки, освіти, практичного виробництва і справедливого продажу якісної органічної продукції» (м. Вінниця, 2023 р.); II Всеукраїнській науково-практичній конференції «Інноваційні екологічнобезпечні технології рослинництва в умовах воєнного стану» (м. Київ, 2023 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Моніторинг ґрунтів: пріоритети досліджень для сприяння відновленню України» (м. Київ, 2023 р.) та на звітних сесіях агробіологічного факультету НУБіП України.

**Публікації.** За результатами досліджень опубліковано 16 наукових праць, з яких 5 статей у наукових фахових виданнях України, науково-методичні рекомендації, 10 тез наукових доповідей.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертація викладена на 271 сторінці друкованого тексту і складається з анотацій, переліку умовних позначень, одиниць вимірювання, скорочень, вступу, 6 розділів, висновків, практичних рекомендацій та списків використаних джерел до розділів і додатків. Робота ілюстрована 49 таблицями, 31 рисунком і містить 12 додатків. Список використаних джерел загалом налічує 431 джерело, з яких 315 англійською мовою (82 %), та за останні 10 років – 271 джерело (70 %).

**РОЗДІЛ 1****БІОЛОГІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ҐРУНТІВ****І ПРОДУКТИВНІСТЬ КАРТОПЛІ ЗА ВПЛИВУ БІОПРЕПАРАТІВ****1.1. Зміни біологічного потенціалу ґрунтів як основи ґрунтової родючості за дії біопрепаратів**

Ґрунт як середовище проживання та продукт життєдіяльності мікроорганізмів являє собою складну систему, що включає фізіологічно і таксономічно різноманітні види, які забезпечують біологічний кругообіг речовин, процеси формування ґрунтів та їх стійкість до природних і антропогенних чинників [93]. Зі зміною типу рослинності і вирощуванням продуктивніших видів сільськогосподарських культур у рослин виникає додаткова потреба в поживних речовинах, тобто вони є високочутливими індикаторами, що відображається на показниках біологічної активності ґрунту, зокрема ферментативній активності й інтенсивності виділення вуглекислого газу з поверхні ґрунту [97]. Унаслідок цього в ґрунтах посилюються кислотний гідроліз мінералів, деструкція органічної речовини і рослинних решток ґрунтовою біотою. До того ж для біому ґрунту основними енергопластичними субстратами є лабільна частина гумусу, прижиттєві кореневі виділення і мортмаса коріння. Усі ці фактори, а також зміни ряду фізико-хімічних параметрів (водного режиму, газового й хімічного складу, кислотності та ін.) призводять до перебудови мікробного комплексу, його структури і видового складу мікроорганізмів. Водночас набувають поширення одні види й витісняються інші, відбуваються домінування та порушення аеробно-анаеробної рівноваги мікробценозів, що призводить до зміни спрямованості ґрунтових процесів завдяки специфіці функціонування різних еколого-трофічних груп [98].

Волкогон В. В. у своїх дослідженнях [72] довів, що в окультурених ґрунтах змінюється функціональна структура мікробного ценозу в бік педотрофності, що пов'язано із втратою ними органічної речовини.

Мікроорганізми дуже чутливі до зміни умов ґрунтового середовища, а будь-які порушення діяльності мікрофлори призводять до зміни ґрунтоутворюючих процесів і перебудови в мікробному ценозі, порушення його функціональної діяльності або загибелі певних груп мікроорганізмів [6, 9–11].

За тривалого систематичного внесення мінеральних добрив вміст органічного карбону у феоземах чорних знижувався на 8–21 %, у ретизолях – на 6–38 %. Встановлено достовірну різницю у 2,1–8,0 разів за чисельністю аеробних целюлозоруйнівних мікроорганізмів та в 1,3–3,3 раза за потенційною целюлозолітною активністю досліджуваних ґрунтів [39].

Зменшення біологічної активності ґрунту та загального здоров'я ґрунту через надмірне використання неорганічних добрив призвело до підвищення інтересу серед світової фермерської спільноти до застосування інструментів сталого землеробства – біостимуляторів – для сприяння довгостроковій продуктивності сільськогосподарських культур, одночасно зберігаючи та покращуючи стан ґрунту. Біостимулятори – це речовини біологічного походження, які при нанесенні на рослини чи ґрунт покращують ріст рослин і підвищують стійкість до стресу та поділяються на категорії залежно від того, чи містять вони амінокислоти, хітозан, екстракт морських водоростей, гумінові речовини й інші потенційно біологічно активні сполуки [11]. Позитивний вплив біостимуляторів на біологічний стан ґрунту за допомогою біохімічних і фізіологічних процесів підтверджено дослідженнями Abbott та ін. (2018); Calvo та ін. (2014); Sible та ін. (2021) [2, 5, 36].

У роботі Sible та ін. (2021) показано, що біостимулятори мають потенціал для покращення здоров'я ґрунту і з часом це призводить до підвищення врожайності. Активізація біологічної активності ґрунту підвищує секвестрації карбону. Однак тривале додавання С може змінити співвідношення С:N у ґрунтах, що може призвести до зменшення мінерального (активного) N і, отже, до зниження продуктивності врожаю. Це вимагає довготривалих досліджень впливу біостимуляторів на кругообіг поживних речовин у ґрунті, здоров'я ґрунту та ґрунтовий С. Хоча це здається ідеальним рішенням, однак повне усвідомлення



та розуміння цінності використання біостимуляторів займе роки й потребуватиме різноманітних підходів до оптимізації агротехнічного менеджменту для довгострокового підвищення здоров'я ґрунту і врожайності [36].

Abbott та ін. (2018) вважають, що біостимулятори, які містять гумусові речовини, впливають на хелатоутворення, кругообіг поживних речовин і зменшення розвитку хвороб, водночас біостимулятори на основі морських водоростей також відіграють важливу роль у хелатоутворенні та безпосередньо забезпечують поживними речовинами рослини й мікроорганізми для їхнього росту, завдяки чому стан ґрунту покращується. Використання стимуляторів окремо може бути більш ефективним, ніж їх комбінації, та мати потенційний кумулятивний ефект, який не враховується при використанні протягом коротших часових проміжків. Такі відмінності в ефективності відбуватимуться насамперед там, де переваги включають мікробну взаємодію з хімічними та фізичними процесами в ґрунті, внаслідок чого відбуваються повільні перетворення в ґрунтовій матриці, що впливає на родючість і здоров'я ґрунту. Подібним чином додавання гною та компосту може потребувати кількох років для будь-якого кількісно визначеного збільшення органічного С у ґрунті. Тому необхідна інформація, яка дає змогу фермерам розрізняти продукти з різним рівнем ефективності [2].

Застосування біостимуляторів вважається перспективним підходом до збільшення глобального сільськогосподарського виробництва за мінімізації впливу на навколишнє середовище [15–17].

Дослідженнями Nanda et al. (2022) доведено перспективність використання морських водоростей для покращення здоров'я та родючості ґрунту. Крім того, проілюстровано роль біостимуляторів в інтенсифікації росту рослин, пом'якшенні абіотичних і біотичних стресів рослин та покращенні якості ґрунту, а також окреслено основний механізм і економічне значення [36].

В узагальненій статті Calvo та ін. (2014) представлено огляд щодо впливу різних категорій біостимуляторів на підвищення продуктивності

сільськогосподарських культур і пом'якшення абіотичних стресів, як посуха та засолення ґрунту. У подальших дослідженнях біостимуляторів відмічено про поєднання деяких комбінацій мікробних інокулянтів з екстрактами морських водоростей або гуміновими речовинами, що можуть підвищувати продуктивність культур. Адже, світовий ринок біостимуляторів значно виріс за останні роки з прогнозованою вартістю у 2025 році на рівні понад 4 мільярди доларів США [5].

Біостимулятори можна застосовувати через позакореневе або ґрунтове внесення або покриття насіння. Позакореневе обприскування та покриття насіння безпосередньо впливають на ріст рослин, а зволоження ґрунту може мати як прямий, так і непрямий вплив на ріст рослин через вплив на біологічні спільноти ґрунту. Показано, що покриття насіння покращує схожість, ріст розсади та енергійність для багатьох культур, а також впливає на функціонування еколого-трофічних груп мікроорганізмів [21].

Встановлено, що несприятливі погодні умови, як-от посуха чи перезволоження, є вирішальними чинниками змінення міцності трофічних зв'язків мікроміцетів із іншими компонентами мікробіоценозу. Гідротермічні умови є ключовим чинником в агроценозах ґрунту для формування безпосередніх взаємозв'язків між внесенням мінеральних добрив і мікроорганізмами, здатними до розкладання гуматів та целюлози. Комбінація факторів «погодні умови» і «система удобрення» активно впливає на структуру мікробіоценозу, перерозподіляючи кількісне співвідношення бактеріальної і міцеліальної мікробіоти в ґрунті та змінює міцність кореляційних зв'язків між мікроорганізмами різних еколого-трофічних груп [26].

Мікроорганізми в комплексі з природними й антропогенними чинниками регулюють біологічну активність ґрунту, яка є визначальним показником екологічного стану агроєкосистем. Одним з елементів біологізації сучасного землеробства є застосування біодобрив, основу яких складають живі культури і продукти метаболізму мікроорганізмів. Вони екологічно безпечні, оскільки створені на основі мікроорганізмів і виділені із природних об'єктів [53].

Біодобрива відзначаються комплексною дією, стимулюють системи життєдіяльності рослин, виявляють фосфатазну активність, фіксують азот атмосфери, покращують фітосанітарні умови вирощування і гальмують розвиток фітопатогенних мікроорганізмів, що особливо важливо для отримання цінного посадкового матеріалу та вирощування овочевої продукції [57]. Їхня дія спричиняє також зростання кількості мікроорганізмів окремих еколого-трофічних груп у ризосфері ґрунту, підвищує продуктивність і якість плодів томатів [31].

У дослідженнях Wadduwage та ін. (2023) показано, що використання біостимуляторів промислових (UNP) підвищувало мікробну активність на 40,1 % у поверхневому шарі (0–10 см) і на 36,4 % в глибшому (10–20 см) горизонті. Ефективність була вищою на луках, ніж на орних ґрунтах. Біостимулятор стимулював дихання мікробів і субстратне дихання, що було пов'язано з підвищеним вмістом вологи в ґрунті та загальним вмістом вуглецю й азоту. Поєднання стимуляторів UNP з CSP призвело до підвищення вмісту ґрунтових ферментів, які пов'язані з кругообігом вуглецю та азоту. Загальна чисельність бактерій, грибів і їх альфа-різноманіття не змінювались за використання біостимуляторів. Однак було виявлено мікробні індикаторні спільноти, які позитивно відреагували на використання UNP і CSP у двох шарах. Так, до бактеріальних видів-індикаторів належать: *Elsterales*, *Propionibacteriales*, *Solibacterales*, *Candatus*, *Reyranellales* і *Sphingomonadales*. Однак, варто зауважити, що вони відрізнялися і зменшувалися залежно від досліджуваного шару ґрунту. Грибні індикаторні види *Filobasidiales* (*Basidiomycota*) та *Pleosporales* (*Ascomycota*) були сильними реакторами, поширеними на обох глибинах. Мікроорганізми ризосфери, що зумовлюють ріст і розвиток рослин, виділені в окрему групу ґрунтових мікроорганізмів – PGPR (plant growthpromoting rhizobacteria) [46].

Ризобії, псевдомонаси, бацили і мікоризні гриби є найвідомішими колонізаторами ризосфери, які постачають рослини необхідними поживними речовинами [32]. Бактерії роду *Bacillus* виділяються з внутрішніх частин

здорових рослин (коренів, стебла, насіння, бульб), продукують антибіотики, сидерофори, літичні ферменти, токсини, фітогормони і вітаміни та фіксують азот атмосфери. Важливою особливістю баціл у ризосфері, на коренях і всередині рослин є їхня висока конкурентоспроможність за умов колонізації відповідних частин рослин та утворення бактеріально-рослинних асоціацій. Такі властивості важливі для найперспективніших штамів, щоб створювати на їхній основі біодобрива з комплексом господарсько-цінних властивостей [17]. Як регулятори росту і адаптогени, які підвищують стійкість рослин проти несприятливих умов навколишнього середовища, застосовують гумінові добрива [34].

Дослідженнями вчених встановлено зміни мікробіологічної активності ґрунтів за різного їх використання. Тривале удобрення ґрунту значно підвищувало мікробну біомасу ґрунту і дегідрогеназну активність. Органічні добрива мали більший вплив на біомасу й активність, порівнюючи з мінеральними [7]. Мікробіологічна активність ґрунту має тісний взаємозв'язок з органічною речовиною ґрунту [9]. Залишення соломи пшениці зумовило збільшення вмісту нітрогену та тенденцію до збільшення вмісту органічного карбону [11].

У ґрунтах, в які вносили гумати, збільшується кількість мікроорганізмів і ферментативна активність ґрунту завдяки посиленню рухливості сполук фосфору, утворенню нітритів, фотохімічній фіксації азоту й доступності рослинам органічного азоту ґрунту, прискоренню надходження аміачних і амідних форм азоту, фосфору, заліза, кальцію та алюмінію [32, 80-92].

Дослідження органічних біостимуляторів (БС) (пшеничні конденсовані дистиляторні розчини; гідролізоване пір'я домашньої птиці; ферментативний екстракт зародків ріжкового дерева й екстракту рисових висівок) дало змогу виявити вплив на рослинний покрив, ферментативну активність ґрунту та структуру ґрунтового мікробного співтовариства. Застосування БС, які містять більшу кількість білка та більший відсоток пептидів (3 кДа), мало більший вплив на біологічні властивості ґрунту, можливо, завдяки низькомолекулярному вмісту білка, який легко засвоюється ґрунтовими мікроорганізмами. Встановлено

підвищення активності дегідрогенази за впливу біостимуляторів на 4,6–17,6 %; активності уреази на 5,3–28,8 %; активності фосфатази на 8,0–20,2 %; арилсульфатази – на 16–27,2 %, якщо порівняти з контролем. Загальна концентрація фосфоліпідних жирних кислот у ґрунті (PLFA) була значно вищою ( $p < 0,05$ ), ніж у контрольному ґрунті. За результатами аналізу основних компонентів, ґрунти різнилися з поправками BS, здебільшого за вмістом пептидів з нижчою молекулярною масою [11].

Отже, використання стимуляторів збільшує загальну біологічну активність, співвідношення еколого-трофічних груп мікроорганізмів і ферментативну активність ґрунту, оскільки білок з нижчою молекулярною масою може легше засвоюватися ґрунтовими мікроорганізмами, а також сприяє розвитку рослинності, яка захистить ґрунт від ерозії та сприятиме його відновленню.

## **1.2. Вплив застосування біологічних препаратів на родючість ґрунту та оптимізацію його мікробного ценозу**

Порушення кругообігу поживних речовин у ґрунті внаслідок різкого скорочення внесення органічних та мінеральних добрив, ерозійних процесів, руйнації меліоративних систем, широкого розповсюдження шкідників і збудників хвороб і загалом деградації ґрунтів загрожують ефективному веденню агропромислового виробництва в Україні [49–51]. Отже, постала проблема щодо розроблення заходів із запобігання деградації та поліпшення родючості ґрунтів, як основи стабільного розвитку сільського господарства. У біологічній системі землеробства одним із напрямів підвищення врожайності і якості сільськогосподарських культур є впровадження у виробництво енергозберігаючих технологій із застосуванням біологічних препаратів. За допомогою мікроорганізмів, які містяться в біопрепаратах, рослини забезпечують свої потреби в елементах живлення (азоті, фосфорі, калії тощо),

також вони здатні захищати рослини від фітопатогенів, для боротьби з якими поки що мало розроблено ефективних засобів [53].

Таким чином, взаємодія рослина – мікроорганізм є надзвичайно важливим фактором підвищення продуктивності агроecosystem, потенціал якого на сьогодні не використовується повною мірою.

Дослідження впливу біопрепарату «Неосол» (грунтовий активатор), біостимулятора «Експлорер» (активатор ризосфери) та АКЕО (активатор мінеральних добрив, Олмікс Груп) на урожайність ярої та озимої пшениці й озимого ріпаку на ґрунті показало позитивний вплив від застосування біостимуляторів на об'ємну щільність, пористість і структурний коефіцієнт ґрунту. Щодо урожайності сільськогосподарських культур, то біостимулятори також позитивно вплинули і на їхню врожайність [3, 4, 8].

Про позитивний вплив органічних систем удобрення йдеться у наукових працях [22-25, 75]. Водночас вилучення побічної продукції призводить до дисбалансу органічної речовини гумусу (дефіцит складає 0,19 т/га, дефіцитність елементів живлення зростає на 125 %) [76]. Із показників, за якими оцінюється біологічна активність ґрунту, найбільш повним доцільно вважати загальну кількість мікроорганізмів у ґрунтовому середовищі, хоч і за ним можна оцінити лише потенційну активність, яка за сприятливих умов середовища буде високою, а за несприятливих – низькою [77].

Більш високою целюлозолітична активність ґрунту в середньому за сівозміну відмічена за біологічної та органо-мінеральної систем добрив. Целюлозолітична активність ґрунту за системи добрив з елементами біологізації протягом ротації сівозміни виявилась на рівні загальноприйнятої системи добрив [79, 95].

Перспективним у сільськогосподарському виробництві є застосування різноманітних мікробних препаратів для оптимізації живлення культурних рослин [12-14, 27-35]. Біопрепарати з азотфіксуючими бактеріями, які використовуються за вирощування бобових, злакових та овочевих культур,

здатні забезпечувати рослини азотом у кількості, яка рівнозначна 20–50 кг/га діючої речовини мінеральних добрив [99].

У науці відомо понад 200 видів бактерій, які мають різний рівень активності несимбіотичної азотфіксації, що є дуже важливим способом оптимізації азотного живлення овочевих рослин. Найпоширеніші азотфіксуючі бактерії, які живуть у ризосфері, ризоплані й гітосфері, належать до родів *Agrobacterium*, *Arthrobacter*, *Azospirillum*, *Enterobacter*, *Bacillus*, *Flavobacterium*, *Pseudomonas*, *Klebsiella* тощо [108]. Азотфіксуючі мікроорганізми щорічно засвоюють із повітря 40–300 кг/га азоту, який не сприяє забрудненню довкілля та не потребує значних енергетичних витрат на виробництво. Слід також відмітити, що у світовій практиці сільського господарства щороку в ґрунт із мінеральними добривами вносять 35 млн т азоту, тоді як за цей самий час рослини поглинають із ґрунту приблизно 75 млн т цього елемента. Різницю між зазначеними величинами компенсує діяльність мікробів-азотфіксаторів, які зв'язують молекулярний азот у легкозасвоювані для рослини форми [106, 107].

Мікробні препарати на основі бактерій, які мобілізують фосфор, сприяють перетворенню важкорозчинних фосфатів ґрунту в легкорозчинні, більш доступні рослинам форми. Здатністю перетворювати фосфоровмісні сполуки (як мінеральні, так і органічні) з вивільненням рухомих форм фосфору характеризується більшість мікроорганізмів. До них належать актиноміцети, спороутворюючі бактерії, представники неспорозносних бактерій родів *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Corinebacterium*, *Alcaligenes* [109]. Результати багатьох наукових досліджень свідчать, що застосування бактеріальних добрив під овочеві, бобові, зернові та технічні культури сприяє покращенню мінерального живлення рослин, збільшенню врожаїв і одержанню високоякісної продукції за раціональних витрат мінеральних добрив, поліпшення екологічного стану ґрунтів та підвищення їх родючості.

Питанню мікробіологічного оздоровлення ґрунтів, виробництва та внесення в ґрунт мікробних препаратів для повернення ґрунту його природної мікрофлори [117] приділяється достатньо уваги в таких країнах, як-от США,

Японія, Угорщина, Франція та ін. Сільське господарство України функціонує в стані від'ємного балансу гумусу, а також фосфору, азоту й інших поживних речовин, а тому істотним резервом підвищення продуктивності рослинництва є широке застосування біопрепаратів, створених вітчизняними мікробіологами, на основі вільноживучих, асоціативних, симбіотрофних азотфіксуючих, фосфатмобілізуючих мікроорганізмів, а також препаратів бінарної дії, з поєднанням різних штамів мікроорганізмів [117-120].

Останніми роками все більше уваги приділяється розвитку екологічних методів захисту рослин, які розглядаються як альтернатива хімічним методам захисту, що негативно впливають на екологію агрофітоценозів [121,122,123]. Біологічні препарати дозволяють одержати екологічно чисту продукцію, містять природні ефективні штами, які не здатні викликати в людини віддалені генетичні наслідки подібно неприродним хімічно синтезованим засобам [124,125,126,127].

Біопрепарати являють собою живі клітини відселекціонованих за корисними властивостями мікроорганізмів, часто адсорбовані на нейтральному субстраті. Препарати дозволяють забезпечити необхідну концентрацію корисних мікроорганізмів (у грамі препарату міститься 1–5 і більше млрд клітин бактерій) у потрібному місці і в потрібний час [128, 129, 130, 131]. Внесені з різними формами біопрепарату мікробні клітини здатні скласти конкуренцію аборигенній мікрофлорі щодо заповнення екологічної ніші, наданої їм рослиною.

На сьогодні в Україні розроблено широкий спектр біологічних препаратів на основі корисних мікроорганізмів з різними механізмами дії. Зростає кількість пропонованих біологічних препаратів, спрямованих на підвищення родючості ґрунту, отримання високих врожаїв, поліпшення якості зернової продукції [37-45]. Застосування їх у технологіях вирощування сільськогосподарських культур сприяє зниженню норм мінеральних добрив, зростанню продуктивності рослин, поліпшенню якості продукції [135, 155].

Використання біологічних препаратів у технології вирощування культур збільшує популяцію основних еколого-трофічних груп мікроорганізмів, сприяє поліпшенню поживного режиму ґрунту [107]. Біологічні препарати містять живі



бактерії, які здатні розмножуватися в ґрунті та на коренях рослин, поліпшують їхній ріст і розвиток, підвищують врожайність і якість зерна [168].

Дія мікробних препаратів спрямовується на оздоровлення і захист культурних рослин від несприятливих чинників навколишнього природного середовища, вони мають низку переваг перед хімічними препаратами [158]. За даними наукової літератури, асоціативні мікроорганізми стимулюють ріст і розвиток рослин і виконують біоконтроль патогенів [123].

Мікробні препарати покращують живлення рослин, сприяють кращому засвоєнню азоту з повітря та фосфору з ґрунту, що позначається на урожайності культур та якості продукції [7, 47]. Відомо, що бактеріальні препарати, не тільки поліпшують азотне та фосфорне живлення, а й стимулюють ріст рослин, індують механізми стійкості до стресів абіотичної та біотичної природи. Вони є безпечними для людини і теплокровних тварин, оскільки не забруднюють довкілля, проявляють високу селективну дію та мають невичерпні ресурси для виробництва [17–21, 53].

Незамінним матеріалом, що поповнює ґрунт гумусовими та поживними речовинами для живлення рослин і ґрунтових мікроорганізмів є рослинні рештки – стерня, стебла й солома сільськогосподарських культур [132]. Тривалість їх розкладання визначається переважно кліматичними умовами (вологістю і температурою), кількістю біомаси культури, виробленої і залишеної на поверхні ґрунту [133]. Надмірна хімізація призводить до дефіциту корисної мікрофлори, уповільнення розкладання рослинних решток і накопичення лігніну, фенолів, які пригнічують ріст сільськогосподарських культур, та мінералізації ґрунтової органіки, загалом погіршуючи стан ґрунту. Як наслідок – знижується урожайність. Тому останнім часом для покращення родючості ґрунтів застосовують препарати-біодеструктори поживних решток [134–136].

Водночас існує припущення, що при застосуванні біодеструктора відбувається пришвидшення мінералізації органічної речовини як ґрунту, так і решток рослин, що може призводити до зниження вмісту гумусу, непродуктивних втрат біогенних елементів і додаткової емісії вуглекислоти з ґрунту.

Завданням ефективного біодеструктора є перетворення рослинних решток у гумусові речовини без «вибухової» інтенсивності мінералізації органічних речовин ґрунту та покращення його поживного режиму [137, 156].

Встановлено, що на доступність фосфору для рослин великий вплив чинять добрива, хімічні меліоранти і біопрепарати на основі ефективних організмів [56, 138]. Розчинність фосфатів ґрунту та добрив істотно зменшується за рН ґрунтового розчину більше 7,0 і менше 5,0 [139]. Тому важливо підтримувати близьке до нейтрального значення рН ґрунтового розчину для підвищення лабільності фосфатів у ґрунті [139]. Це можливо досягти за допомогою хімічних меліорацій (вапнування кислих ґрунтів, гіпсування лужних ґрунтів), застосування органічної та органо-мінеральної систем удобрення і регулювання сівозміни [139, 140]. Поняття «прискорення біогеохімічного колообігу фосфору» виникло зовсім недавно і пов'язане із початком активного застосування біологічних препаратів, які за своєю суттю є засобами управління процесами колообігу біогенних елементів [141–144]. Вчені дослідили, що органічні добрива є незамінним чинником відтворенням гумусу в ґрунтах, субстратом розвитку, джерелом елементів живлення та енергії для мікроорганізмів і важливим засобом регулювання показників родючості ґрунту, передусім гумусового стану та поживного режиму [145–146]. Мікроелементні добрива також мають позитивний вплив на вміст фосфору рухомих сполук у ґрунтах [147]. Найчастіше це пов'язано із мінералізацією органічної речовини ґрунту та добрив, швидкість якої зростає внаслідок нарощування кореневої та вегетативної маси рослини завдяки мікроелементним листовим підживленням [147]. Але такі процеси загрожують родючості ґрунтів і дестабілізують агроєкосистему, тому поєднання мікоелементних добрив із мінеральними добривами може викликати ефект прискорення мінералізації гумусу й погіршення фосфатного режиму загалом. Дослідження вказаних процесів не проводилися комплексно, а мають лише фрагментарний характер [147–149] і висвітлюють переважно проблеми врожайності сільськогосподарських культур, питання родючості ґрунтів висвітлюються недостатньо, тому такі дані

потребують значного доповнення. Численними дослідженнями вчених підтверджено позитивний вплив бактеріальних препаратів на біологічну активність ґрунтів та покращення поживного режиму через процеси додаткової фіксації атмосферного азоту і мобілізації фосфатів ґрунту [141–144, 165-166]. Біопрепарати мікоризи з'явилися за останні 10 років, а на ринку України – за останні 4 роки. Виробники та дистриб'ютори препаратів мікоризи [150] заявляють про їхню приголомшливу ефективність у покращенні поживного режиму ґрунтів завдяки прискоренню біогеохімічного колообігу елементів живлення в агроєкосистемі. Проте для умов України таких досліджень проведено одиниці [151, 152].

У системі екологічного моніторингу довкілля одним з основних критеріїв біотестування є інтенсивність перебігу біологічних процесів у ґрунтах. Серед екологічних індикаторів основне місце належить ґрунтовим мікроорганізмам, які є дуже чутливими реагентами змін. Винятково висока інформативність біологічних показників дає змогу за їх допомогою всебічно оцінювати стан ґрунтів, що є актуальним завданням сьогодення [61, 153; 154].

Публікацій, в яких наведено результати впливу добрив на активність мікрофлори ґрунту, є досить багато. Зокрема дослідженнями встановлено, що під час вирощування пшениці озимої загальна кількість мікроорганізмів за внесення мінеральних добрив зростає майже удвічі, органічних – в 1,5–3 рази, порівнюючи з контролем. Кількість грибів і дріжджів зростає менш інтенсивно, а від внесення мінеральних добрив розвиток актиноміцетів пригнічується [155]. Застосування сапропелю та інших органічних добрив у зоні Полісся дає змогу значно активізувати перебіг мікробіологічних процесів і сприяє зростанню основних груп мікроорганізмів [156].

Дослідження зарубіжних та українських науковців свідчать, що на сучасному етапі розвитку землеробства зростає значення використання дерново-підзолистих ґрунтів для проведення різної інтенсивності сільськогосподарських робіт [157–160]. Зростає роль сівозміни як організуючої і функціональної моделі системи землеробства в розв'язанні основних положень концепції розвитку:

висока та стала продуктивність із забезпеченням відтворення родючості ґрунтів і охорони довкілля [161].

У сучасних умовах розвитку сільськогосподарського виробництва першочергове значення набуло енерго- та ресурсозбереження. У зв'язку із цим технологія вирощування сільськогосподарських культур має бути спрямована на якнайповніше використання біокліматичних чинників, процесів формування врожаю з одночасним зменшенням витрат матеріальних ресурсів через оптимізацію прийомів обробітку ґрунту, покращення його поживного і водного режимів, раціональне живлення рослин на різних типах ґрунтів. Найоб'єктивнішим критерієм оптимальності використання засобів хімізації в агроландшафтах, на думку дослідників, є мікробіологічне та біологічне тестування. При цьому визначальними критеріями оцінки є показники чисельності мікроорганізмів та активності ферментів [162, 163]. Однак з огляду на тісну взаємодію окремих видів мікроорганізмів з культурними рослинами та можливість утворення ними тісних рослинно-бактеріальних асоціацій у ґрунті, лише ризосферні мікроорганізми можуть відображати реакцію системи на певний чинник, найбільш наближену до реакції самої рослини [164]. Тому процес розкладання органічних залишків у ґрунті нерозривно пов'язаний з активністю мікрофлори. Визначення рівня біогенності ґрунту за ступенем розкладання клітковини є необхідним для отримання інформації про активність целюлозоруйнівних мікроорганізмів.

Дослідженнями Abbas (2013) показано, що використання екстрактів морських водоростей і дріжджів збільшують вміст білка в рослинах, як було показано на *Vicia faba*. Більш високий вміст білка може бути наслідком включення амінокислот, які безпосередньо використовуються для біосинтезу білка. Водночас підвищений вміст білка також може бути пов'язаний і зі збільшенням концентрації вуглеводів у листках [1].

Більш високий вміст цукру в листі зазвичай прискорює процес включення азоту через шлях асиміляції нітратів. Вуглеводи являють собою вуглецеві скелети для включення відновленого нітрату (аміаку) в амінокислоти і

підвищують біосинтез білка. Білковий гідролізат люцерни, який використовується як біостимулятор кукурудзи, посилює активність ферментів, що беруть участь у вуглецевому обміні. Відновлення та асиміляція азоту за використання біостимуляторів (Sible та ін. 2021) призвели до збільшення біосинтезу цукру в рослинах і пов'язані зі збільшенням вмісту хлорофілу, продуктивності фотосинтезу та квантової ефективності фотосистеми II [39].

Tilman та ін. (2002) своїми дослідженнями довели, що за застосування біостимуляторів можна отримати більш широкі параметри флуоресценції хлорофілу А та менше уражені рядом різних біотичні та абіотичні стресів [40]. Полісахариди й олігосахариди є іншими важливими біостимулюючими компонентами, які впливають на рослинну фізіологію. Полісахариди в екстрактах морських водоростей, які застосовуються для рослин, дали змогу підвищити стійкість до грибних захворювань. Вони беруть участь у сигналізації рослин мережі проти стресів і, зокрема, біотичних стресів. Рослини арабідопсису, оброблені полісахаридами 1-карагенану, показали вищу толерантність до *Sclerotinia sclerotiorum* [46].

Асоціативні мікроорганізми відіграють важливу роль у житті рослин: використовуючи кореневі екsudати, вони забезпечують рослини елементами живлення, підвищують адаптивний потенціал та ін. [164]. Механізми взаємовпливу організмів у системі «рослина – мікроорганізм» описані в літературі [164, 167, 168]. Використання асоціативних мікроорганізмів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур набуває широких масштабів та є пріоритетним і перспективним напрямом сучасного аграрного виробництва [59-60, 169]. Тому одержання високоактивних і технологічних штамів є одним із першочергових завдань сільськогосподарської мікробіології. Для прискорення вирішення цих питань необхідна розробка та вдосконалення ефективних методів селекції штамів мікроорганізмів, здатних активно колонізувати кореневу систему рослин.

### **1.3. Застосування біопрепаратів в органічних технологіях вирощування картоплі**

У світі продовжується інтенсивне використання природних ресурсів, хоча техногенне навантаження наприкінці ХХ і на початку ХХІ століть на агробіоценози й інтенсивність ведення сільського господарства дещо знизились. Зменшення обсягів внесення органічних і мінеральних добрив, ерозійні процеси, руйнація меліоративних систем, широке розповсюдження сегетальної фітобіоти, шкідників і збудників хвороб, зростаючі ризики подальшої руйнації сучасних агроландшафтів, усього природного середовища загрожують агропромислому виробництву України [99].

Органічне землеробство – один із основних напрямів екологічно збалансованого ведення господарства в агроценозах. Органічна система землеробства передбачає застосування природних, біологічних і відновлюваних ресурсів, а також відтворення родючості ґрунту переважно завдяки реутилізації органічних залишків, сівозмінному чиннику  $q$  обробітку ґрунту. Боротьба з паразитами, збудниками хвороб і бур'янами здійснюється здебільшого через застосування механічного обробітку ґрунту та біологічних засобів [101]. Ведення органічного землеробства не можливе без впровадження науково обґрунтованих систем удобрення, за яких досягається часткове або розширене відтворення родючості ґрунту. Основна увага надається розробленню і впровадженню систем удобрення із застосуванням біологічних засобів інтенсифікації, як-от: вирощування сидератів (зелене добриво), застосування побічної продукції рослинництва (соломи, стебел тощо) й органічних добрив (гною, біогумусу, торфу, компостів), біологічного азоту – основних чинників відтворення родючості ґрунтів і гарантування відповідної до міжнародних стандартів якості продукції [103]. Упровадження результатів досліджень у виробництво гарантуватиме зростання ефективності органічного землеробства, збереження родючості ґрунтів, екологічну безпеку агроландшафтів.

У системі удобрення за біологічного землеробства надходження біогенних елементів живлення відбувається переважно через використання органічних добрив, бактеріальних препаратів, сидерації, пожнивних решток, соломи. Не допускається використання легкорозчинних синтетичних азотних добрив, тобто селітри (зокрема селітри чилійської, незважаючи на те, що вона має природне походження), сульфату амонію і навіть сечовини, яка хоч і є органічним з'єднанням, але як добриво у виробничих масштабах виробляється синтетично [111–116].

Органічні добрива – один з головних чинників підвищення родючості ґрунтів, матеріальна основа сталого розвитку екологічно збалансованих адаптивно-ландшафтних систем землеробства. Завдяки їх застосуванню покращуються фізичні, фізико-хімічні, біологічні властивості ґрунтів, зростає вміст гумусу, посилюється виділення з ґрунту вуглекислого газу, підвищується продуктивність фотосинтезу, послаблюється негативна дія важких металів і забезпечується збалансоване живлення рослин [105].

Картопля – одна з найбільш універсальних сільськогосподарських культур, яка займає важливе місце в сільськогосподарському виробництві України [100]. Як цінна продовольча культура вона посідає одне з перших місць серед харчових культур за вмістом поживних речовин і водночас є висококалорійним кормом для тварин і однією з найголовніших технічних культур [62, 63]. Серед інших польових культур картопля займає одне з перших місць за кількістю поживних речовин, які можна одержати з одиниці площі. Її кормову цінність визначають бульби. Загалом у бульбах нараховують понад 70 цінних сполук та елементів, проте їхній вміст непостійний і змінюється залежно від сорту, погодних умов вегетаційного періоду й особливостей вирощування. Використовують картоплю як продукт харчування, кормову культуру, сировину для крохмальної, спиртової, хімічної, текстильної, кондитерської та інших галузей промисловості [63]. Вона є важливою продовольчою культурою зони Полісся, яка протягом своєї вегетації

потребує значної кількості поживних речовин [52]. Щоб забезпечити повну потребу картоплі для продовольства і на корм, для одержання насіння та перероблення на картоплепродукти, в Україні щорічно потрібно вирощувати 18–20 млн тонн бульб [50, 170].

Урожайність сільськогосподарських культур тісно корелює з біологічною активністю ґрунту, що визначає напрям та швидкість процесів перетворення органічних і мінеральних елементів у ґрунті. Зниження біологічної активності свідчить про деградаційні явища, а підвищення – про позитивну динаміку утворення гумусу. Порушення балансу поживних елементів у ґрунті, пов'язане з їх винесенням урожаєм, призводить до деградації гумусу та втрати родючості [107].

Застосування мікробних препаратів за обробки бульб картоплі й обприскування рослин упродовж вегетації забезпечує комплексний підхід до захисту культури від шкідливих організмів, пролонговану дію біопрепаратів, зниження пестицидного навантаження на агроценоз [78]. Біологічні препарати «Серенада АСО SC», «Азотобактерин», «Фітоцид» з поліфункціональною дією за різних способів застосування ефективно пригнічували розвиток фітопатогенної мікробіоти в агроценозах картоплі та сприяли істотному збільшенню врожайності, підвищенню якості бульб і зниженню потенційних біоекологічних ризиків [48, 94–96, 110].

Було відмічено, що обробка бульб перед садінням рослин у фази бутонізації та цвітіння біопрепаратами «Планриз», «Діазофит», «Фосфоентерин» і фунгіцидом «Ридоміл Голд МЦ 68 WG» загалом сприяла підвищенню врожайності та товарності картоплі, порівнюючи з контрольним варіантом у середньому в 1,3–1,5 раза, збільшенню стандартної частини бульб. Застосування біологічних препаратів (поряд із високою технологією) здатне зберегти врожай картоплі та забезпечити отримання екологічно чистої продукції, а отже, – відчутно скоротити, а іноді повністю унеможливити використання хімічних засобів захисту [54].



Встановлено, що застосування на сортах різних комбінацій біопрепаратів, зокрема бактерій *Pseudomonas fluorescens*, порівнюючи з контрольним варіантом, сприяло зростанню урожайності, виходу меншої частини нестандартних бульб і вищій рентабельності картоплі [55].

Використання в сучасних технологіях мікробіологічних препаратів різного виду не тільки покращує продуктивність і якість продукції, підвищує стійкість проти фітопатогенів, але й сприяє оздоровленню агроценозів від шкідливої дії пестицидів. Екологічною альтернативою захисту рослин є зменшення фітопатогенів під дією біопрепаратів [58, 64].

Використання мікробіологічних препаратів «Фітоцид», «Планриз», «Діазофіт» і «Фосфороентерин» в умовах Карпат та Львівської області сприяло зменшенню інфекційного навантаження (а саме кількості представники родів *Fusarium* та *Alternaria*) в ґрунті під час вирощування картоплі [145].

Біологічні препарати на відміну від хімікатів майже не мають негативного впливу на навколишнє середовище, навпаки, мають ряд переваг [71]. Препарати на основі мікроорганізмів не виявляють фітотоксичності. Це можна пояснити тим, що їх біоагенти є складовою природної мікрофлори ґрунту і рослин. Після використання біофунгіцидів знижується інфекційний фон у ґрунтах завдяки зміні складу його мікрофлори.

Тому в подальшому можна зменшити кількість обробок для захисту рослин [149]. До того ж мікробні біоагенти продукують значну кількість фізіологічно активних речовин (ауксинів, цитокінінів, гіберелінів, вітамінів). Ці речовини стимулюють ріст рослин, підвищують продуктивність культур і якість продукції. Дія біологічних засобів захисту не призводить до виникнення у збудників хвороб і шкідників резистентності, що не потребує збільшення норми використання препаратів, як за використання хімічних пестицидів [39]. Біологічні препарати, як правило, діють повільніше, ніж хімічні. Однак надалі процес затримки сходів рослин або загибелі комах компенсується інтенсивним ростом рослин і припиненням живлення комах, що пришвидшує настання інших фаз розвитку та знижує пошкодженість рослин [73–74, 154].

При обробці насінневих бульб картоплі біопрепаратами відбувається корекція мікробних угруповань на поверхні кореня рослини і в прикореневій зоні ґрунту, що сприяє обмеженню домінування фітопатогенів і впливає на ріст та розвиток рослин [159]. Високоактивні штами бактерій *Pseudomonas fluorescens*, *Agrobacterium radiobacter*, *Bacillus subtilis* та *Enterobacter nimipressuralis* є визнаними об'єктами агробіотехнології, використовуються як основа препаратів «Планриз», «Фітоцид», «Діазофіт» і «Фосфоентерин» (ФМБ), розроблених для захисту рослин від захворювань різної етіології [163]. Мікробні препарати не лише захищають рослини від фітопатогенних мікроорганізмів, але й покращують фосфорне живлення рослин, мобілізуючи фосфати з важкорозчинних органічних і неорганічних сполук фосфору, синтезують речовини, які стимулюють ріст, а також впливають на проростання насіння та розвиток проростків [102, 143]. Ефективність «Планризу», «Фітоциду», «Діазофіту» та ФМБ досліджено при вирощуванні окремих сільськогосподарських культур у різних кліматичних зонах, але в основному в період вегетації. Наявні в науковій літературі відомості недостатні для надійного й обґрунтованого вибору ефективних препаратів для отримання картоплі з високими показниками якості, зокрема лежкоздатності.

## Висновки до розділу 1

1. Аналіз літературних джерел показує, що біологічні препарати на основі корисних мікроорганізмів спрямовані на відтворення родючості ґрунту, біологічної активності, мобілізацію фосфатів з важкорозчинних органічних і неорганічних сполук фосфору, синтез речовин, які стимулюють ріст, інтенсифікацію проростання насіння, підвищення продуктивності культур і поліпшення якості продукції. Застосування їх у технологіях вирощування сільськогосподарських культур сприяє зниженню норм мінеральних добрив, екологізації методів захисту рослин, які розглядаються як альтернатива хімічним методам захисту.

2. Інтенсивні технології вирощування картоплі для формування врожаю потребують значної кількості елементів живлення та правильного їх співвідношення і складного хімічного захисту рослин. Органічна технологія вирощування картоплі, на жаль, слабо розвинута в Україні й потребує удосконалення.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 1**

1. Abba S. M. The influence of biostimulants on the growth and on the biochemical composition of *Vicia faba* cv. Giza 3 beans. *Romanian Biotechnological Letters*. 2013. Vol. 18(2). P. 8061–8068.
2. Abbott L. K., Macdonald L. M., Wong M. T. F., Webb M. J., Jenkins S. N., Farrell M. Potential roles of biological amendments for profitable grain production – a review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2018. Vol. 256. P. 34–50. URL: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.12.021>.
3. Azizbekyan R. R. Biological Preparations for the Protection of Agricultural Plants. *Applied Biochemistry & Microbiology*. 2019. Vol. 55. Issue. 7. P. 816–823. URL: <https://doi.org/10.1134/S0003683819080027>.
4. Bulgari R., Cocetta G., Trivellini A., Vernieri P., Ferrante A. Biostimulants and crop responses. *Biological Agriculture & Horticulture*. 2015. Vol. 31(1). P. 1–17. URL: <https://doi.org/10.1080/01448765.2014.964649>.
5. Calvo P., Nelson L., Kloepper J. W. Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant Soil*. 2014. Vol. 383. P. 3–41. URL: <https://doi.org/10.1007/s11104-014-2131-8>.
6. Campbell C. A., Lafond G. P., Zentner R. P., Biederbeck V. O. Influence of fertilizer and straw baling on soil organic matter in a thin black chernozem in western Canada. *Soil Biology and Biochemistry*. 1991. Vol. 23(5). P. 443–446. URL: [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(91\)90007-7](https://doi.org/10.1016/0038-0717(91)90007-7).
7. De Pascale S., Roupael Y., Colla G. Plant biostimulants: innovative tool for enhancing plant nutrition in organic farming. *European Journal of Horticultural Science*. 2018. Vol. 82. P. 277–85. URL: <https://doi.org/10.17660/eJHS.2017/82.6.2>.
8. Demydenko O. V., Boyko P. I., Litvinov D. V., Kryvda Y. I. Use of organic resources for reproduction of soil fertility in the conditions of Cherkasy region. *Zemlerobstvo*. 2017. Vol. 1. P. 54–61.
9. Derevianskyi V. P., Vlasiuk O. S., Malinovska I. M. Effectiveness of biological preparations and trace elements in spring wheat cultivation technology. *Agricultural Microbiology*. 2013. Vol. 17. P. 111–118.

10. Dubytskyi O. L. Yield and grain quality of winter wheat with biological fertilization systems. *Foothill and Mountain Agriculture and Animal Husbandry*. 2015. Vol. 57. P. 81–86.
11. Findura P., Šindelková I., Rusinek R., Karami H., Gancarz M., Bartoš P. Determination of the influence of biostimulants on soil properties and field crop yields. *International Agrophysics*. 2022. Vol. 36(4). P. 351–359. URL: <https://doi.org/10.31545/intagr/155955>.
12. Stefanovska T., Skwierzc A., Pidlisnyuk V., Boroday V., Medkov A., Zukov O. Effect of PGRs stimpo, regoplant and charkor to entomopathogenic and plant parasitic nematodes. *Journal of Horticultural Research*. 2023. Vol. 22(4). P. 234–236.
13. Stephan D., Schmitt A., Martins S. Carvalho, Seddon B., Koch E. Evaluation of biocontrol preparations and plant extracts for the control of *Phytophthora infestans* on potato leaves. *European Journal of Plant Pathology*. 2005. Vol. 112, № 3. P. 235–246
14. Grego Stefano. Toward a sustainable agriculture. ESNA Meeting 2012 and the Recent Advances in Plant Biotechnology Workshop, StaraLesna, Slovak Republic, 24 – 28th September, 2012: thesis. StaraLesna, 2012. P. 17.
15. Haiyan Chu, Xiangui Lin, Takeshi Fuji, Sho Morimoto, Kazuyuki Yagi, Junli Hu, Jiabao Zhang. Soil microbial biomass, dehydrogenase activity, bacterial community structure in response to longterm fertilzer management. *Soil Biology and Biochemistry*. 2007. Vol. 39, Issue 11. P. 2971–2976. URL: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2007.05.031>.
16. Hamajunova U., Hlushko T., Honenko L. Presevation of soil fertility as a basis for improving the efficiency of management in the southern Steppe of Ukraine. *Scientific development and achievements-Sciencce*. 2018. Vol. 4. P. 13–27.
17. Honchar A., Tonkha O., Patyka N., Lykholat Y., Patyka T. Morphological and physiological-biochemical variability of spore-forming bacteria isolated from the agrocoenosis of winter wheat. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2021. Vol. 12(4). P. 588–593. URL: <https://doi.org/10.15421/022180>.

18. Honcharuk I. V., Vovk V. Y. Production of biomethane from agrobiomas in Ukraine: problems and prospects. *Podilian Bulletin: Agriculture, Engineering, Economics*. 2023. No. 37. P. 65–72. URL: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2022-2-10>.
19. Horkov A. A. Agrobiological justification of the use of biopreparations for winter wheat. *Herald of Agrarian Science*. 2019. No. 5(80). P. 133–139.
20. Iskakova O., Baklanova T. Potato productivity under drip irrigation depending on nutrition optimization in the south of Ukraine. Relevant trends of scientific research in the countries of Central and Eastern Europe: Conference Proceedings 20'th November: thesis. Riga, Latvia: Baltija Publishing, 2020. P. 161–165. URL: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-002-5-46>.
21. Kardol P. E., Cregger M. A., Company C. E. Soil ecosystem functioning under climate change: plant species and community effects. *Ecology*. 2010. № 91. P. 767–781.
22. Kiraly L., Barna B., Kiraly Z. Plant resistance to pathogen infection: forms and mechanisms of innate and acquired resistance. *Journal of Phytopathology*. 2007. Vol.155. P. 385–396.
23. Kozar S. F. Biological effectiveness of complex application of microbial preparations. *Agricultural Microbiology: interdepartmental thematic scientific collection*. 2005. Vol. 1/2. P. 86–94.
24. Лопушняк В. І. Екологічний стан темно-сірого опідзоленого ґрунту за різних систем удобрення. *Агроекологічний журнал*. 2013. № 3. С47–52.
25. Lugtenberg B. J. J., de Weger L. A., Bennett J. W. Microbial stimulation of plant growth and protection from disease. *Current Opinion in Biotechnology*. 1991. Vol. 2. P. 457–464.
26. Malynovska I. M., Tkachenko M. A., Sachok V. H., Skumina M. O. Influence of agrotechnical measures on microbial groups of gray forest soil. *Problems of environmental biotechnology*. 2014. Vol. 1. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/peb\\_2014\\_1\\_8](http://nbuv.gov.ua/UJRN/peb_2014_1_8).

27. Methodology of state agricultural crop variety testing. Methods of determining quality indicators of plant products; Edited by O. M. Honchar. Kyiv: Alfa, 2000. Vol. 7. 150 p.
28. Slininger P. J., Schisler D. A., Shea-Anders M. A. et al. Multi-strain Co-cultures Surpass Blends for Broad Spectrum Biological Control of Maladies of Potatoes in Storage. *Biocontrol Science and Technology*. 2010. № 20. P. 763–786.
29. Murudova S. S., Davranov K. D. Complex microbial preparations. Application in agriculture. *Biotechnologia Acta*. 2014. Vol. 6. P. 92–101.
30. Nanda S., Kumar G., Hussain S. Utilization of seaweed-based biostimulants in improving plant and soil health: current updates and future prospective. *International Journal of Environment Sciences Technology*. 2022. Vol. 19. P. 12839–12852. URL: <https://doi.org/10.1007/s13762-021-03568-9>.
31. Nannipieri P., Ascher J., Ceccherini M. T., Landi L., Pietramellara G., Renella G. Microbial diversity and soil functions. *European Journal of Soil Science*. 2003. Vol. 54. P. 655–670. URL: <https://doi.org/10.1046/j.1351-0754.2003.0556.x>.
32. Nelson L. M. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): Prospects for new inoculants. *Crop Management*. 2004. URL: <https://doi.org/10.1094/CM-2004-0301-05-RV>.
33. Omeliuta V. P., Hryhorovych I. V., Chaban V. S. Accounting for pests and diseases of agricultural crops. Kyiv: Harvest, 1986. 296 p.
34. Ostapchuk M. O., Polishchuk I. S., Mazur O. V., Palamarchuk V. D. Mikrobiolohichni osnovy ahrotekhnolohiy. *Agriculture and forestry*. 3, 32-43.
35. Pikovska O. V, Vitvitska O. I. (2016). Influence of straw application on fertility indexes of typical chernozem. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Агронія*. 2016. Вип. 235. С. 160–166. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau\\_agr\\_2016\\_235\\_21](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_agr_2016_235_21).
36. Sible C. N., Seebauer J. R., Below F. E. Plant biostimulants: a categorical review, their implications for row crop production, and relation to soil health

indicators. *Agronomy*. 2021. 11:1297. URL: <https://doi.org/10.3390/agronomy11071297>.

37. Smetanko O. V., Burylina S. I., Kryvenko A. I. The influence of elements of biologization of winter wheat cultivation on different backgrounds of mineral nutrition in the Southern Steppe of Ukraine. *Herald of Agrarian Science*. 2018. Vol. 8(785). P. 33–37.

38. Socolov G., Michael I., Bambalov N. Influence of different organic materials on physical properties of desert and cultivated soils. *International Agrophysics*. 2005. № 19. P. 337–343.

39. Symochko L. et al. Microbial transformation of soil organic matter under varying agricultural management systems in Ukraine. *Frontiers in Microbiology*. 2024. T. 14. C. 128–136.

40. Tilman D., Cassman K., Matson P. A. et al. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*. 2002. Vol. 418, № 8. P. 671–677.

41. Tonkha O. L. Biological activity of Chernozem under nature reserve “Mykhailivska Tsilyna” and agricultural use. *New developments in research and management of the world’s mollisoil*. Harbin, China, 2010. P. 165–166.

42. Karpenko O. Y., Rozhko V. M., Butenko A. O., Lychuk A. I., Davydenko G. A., Tymchuk D. S., Tonkha O. L., Kovalenko V. P. The activity of the microbial groups of maize root-zone in different crop rotations. *Ukrainian journal of ecology*. Vol.10, Issue: 2. 2020. P. 137–140.

43. Viniukov O. O., Bondareva O. B., Korobova O. M., Chuhrii H. A. The effect of biological preparations on the productivity of winter wheat on different nutritional backgrounds in Donetsk region. *Herald of Agrarian Science*. 2018. Vol. 11. P. 41–47. URL: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201811-06>.

44. Vlasiuk O. S. Effectiveness of microbial preparations when growing spring wheat depending on the fertilization background. *Agricultural Microbiology*. 2020. Vol. 31. P. 51–56. URL: <https://doi.org/10.35868/1997-3004.31.51-56>.



45. Vlasiuk O. S. Effectiveness of biological preparations on wheat and spring barley crops. *Herald of Agrarian Science*. 2021. Vol. 10. P. 23–30. URL: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202110-03>.
46. Wadduwage J., Liu H., Egidi E., Singh B. K., Macdonald C. A. Effects of biostimulant application on soil biological and physicochemical properties: a field study. *Journal of Sustainable Agricultural Environment*. 2023. Vol. 2. P. 285–300. URL: <https://doi.org/10.1002/sae2.12057>.
47. Whipps J. M., Lynch J. M. The influence of the rhizosphere on crop productivity. *Advances in Microbial Ecology*. 1986. Vol. 9. P. 187–244.
48. Yakhin O. I., Lubyaynov A. A., Yakhin I. A., Brown P. H. Biostimulants in plant science: a global perspective. *Front Plant Science*. 2017. 7:2049. URL: <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.02049>.
49. Yeshchenko, V. O. (2011). To a method of determining the biological activity of soil. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. № 77. С. 21 –26. URL: <https://journal.udau.edu.ua/assets/files/others/-Zbirnik-UNUS-77.Ch.1.pdf#page=21>.
50. Агроекологічні основи вирощування картоплі / В. М. Положенець, М. С. Чернілевський, Л. В. Немерицька [та ін.]. Київ : Світ, 2008. 196 с.
51. Агроекологія : навч. посіб. / О. Ф. Смаглий, А. Т. Кардашов, П. В. Литвак [та ін.]. Київ : Вища освіта, 2006. 671 с.
52. Альохін В. В. Вплив рівнів і способів мінерального живлення на урожайність, ріст і розвиток рослин картоплі середньостиглого сорту Легенда. *Молодий вчений*. 2016. № 3. С. 243–248.
53. Андreyuk Є. І., Антипчук В. Н., Танцюренко Е. В. БТУ – нове бактеріальне добриво. *Мікробіологічний журнал*. 1999. № 2. С. 45–53.
54. Балашова Г., Нетіс В., Юзюк С., Котов Б., Юзюк О. Ефективність біологізованої технології вирощування картоплі за краплинного зрошення в умовах Півдня України. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 5(818). С. 60–64.
55. Балашова Г., Юзюк С. Продуктивність картоплі на Півдні України залежно від умов зволоження та способів внесення добрив за краплинного

зрошення. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2016. Вип. 96. С. 10–16. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/tnveconn\\_2016\\_96\\_4](http://nbuv.gov.ua/UJRN/tnveconn_2016_96_4).

56. Барвінський А. В. Зміна агрофізичних властивостей дерново-підзолистих ґрунтів під впливом застосування добрив та меліорантів. *Вісник аграрної науки*. 2003. № 9. С. 16–19.

57. Бегей С. В., Шувар І. А. Екологічне землеробство : підручник. Львів : «Новий Світ–2000», 2012. 432 с.

58. Билинська О. Н., Кулька В. П., Семец Н. П., Голод Р. М. Вплив застосування препарату альбіт на формування насінневої продуктивності доbazового матеріалу картоплі. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2021. Вип. 2. С. 71–79.

59. Патица В. П., Патица М. В. Біопрепарати в біоорганічному землеробстві. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2006. Вип. 4. С. 7–20.

60. Біотехнологія ризосфери овочевих рослин : монографія / За ред. В. П. Патики. Вінниця : ПП «ТД Едельвейс і К». 2015. 266 с.

61. Болоховський В. Відроджуємо родючість ґрунту. *Агроном*. 2013. № 3. С. 464–465.

62. Бондарчук А. А. Стан і пріоритетні напрями розвитку галузі картоплярства в Україні. *Картоплярство*. 2008. № 37. С. 7–13.

63. Бондарчук А. А. Стан картоплярства в Україні та перспективи його розвитку. *Вісник аграрної науки*. 2006. № 3–4. С. 49–50.

64. Борзих О. І., Ткаленко Г. М., Сергієнко В. Г. Вплив комплексного застосування біологічних і хімічних препаратів на розвиток хвороб та врожайність картоплі. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 8. С. 15–25. URL: [https://agrovisnyk.com/pdf/ua\\_2021\\_08\\_02.pdf](https://agrovisnyk.com/pdf/ua_2021_08_02.pdf).

65. Бородай В. В., Данілкова Т. В., Колтунов В. А. Аналіз мікрофлори ґрунту за застосування мікробіологічних препаратів в агроценозі *Solanum Tuberosum* L. в умовах Карпат. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія : Біологія, біотехнологія,*

URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau\\_biol\\_2015\\_214\\_7](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_biol_2015_214_7).

66. Бортнік А. М. Вплив ферментованих органічних добрив та біопрепаратів на врожай картоплі і овочевих культур на радіоактивно забруднених землях Західного Полісся : автореф. дис. ... канд. сільськогоспод. наук : 06.01.04. Харків, 2012. 22 с.

67. Бортнік А. М., Бортнік Т. П. Мікробіологічні препарати як основа підвищення біопродуктивності ґрунтів на радіоактивно забруднених територіях. *Охорона ґрунтів*. 2014. Вип. 1. С.101–103.

68. Бунас А. А., Чабанюк Я. В., Лобова О. В. Різноманіття бактеріальних ізолятів ризосфери рослин ріпаку. *Агроекологічний журнал*. 2014. № 2. С. 91–95.

69. Бунчак О. Вплив органічних добрив універсальної дії (ОДУД) на урожайність і якість бульб картоплі. *Збірник наукових праць Подільського державного агротехнічного університету*. 2010. С. 140–145.

70. Веремєєнко С. І. Еволюція та управління продуктивністю ґрунтів Полісся України. Луцьк : Надстир'я, 1997. 314 с.

71. Виробництво біопрепаратів комплексної дії: проблеми становлення / Козар С. Ф., Надкерничий С. П., Шерстобоев М. К., Патица В. П. *Бюлетень Інституту сільськогосподарської мікробіології*. 1998. № 2. С. 30–33.

72. Волкогон В. В. Мікробіологічні аспекти відтворення родючості ґрунтів. *Вісник аграрної науки*. 2012. № 9. С. 9–14.

73. Волкогон В.В. Мікробіологія у сучасному аграрному виробництві. *Сільськогосподарська мікробіологія*. Вип. 1–2. С. 6–29.

74. Волкогон В. В., Заришняк А. С., Гриник І. В. та ін. Методологія і практика використання мікробних препаратів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур : монографія. Київ : Аграрна наука, 2011. 156 с.

75. Вплив різних видів органічних та органо-мінеральних добрив на урожайність, якість бульб картоплі та поживний режим ґрунту / Оліфір Ю. М., Габриєль А. Й., Кочмар О. Й., Ільчук Р. В. *Картоплярство України*. 2012. № 1–2. С. 30–34.

76. Гамаюнова В. В., Нагорна О. В., Панфілова А. В. Вплив біодеструктора стерні на поживний режим ґрунту. *Збірник наукових праць ВНАУ. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2012. Вип. 6(68). С. 17–22.

77. Гамаюнова В.В. Ефективність зрошення та вплив добрив на використання вологи рослинами і підвищення стійкості землеробства зони Степу. Адаптація агротехнологій до змін клімат у: ґрунтово-агрохімічні аспекти : монографія / за наук. ред. С. Балюка, В. Медведєва, Б. Носка. Харків : Стильна типографія, 2018. 364 с. С. 108–126.

78. Гамаюнова В., Іскакова О. Особливості удобрення та використання картоплі літнього садіння на краплинному зрошенні в умовах Степу України. *Вісник Житомирського національного агроекологічного університету*. 2015. С. 145–151.

79. Гепенко О. В. Целюлозолітична активність ґрунту в різних короткоротаційних сівозмінах. *Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія: Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство*. 2013. № 1. С. 176–180.

80. Горбань В. А. Співвідношення екологічних функцій ґрунтів та їх екологічних властивостей. *Ґрунтознавство*. 2008. Т. 9(1/2). С. 124–127.

81. Господаренко Г. М. Агрохімія : підруч. Вид. 2-ге, перероб. і допов. Київ : СІК ГРУП УКРАЇНА, 2015. 372 с.

82. Гринчук І.О. Вплив мікродобрив та стимуляторів росту на урожай і якість кукурудзи на зерно. Напрями досліджень в аграрній науці: стан та перспективи: Всеукраїнська наукова конференція аспірантів, магістрів та студентів. Київ, 2017. С. 17.

83. Гудзь В. П., Шувар І. А, Юник А. В. Адаптивні системи землеробства : підручник / за ред. Гудзя В. П. Київ : Центр учбової літератури. 2014. 336 с.

84. Гуменюк Г. Д., Баджурак О. В., Ляшенко О. К. Органічне виробництво в світі – історія розвитку та сучасний стан (огляд). *Біоресурси і природокористування*. 2010. Т. 2. № 3/4. С. 56–62.

85. Гуральчук Ж. З. Вплив арбускулярних мікориз на надходження елементів живлення в рослини на забруднених важкими металами і засолених ґрунтах. *Охорона ґрунтів*. 2014. Вип. 1. С 149–152.

86. Ґрунти України: властивості, генезис, менеджмент родючості : навч. посіб. / В. І. Купчик, В. В. Іваніна, Г. І. Нестеров та ін.; за ред. В. І. Купчика. Київ : Кондор, 2011. 414 с.

87. Ґрунтознавство : підручник / Д. Г. Тихоненко, М. О. Горін, М. І. Лактінов та ін.; за ред. Д. Г. Тихоненка. Київ : Вища освіта, 2005. 703 с.

88. Дацьков Р. А. Мікродобрива як важлива складова для високої урожайності пшениці озимої. Напрями досліджень в аграрній науці: стан та перспективи: Всеукраїнська наукова конференція аспірантів, магістрів та студентів : тези доповіді. Київ, 2017. С. 24.

89. Дем'янюк О. С. Продовольча безпека України в контексті змін клімату. *Агроекологічний журнал*. 2015. № 4. С. 14–21.

90. Дем'янюк О. С. Екологічні основи функціонування мікробіоценозів ґрунту агроecosystem в умовах змін клімату : дис. ... д-ра с.-г. наук : 03.00.16. Київ, 2017. 437 с.

91. Дудар О. Т. Формування системи органічного агровиробництва. *Економіка АПК*. 2012. № 8. С. 31–38.

92. Екологічна безпека агропромислового виробництва: монографія / за ред. О. І. Фурдичка, А. Л. Бойка. Київ : ДІА, 2013. 416 с.

93. Екологія мікроорганізмів / В. П. Патица, Т. Г. Омелянець, І. В. Гриник, В. Ф. Петриченко. Київ : Основа, 2007. 192 с.

94. Єгоров О. В. Вплив різних видів добрив на продуктивність картоплі в коротко сівозмінах Полісся. *Вісник аграрної науки*. 2005. № 10. С. 73–75.

95. Зелене добриво – важливий захід підвищення родючості ґрунту та урожайності культур в умовах біологізації землеробства / М. С. Чернілевський, А. С. Малиновський, Н. Я. Кривіч та ін. Житомир, 2003. 124 с.

96. Ільчук В. А. Урожай і якість картоплі залежно від технологічних заходів вирощування в умовах західного Лісостепу України : дис. ... канд. с.-г. наук : 06.00.09. Львів, 1995. 156 с.
97. Іутинська Г. О. Ґрунтова мікробіологія. Київ : Арістей, 2006. 284 с.
98. Іутинська Г. О. Шляхи регулювання функцій мікробних угруповань ґрунту в аспекті біологізації землеробства і стійкого розвитку агроєкосистем. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2005. Вип. 3. С. 7–18.
99. Кармазіна Л., Петренко А. Ефективність позакореневого підживлення під час вирощування картоплі. *Картоплярство*. 2011. № 40. С. 224–232.
100. Картопля / В. А. Вітенко, М. С. Куценко, М. Ю. Власенко [та ін.] ; за ред. В. А. Вітенка, М. С. Куценка, М. Ю. Власенка. Київ : Урожай, 1990. 256 с.
101. Картопля / за ред. В. В. Конунученка, М. Я. Молоцького. Біла Церква, 2002. Т. 1. 536 с.
102. Картопля : енциклопедичний довідник / За ред. А. А. Бондарчука, М. Я. Молоцького. Біла Церква, 2009. Т. 4. 222 с.
103. Кисіль В. І. Біологічне землеробство в Україні: проблеми і перспективи. Харків : Штрих, 2000. 162 с.
104. Ковалець Ю. М. Трансформація гумусового стану дерново-підзолистих ґрунтів Західного Полісся України під впливом тривалого сільськогосподарського використання. *Збірник наукових праць Подільського аграрно-технологічного університету*. 2007. № 15, Т. 1. С. 251–253.
105. Ковальов В. Б., Трембіцька О. І., Радько Т. В. Біологічна активність ґрунту за органічної системи вирощування культур у короткоротаційній сівозміні. *Агропромислове виробництво Полісся*. 2015. № 8. С. 15–19.
106. Колтунов В. А., Данілкова Т. В., Бородай В. В. Проблеми виробництва екологічно чистої картоплі. *Картоплярство*. 2019. Вип. 44. С. 127–143.
107. Кордулян Ю. В., Гунчак М. В., Соломійчук М. П. Вплив біопрепаратів на показники урожайності та рентабельності картоплі. *Картоплярство*. 2019. Вип. 44. С. 151–159.

108. Коць С. Я., Патица В. П. Біологічна фіксація азоту та її значення у живленні рослин. Фізіологія рослин: проблеми та перспективи розвитку / [гол. ред. В. В. Моргун]. Київ : Логос, 2009. Т. 1. С. 344–386.

109. Крамарьов С. Фосфорна проблема українських чорноземів та можливі шляхи її вирішення. URL: <https://imptorgservis.uaprom.net/a170873-fosforna-problema-ukrayinskih.html>.

110. Козлова О. П. Формування врожайності гібридів соняшнику залежно від фунгіцидів біологічного походження та стимуляторів росту. Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки. Вип.102. Херсон – 2018. С.52-57.

111. Курдиш І. К. Інтродукція мікроорганізмів у агроєкосистеми. Київ : Наукова думка, 2010. 255 с.

112. Лавриненко Ю., Балашова Г., Юзюк С. Продуктивність картоплі за краплинного зрошення в умовах півдня України. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2016. № 6. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd\\_2016\\_6\\_13](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2016_6_13).

113. Лісовий М. В., Нікітюк М. Л. Баланс поживних речовин в землеробстві України. *Охорона родючості ґрунтів*. 2006. Вип. 1. С. 55–58.

114. Лісовська Т. П., Шевчук М. Й., Мерленко І. М. Вплив органічних добрив, зокрема місцевих сапропелів на мікробіоту ґрунту. *Науковий вісник ВДУ ім. Лесі Українки*. 2004. № 1. С. 72–74.

115. Лопушняк В. І. Динаміка мікробіологічного складу темно-сірого опідзоленого ґрунту залежно від удобрення зернових культур у плодозмінній сівозміні. Сучасний стан ґрунтового покриву України та шляхи забезпечення його сталого розвитку на початку ХХІ століття : Міжнародна науково-практична конференція, присвячена 50-річчю з дня створення Інституту ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського : м. Харків : тези доповіді. Харків, 2006. С. 105–106.

116. Мазур Г. А. Відтворення і регулювання родючості легких ґрунтів. Київ : Аграрна наука, 2008. 306 с.

117. Матвійчук Б. В. Мікробіологічна активність – основний показник якості ясно-сірого лісового ґрунту. Сучасний стан ґрунтового покриву України та шляхи забезпечення його сталого розвитку на початку ХХІ століття : Міжнародна науково-практична конференція, присвячена 50-річчю з дня створення Інституту ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського : м. Харків : тези доповіді. Харків, 2006. С. 52–54.

118. Матвійчук Б. В. Інтенсивність ґрунтово-біологічних процесів ясно-сірих лісових ґрунтів зони Полісся. *Вісник ДАУ*. 2006. № 1. С. 209–213. URL: [http://ir.znau.edu.ua/bitstream/123456789/7099/1/VDAU\\_2006\\_1\\_209-213.pdf](http://ir.znau.edu.ua/bitstream/123456789/7099/1/VDAU_2006_1_209-213.pdf).

119. Медведєв В. В. Стан родючості ґрунтів України та прогноз його змін за умов сучасного землеробства / За ред. В. В. Медведєва, М. В. Лісового. Харків : Штрих, 2001. 97 с

120. Мекіч М. З., Джура Н. М., Терек О. І. Функціональне і прикладне значення біологічної активності ґрунту. *Біологічні студії*. 2013. Т. 7. № 3. С. 247–258.

121. Методологія і практика використання мікробних препаратів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур / Волкогон В. В., Заришняк А. С., Гриник І. В., Бердников О. М. та ін. Київ : Аграрна наука, 2011. 156 с.

122. Мікоризні інокулянти. URL: [https://www.micofix.com.ua/?gclid=EAIaIQobChMIqMfV\\_sWZ2QIVU14ZCh1E9QF-EAAYASAAEgKuOfD\\_BwE#pervagi](https://www.micofix.com.ua/?gclid=EAIaIQobChMIqMfV_sWZ2QIVU14ZCh1E9QF-EAAYASAAEgKuOfD_BwE#pervagi).

123. Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика : монографія / В. В. Волкогон, О. В. Надкринична, Т. М. Ковалевська, Т. М. Токманова. Київ : Аграрна думка, 2006. 312 с.

124. Мікроорганізми і альтернативне землеробство / В. П. Патики, І. А. Тихонович, І. Д. Філіп'єв [та ін.]. Київ : Урожай, 1993. 174 с.

125. М'ялковський Р. Біохімічні показники бульб картоплі за використання мікродобрих. *Вісник Харківського національного аграрного університету*. 2018. С. 23–32.



126. Надкернична О. В. Особливості взаємодії мікро- і макросимбіонтів в системі діазотрофи – небобова рослина : автореф. дис. ... д-ра біол. Наук : 03.00.16. Київ, 2004. 33 с.

127. Напрямки екологізації землеробства / Ящук В. У., Корецький А. П., Ковбасенко Р. В., Дмитрієв О. П., Ковбасенко В. М. Київ, 2016. 139 с.

128. Національна доповідь про стан родючості ґрунтів України / С. А. Балюк, В. В. Медведєв, О. Г. Тараріко та ін. Київ, 2010. 112 с.

129. Носко Б. С. Шляхи підвищення родючості ґрунтів у сучасних умовах сільськогосподарського виробництва. Київ : Аграрна наука, 1999. 98 с.

130. Оптимізація мікроелементного живлення сільськогосподарських культур - рек. / Фатєєв А. І. [та ін.]. 2-ге вид., випр. та доп. Харків, 2012. 39 с.

131. Основи землеробства : підручник / О. Ф. Смаглій, М. Ф. Рибак, Є. М. Данкевич та ін. Житомир : Вид-во ВДНЗ «Державний агроекологічний університет», 2008. 514 с.

132. Оцінка і управління якістю ґрунтів: навчальний посібник / С. Ю. Булигін, О. Л. Тонха, С. В. Вітвіцький, Л. І. Кучер, О. В. Буланий. Київ : Видавничий дім «Вініченко», 2021. 446 с.

133. Патица В. П. Біологічна азотфіксація: вчора, сьогодні, завтра / В. П. Патица, В. В. Волкогон, О. В. Надкернична [та ін.]. Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліть. Київ, 2001. Т. 1. С. 212–226.

134. Патица В. П. Екологічні основи застосування біологічних засобів захисту рослин як альтернативи хімічним пестицидам / В. П. Патица, Т. Г. Омелянець // *Агроекологічний журнал*. 2005. № 2. С. 21–24.

135. Екологія мікроорганізмів : посібник / В. П. Патица, Т. Г. Омелянець, І. В. Гриник, В. Ф. Петриченко; [за ред. В. П. Патики]. Київ : Основа, 2007. 192 с.

136. Патица В. П., О. В. Шерстобоева. Методичні підходи до мікробіологічного моніторингу стану ґрунтів агроecosystem. *Агроекологічний моніторинг та паспортизація сільськогосподарських земель*. Київ, 2002. С. 131–136.

137. Біологічний азот / В. П. Пати́ка, С. Я. Коць, В. В. Волкогон та ін. Київ : Світ, 2003. 422 с.
138. Пати́ка М. В., Пати́ка В. П. Сучасні проблеми біорізноманітності і зміни клімату. *Вісник аграрної науки*. 2014. № 6. С. 5–10.
139. Петренко Л. Р., Вітвіцький С. В., Булигін С. Ю. та ін. Управління ґрунтовими режимами : монографія. Київ : Видавництво НУБіП, 2017. 368 с
140. Повх О. В., Мерленко І. М. Стан мікробіоценозу дерново-підзолистого супіщаного ґрунту під впливом органічних добрив та мікробіологічних препаратів. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агрономія і біологія*. 2013. Вип. 3. С. 61–64.
141. Поліщук К. В. Біологічне землеробство – основа родючості ґрунту *Охорона ґрунтів*. Спеціальний випуск. Матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції «Охорона ґрунтів та підвищення їх родючості». З нагоди Міжнародного року ґрунтів: м. Одеса 16–17 вересня 2015 р. Київ, 2015. С. 109–111.
142. Положенець В., Черніневський М., Немерицька Л. Агроекологічні основи вирощування картоплі. Київ : Світ, 2008. 196 с.
143. Потапенко Л. Ефективність мікробних препаратів за різних систем удобрення картоплі. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2012. № 15, С. 83–91. URL: <https://doi.org/10.35868/1997-3004.15.83-91>.
144. Потабенко М. В., Корніцька О. І. Особливості та передумови розвитку органічного землеробства. *Агроекологічний журнал*. 2007. № 2. С. 34–39.
145. Рогач В. В., Рогач Т. І. Вплив синтетичних стимуляторів росту на морфологічні характеристики та біологічну продуктивність культури картоплі. *Biosystems Diversity*. 2015. Т. 23, № 2. URL: <https://doi.org/10.15421/011532>.
146. Розвиток інтенсивних систем землеробства на зрошуваних землях України: науково-технологічне забезпечення : методичні рекомендації / за ред. чл.-кор. НААН Р. А. Вожегової. Херсон: «ОЛДІ-ПЛЮС», 2020. 254 с.

147. Рослинні рештки: їх мінералізація та вплив на родючість ґрунту / С. І. Попов, В. М. Цуканов, Ю. А. Палеско, А. М. Слепцов. *Вісник ХДАУ*. 1999. № 1. С. 120–123.

148. Сайко В. Ф. Використання на удобрення побічної продукції рослинництва в Україні. *Землеробство*. 2009. № 81. С. 3–10.

149. Сенчук С. М., Крикунова О. В. Ефективність біопрепаратів за вирощування сільськогосподарських культур. *Землеробство*. 2008. № 80. С. 18–23.

150. Сидорчук А. А., Каліцький П. Ф. Ефективність строків внесення нових добрив при позакореновому підживленні рослин картоплі. *Картоплярство*. 2009. Вип. 38. С. 145–151.

151. Сільськогосподарська мікробіологія і збалансований розвиток агроєкосистем / В. Ф. Петриченко, І. А. Тихонович, С. Я. Коць, [та ін.]. *Вісник аграрної науки*. 2012. № 8. С. 5–11.

152. Сіренко Н. М., Чайка Т. О. Органічні продукти харчування у забезпеченні продовольчої безпеки України. *Економіка АПК*. 2012. № 1. С. 43–49.

153. Скрильник Є. В. Трансформація гумусового стану ґрунтів та їх енергоємності під впливом різних систем удобрення. *Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області*. 2010. Вип. 7. С. 184–194.

154. Скрипніченко С. В., Скиба Г. В. Аналіз мікробіологічних процесів у дерново-підзолистому ґрунті за екологічно-безпечного землеробства. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2017. № 2. С. 19–23.

155. Соломійчук М., Кордулян Ю. Використання біологічної системи захисту картоплі від колорадського жука (*Leptonotarsa decemlineata* Say.) та фітофторозу (*Phytophthora infestans* (Mont) de Bary). *Захист і карантин рослин*. 2018. № 64. С. 208–218. URL: <https://doi.org/10.36495/1606-9773.2019.64>.

156. Смага І. С., Черлінка В. Р., Дмитрук Ю. М. Землеробство. Фактори життя рослин і родючість ґрунту : навчальний посібник. Чернівці : Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича, 2022. 128 с.

157. Сендецький, В.М. (2017). Вплив регуляторів росту на ріст, розвиток та формування врожайності рослин соняшнику. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. № 3 (45). С. 40-43.

158. Тараріко Ю. О., Бердніков О. М. Формування біоенергетичних агроecosystem в зоні Полісся України : рекомендації / Науково-технічне забезпечення аграрного виробництва. Київ, 2012. 246 с.

159. Трембіцька О. І. Біологічна активність ґрунту в залежності від систем добрив в короткоротаційній сівоzmіні. *Вісник Житомирського національного агроecологічного університету*. 2011. № 1, т. 1. С. 441–449.

160. Хмилевський О. Ефективність локального способу застосування мінеральних добрив та його вплив на врожай картоплі в літніх посадках свіжозібраними бульбами в умовах зрошення Південного Степу України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2006. С. 60–66.

161. Хоменко Т. О., Тонха О. Л. Оцінка біологічної активності дерново-підзолистого ґрунту за застосування органічних технологій вирощування картоплі. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2024. Т. 6, № 106. URL: [https://doi.org/10.31548/dopovidi6\(106\).2023.006.0](https://doi.org/10.31548/dopovidi6(106).2023.006.0).

162. Хоменко Т. О., Тонха О. Л., Пузняк О. М. Зміна фактору ємності фосфору і калію у дерново-підзолистому ґрунті за органічної технології вирощування картоплі. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 131. С. 238–246. URL: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.131.29>.

163. Чайковська В. В., Чабанюк Я. В., Шерстобоева О. В. Комплексні мікробні препарати для інтегрованих систем землеробства. *Мікробіологія і біотехнологія*. 2007. № 1. С. 75–81.

164. Чорний С. Г. Оцінка якості ґрунтів : навчальний посібник. Миколаїв : МНАУ, 2018. 233 с.

165. Шевченко А. І., Юнацький В. Ф. Вплив елементів технології органічного землеробства на врожай та якість зерна пшениці озимої м'якої. *Агроecологічний журнал*. 2007. № 1. С. 79–83.

166. Шерстобоева Є. В., Дудінова І. А., Шерстобоев Н. К. Біопрепарати азотфіксуючих бактерій: проблеми і перспективи застосування. *Мікробіологічний журнал*. 1997. Т. 58, № 4. С. 109–117.

167. Шерстобоев М. К., Мельничук Т. М. Методологічний підхід до вивчення асоціативних мікроорганізмів. X з'їзд Товариства мікробіологів України : м. Одеса, 2004 : тези доповіді. Одеса, 2004. С. 252.

168. Шерстобоева О. В., Шустерук Т. З., Дем'янюк О. С. Біологічний моніторинг ґрунтів як складова екологічного моніторингу. *Агроекологічний журнал*. 2007. № 3. С. 45–49.

169. Шикун М. К. Відтворення родючості ґрунтів у ґрунтозахисному землеробстві. Київ: Оранта, 1998. 678 с.

170. Шувар І. А. Агроекологічні основи вирощування картоплі в агроценозах Полісся. Житомир : Поліський національний університет. 2021. 220 с.

## РОЗДІЛ 2

## УМОВИ, ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

## 2.1. Ґрунтово-кліматичні умови зони проведення досліджень

Полеві дослідження проводили в умовах Західного Полісся на Волинській державній сільськогосподарській дослідній станції Інституту сільського господарства Західного Полісся НААН. У зоні проведення досліджень поширені дерново-підзолисті ґрунти на середньочетвертинних водно-льодовикових і верхньочетвертинних алювіальних відкладах [3]. Особливостями всіх видів дерново-підзолистих ґрунтів є поділ їх профілю на горизонти вимивання і вмивання колоїдів та оксидів, підвищена кислотність, ненасиченість обмінного комплексу основами, незначна буферність і низька біологічна активність. За ступенем опідзолення їх поділяють на слабо-, середньо- і сильнопідзолисті, за гранулометричним складом – на піщані, зв'язно-піщані, супіщані та суглинкові, за оглеєністю – на неоглеєні, глеюваті та сильно глейові. Вони утворилися внаслідок поєднання підзолистого і дернового процесів ґрунтоутворення [4].



Дослід було закладено на дерново-підзолистому ґрунті (ДП), будова якого наведена нижче.

HE 6–31 см – сірий, злегка забарвлений гумусом, розсипчастий піщаний або зв'язно-піщаний, гумусово-елювіальний горизонт неоднорідний, слабоплямистий, дрібноплямистий, свіжий, горіхувато-грудкувата, слабка структурованість, пухкий, багато тонкого коріння, корені в основному живі, перехід ясний, хвилястий.

Eh 31–46 см – білісий, неоднорідний, плямистий, дрібноплямистий, сірі плями, легкосуглинковий, слабка структурованість, слабо

Рис. 2.1. Зріз дерново-підзолистого ґрунту

ущільнений, багато тонкого коріння, корені в основному живі, слабзорозкладені корені дерев, перехід ясний, хвилястий.

I 46–85 см – бурий, неоднорідний, плямистий, дрібноплямистий, плями світло-жовтувато-бурі і темно-сірі, свіжий, важкий суглинок, сланцювато-пластинчаста, ущільнений, затьоки гумусу та на півтора окислів алюмінію і заліза, перехід поступовий.

Ip 85–135 см – світло-сірувато-бурий, різкий прямий перехід.

Pk 135–165 см – світло-жовті флювіогляційні піщані відклади.

У верхньому шарі ДП вміст гумусу становить 1,32–1,41 %, у підорному шарі – від 0,78 до 0,86 % (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

**Фізико-хімічні й агрохімічні показники ДП у Волинській дослідній станції Інституту сільського господарства Західного Полісся НААН**

Показник	Шар ґрунту, см	
	0–30	30–50
pH водної витяжки	5,1 ± 0,15	4,6 ± 0,15
pH сольової витяжки	4,4 ± 0,15	-
Сума увібраних основ, мг-екв./100 г ґрунту	18,0 ± 2,8	-
Загальний гумус, %	1,32 ± 0,06	0,78 ± 0,08
Азот лужногідролізованих сполук, мг/кг ґрунту	84,6 ± 8,5	44,2 ± 8,1
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> за Кірсановим, мг/кг ґрунту	89,4 ± 13,1	62,1 ± 2,2
K <sub>2</sub> O за Кірсановим, мг /кг ґрунту	83 ± 9,4	56 ± 6,8

Реакція ґрунтового середовища характеризується як сильноокисла, забезпеченість лужногідролізованим азотом ґрунту дослідного поля належить до низькозабезпечених (за Конфілдом), рухомого фосфору і обмінного калію – середня забезпеченість [5].

## 2.2. Програма і методика досліджень

Програма досліджень визначалась запитами виробництва з урахуванням удосконалення елементів органічної технології вирощування картоплі, які повинні позитивно вплинути на зміну гумусового стану на дерново-підзолистому легкосуглинковому ґрунті та суттєво зменшити енерговитрати і підвищити рівень рентабельності вирощування картоплі з урахуванням перспектив росту врожайності в Україні.

У процесі розробки схем дослідів витримано принцип єдиної різниці, а також діапазон градацій факторів, який дозволяє визначити оптимальні параметри дії досліджуваних заходів. Дослід двофакторний, стаціонарний, польовий за органічної технології вирощування картоплі.

У досліді № 1 факторами виступали:

*Фактор А:* 1) без біодеструктора по гірчиці на сидерат з наступною його заробкою; 2) обприскування біодеструктором «Екостерн» у дозі 1,2 л/га по гірчиці на сидерат з наступною його заробкою.

*Фактор Б:* внесення «Мікохелп» та триразова фоліарна обробка рослин препаратами «Агат 25» [25], «Регоплант» [21], «Фітохелп» [24], «Стімпо» [23].

«Мікохелп» [16] застосовували навесні під культивуацію, перед висаджуванням картоплі. Обробка препаратами фоліарно була триразовою: під час змикання бадилля в рядку, бутонізації, після цвітіння.

Дослід 1. Встановити вплив біопрепаратів за внесення в ґрунт та триразового фоліарного внесення на показники родючості дерново-підзолистих ґрунтів, врожайність і якість картоплі за органічної технології її вирощування (табл. 2.2).



**Схема досліду з вивчення впливу біопрепаратів на продуктивність картоплі та біологічну активність дерново-підзолистого ґрунту**

Фактор А	Фактор Б
Фон 1. Гірчиця на сидерат з наступною її заробкою в ґрунт без біодеструктора	1. Контроль (без внесення біопрепарату)
	2. Внесення в ґрунт «Мікохелп» в дозі 2,0 л/га (фон) + триразова обробка по вегетації, «Агат 25» у дозі 100 мл/га
	3. Внесення в ґрунт «Мікохелп» в дозі 2,0 л/га + триразова обробка по вегетації, «Регоплант» – 50 мл/га
	4. Внесення в ґрунт «Мікохелп» в дозі 2,0 л/га + триразова обробка по вегетації, «Фітохелп» – 1,0 л/га
	5. Внесення в ґрунт «Мікохелп» в дозі 2,0 л/га + триразова обробка по вегетації, «Стимпо» – 15 мл/га
Фон 2. Внесення біодеструктора «Екостерн» у дозі 1,2 л/га по гірчиці на сидерат з наступною її заробкою в ґрунт	1. Контроль (без внесення біопрепарату)
	2. Внесення в ґрунт «Мікохелп» в дозі 2,0 л/га (фон) + триразова обробка по вегетації, «Агат 25» – 100 мл/га
	3. Внесення в ґрунт «Мікохелп» в дозі 2,0 л/га + триразова обробка по вегетації, «Регоплант» – 50 мл/га
	4. Внесення в ґрунт «Мікохелп» в дозі 2,0 л/га + триразова обробка по вегетації, «Фітохелп» – 1,0 л/га
	5. Внесення в ґрунт «Мікохелп» в дозі 2,0 л/га + триразова обробка по вегетації, «Стимпо» – 15 мл/га

Дослід закладений у короткоротаційній сівозміні з таким чергування культур: вика-овес на зерно, гірчиця на сидерат, картопля у чотириразовому повторенні. Сорт картоплі – Партнер. Чергування технологічних операцій, яке наведено у табл. 2.3, складено спільно із науковцями Волинської дослідної станції Інституту сільського господарства Західного Полісся НААН [14, 15].

**Модель комплексного контролю хвороб і шкочочинних організмів  
у насадженнях картоплі за органічного виробництва в ґрунтово-  
кліматичних умовах Західного Полісся в органічному землеробстві\***

Дотримання сівозміни	Картоплю слід розміщувати після зернових, зернобобових, однорічних і багаторічних трав	Об'єкт боротьби та дії
Передпосівний (після збирання зернового попередника)	Обробка стерні біодеструктором	Підготовка ґрунту
Посів сидерату гірчиця	Фітоочищення та покращення структури ґрунту	Поліпшення фітосанітарного стану та родючості ґрунту.
Поверхневий обробіток ґрунту	Дискування на глибину 15–18 см	-
Плоскорізний обробіток	На глибину 35–40 см	-
Обробка ґрунту перед нарізуванням гребенів	Біопрепарат з фунгіцидною дією «Мікохелп» 2 л/га	Живлення, ґрунтовий захист від хвороб
Перед посадкою	Прогрівання насінневих бульб (при 15–18 °С) протягом 12–15 днів у буртах, вкритих поліетиленою плівкою з наступним перебиранням і видаленням хворих бульб	Комплекс хвороб: чорна ніжка, фітофтороз, стеблева нематода
Догляд за посівами		
До появи ознак хвороби, початок фази бутонізації	Біофунгіциди Біоінсектициди	Фітофтороз, макроспоріоз, альтернаріоз Колорадський жук
Наступне через 14–16 днів**	Повторний обробіток на всіх посівах від шкідників і хвороб: Біофунгіциди Біоінсектициди	Колорадський жук, фітофтороз, макроспоріоз, альтернаріоз

Наступне через 14–16 днів**	Повторний обробіток на всіх посівах від хвороб: Біофунгіци	Фітофтороз, макроспоріоз, альтернаріоз
За 12–15 днів до збирання врожаю	Скошування картоплиння	Фітофтороз, кільцева гниль

Примітки. \*Складено спільно із науковцями Волинської державної сільськогосподарської дослідної станції Інституту сільського господарства Західного Полісся НААН [18].

Дослід 2. Проводили порівняння агрохімічних, фізико-хімічних і морфолого-генетичних показників за інтенсивною, органічною технологією вирощування картоплі та перелогом.

Інтенсивна технологія вирощування картоплі полягає в такому:

– Попередником є озимі зернові культури, в основному пшениця (жито). Солону подрібнюють комбайном під час збирання врожаю зерна і дискування важкими дисковими боролами БДТ-7.

– Оранку проводять навесні на глибину 22–25 см. Під оранку вносять фосфорні та калійні мінеральні добрива, азотні – і під культивацію.

– Система удобрення. Навесні застосовують складні добрива — нітроамофоску ( $N_{17}P_{17}K_{17}$ ) та інші. Вносили 5 ц/га калімагнезії ( $K_{28}Mg_8$ ), що становить 140 кг/га діючої речовини калію і 40 кг/га діючої речовини магнію. Із фосфорних добрив вносили амофос ( $N_{12}P_{52}$ ) у дозі 2 ц/га, що становило 104 кг/га д.р. фосфору і 24 кг/га д.р. азоту.

Перед посадкою бульби протруювали препаратом «Престиж» з нормою 1 л на 10 л води і на 1 т бульб.

*Садіння, догляд.* Навесні проводили культивацію за допомогою КПС-4, перед садінням картоплі. Картоплю садили з 15 по 25 квітня з дотриманням ширини міжрядь 70 см. За допомогою трьох міжрядних розпушувачів знищували бур'яни. Сходи картоплі присипали ґрунтом – шаром 2–4 см, що давало змогу

знищити сходи бур'янів і сприяло кращому розвитку кореневої системи в рослин картоплі.

Після останнього розпушування міжрядь і появи сходів бур'янів їх знищували за допомогою гербіцидів: «Тітус» (40 г/га) + «Зенкор» (200 г/га) + «Тренд» (200 мл/га). Для захисту від хвороб картоплю обприскували три-чотири рази. Для першої обробки використовували фунгіцид «Татту» (3 л/га) за перших ознак захворювання рослин або перед змиканням рослин у рядках. Крім захисту від хвороб, через 8–12 днів після першого обприскування посіви обробляли вдруге препаратом «Танос» (0,6 кг/га). Втретє картоплю обробляли фунгіцидом «Ридоміл Голд» (2,5 кг/га) через 8–10 днів після другої обробки.

За тиждень до збирання скошували бадилля. Бульби збирали картоплекомбайнами. З подальшою переборкою та сортуванням бульб по фракціях. Характеристика сорту картоплі, з яким проводили дослідження.

Сорт Партнер – середньоранній український сорт картоплі столового призначення. Його вегетаційний період складає приблизно 107 днів. Куш середньої висоти, прямий, стеблового типу. Листя помірного зеленого забарвлення, відкрите за обрисом. Віночок квітки малий, білого кольору. Бульби овальної форми, світло-бежевого кольору, окрема картоплина важить близько 89,1 г, вміст крохмалю становить 13–14 %. Вічка мілкі, з жовтою основою. М'якуш жовтий. Середня врожайність складає 45–52 т/га. Відмічається висока стійкість сорту до нематоди. Картопля цього сорту має гарні смакові якості і найкраще підходить для приготування картоплі фрі.

Характеристика препаратів, що застосовувались у дослідженні:

*«Екостерн® класичний»* – концентрований препарат, спеціально розроблений для розкладання післяжнивних решток кукурудзи, соняшнику й інших сільськогосподарських культур, оздоровлення ґрунту та попередження його деградації. Складається з мікроорганізмів, які прискорюють розкладання пожнивних решток та антагоністів бактерій [11].

Застосовують після збирання урожаю зернових, технічних та інших культур для обробки ґрунту та пожнивних решток для прискорення їх

розкладання, пригнічення розвитку фітопатогенів, нейтралізації фітотоксинів та покращення біологічної активності ґрунту. Поліпшення фізичних і агрохімічних показників ґрунту. Склад: бактерії *Bacillus subtilis*, *Azotobacter*, *Enterobacter*, *Enterococcus*, гриби *Trichoderma lignorum*, *Trichoderma viride*, загальне число життєздатних клітин –  $2,5 \times 10^9$  КУО/см<sup>3</sup> [11].

«Мікохелл® біофунгіцид» – багатофункціональний, багатокомпонентний мікробний препарат, призначений для лікування та профілактики грибних захворювань. Гриби-антагоністи пригнічують розвиток фітопатогенів, як-от *Rhizoctonia*, *Phytophthora*, *Pythium*, *Verticillium*, *Sclerotinia*, *Fusarium* та інших, що викликають кореневу, стеблову та плодову гниль; стимулюють ріст кореневої системи, збільшують площу поглинання елементів живлення, зберігають продуктивну вологу. Застосовують їх для: обробки ґрунту; передпосівної обробки насіння; обробки розсади овочевих культур перед висаджуванням у ґрунт; кореневе та позакореневе підживлення рослин [16].

Склад: сапрофітні гриби-антагоністи роду *Trichoderma*, живі клітини бактерій *Bacillus subtilis*, *Azotobacter*, *Enterobacter*, *Enterococcus*, біологічно-активні продукти життєдіяльності мікроорганізмів-продуцентів. Загальне число життєздатних клітин – не менше  $1,0 \times 10^9$  КУО/см<sup>3</sup> [16].

«Фімохелл® біофунгіцид» – біопрепарат із антимікробною та рістстимулюючою дією. Призначений для захисту сільськогосподарських культур від широкого спектра бактеріальних збудників (*Pseudomonas*, *Xanthomonas*, *Erwinia*) та грибних хвороб (фітофтороз, борошниста роса, іржа, парша, кокомікоз, макроспоріоз, ризоктоніоз, пероноспороз, бура плямистість, кореневі та плодові гнилі, фузаріоз, аскохітоз, фомоз, церкоспороз, вертицильоз, пліснява). Підвищує урожайність культур і поліпшує якість продукції, забезпечує антистресову дію до несприятливих умов. Застосовують для передпосівної обробки насіння, обробки розсади овочевих культур перед висаджуванням, обприскування в період вегетації.

Склад: концентрат бактерій роду *Bacillus* – найбільш активних проти грибних і бактеріальних хвороб, титр – не менше ніж  $4 \times 10^9$  КУО/см<sup>3</sup> [24].

«*Agam - 25K*» – біофунгіцид і стимулятор росту, створений на основі ґрунтових бактерій *Pseudomonas aureofaciens* Н-16 і продуктів їх життєдіяльності, збагачених природними індукторами імунітету рослин. Препарат імунізує рослину через формування неспецифічної системної стійкості до збудників хвороб і до ряду несприятливих факторів навколишнього середовища, як-от засуха, низькі і високі температури. Препарат має також безпосередню фунгіцидну дію на патогени, активізує ростові процеси в рослин, сприяє покращенню їх мінерального живлення внаслідок фіксації азоту з повітря та переводу в засвоювану форму нерозчинних форм фосфатів, очищенню ґрунту від залишків отрутохімікатів, відтворенню й активізації життєдіяльності корисної мікрофлори.

Склад: культуральна речовина інактивованих бактерій (титр –  $5-8 \times 10^{10}$  КУО/см<sup>3</sup> до інактивації), біоактивні речовини з проростків рослин, збалансований набір стартових доз основних мікро- та макроелементів, флавоноїдні речовини й активні фракції хвойного екстракту [25].

«*Регоплант*» – біостимулятор рослин, в основу якого покладено синергічний ефект взаємодії продуктів біотехнологічного культивування грибів-мікроміцетів із кореневої системи женьшеню й аверсектинів. Підвищує стійкість рослин до несприятливих погодних умов (посуха, заморозки), польову схожість і енергію проростання насіння. Розвиває симбіотичну мікрофлору в зоні кореневої системи. Підсилює фотосинтетичну активність і розвиток листової поверхні. Знижує фітотоксичну дію пестицидів. Проявляє біозахисний і антипаразитний ефекти: на 60–75 % захищає рослини від хвороб і шкідників.

Препарат широкого спектра дії, застосовується під час передпосівної обробки насіння, обробки рослин у період вегетації. Використовується у промисловому вирощуванні грибів, овочевих і ягідних культур, лісівництві та біотехнологіях.

Склад: комплекс біологічно-активних сполук – продукти життєдіяльності грибів-мікроміцетів – 0,3 г/л (насичені і ненасичені жирні кислоти (C14-C28), полісахариди, 15 амінокислот, аналоги фітогормонів цитокінінової та ауксинової

природи), комплекс біогенних мікроелементів – 1,75 г/л, калієва сіль альфа-натилоцтової кислоти – 1 мг/л, «Аверсектин С» [21].

«*Стимпо*» – біостимулятор рослин, який забезпечує синергічний ефект взаємодії продуктів біотехнологічного культивування грибів-мікроміцетів із кореневої системи женьшеню й аверсектинів. Підвищує стійкість рослин до несприятливих погодних умов (посуха заморозки), підвищує польову схожість і енергію проростання насіння. Розвиває симбіотичну мікрофлору в зоні кореневої системи. Підсилює фотосинтетичну активність і розвиток листової поверхні. Знижує фітотоксичну дію пестицидів. Володіє біозахисним і антипаразитарним ефектом: на 50–65 % захищає рослини від хвороб і шкідників.

Препарат широкого спектра дії, застосовується під час передпосівної обробки насіння, обробки рослин у період вегетації, застосовується в промисловому вирощуванні грибів, овочевих і ягідних культур, лісівництві та біотехнологіях.

Склад: комплекс біологічно-активних сполук – продукти життєдіяльності грибів-мікроміцетів – 1 г/л (насичені і ненасичені жирні кислоти (C14-C28), полісахариди, 15 амінокислот, аналоги фітогормонів цитокінінової та ауксинової природи), комплекс біогенних мікроелементів – 0,014 г/л, Аверсектин С [23].

Польові та лабораторні дослідження виконано за загальноприйнятими методиками. Зразки ґрунту відбирали та готували до аналізів згідно з ДСТУ ISO 11464-2007.

Агрохімічні показники визначали у пробах ґрунту:

- рН сольовий і водний потенціометрично (ДСТУ ISO 10390-2001) [29];
- гідролітичну кислотність за Каппеном (ДСТУ 7537:2014) [27];
- вміст увібраних основ – за Каппеном-Гільковіцем (ГОСТ 27821-88);
- вміст загального гумусу відповідно до ДСТУ 4289:2004 [32];
- вміст нітратного й амонійного азоту за модифікованою методикою ННЦ ІГА ім. О. Н. Соколовського згідно з ДСТУ 4725: 2007 [26];
- вміст лужногідролізованого азоту методом Корнфілда за ДСТУ 4863:2015 [28];

- вміст рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Кірсанова відповідно до ДСТУ 4405:2005 [6];
- структурно-агрегатний склад ґрунту ситовим методом у модифікації Н. І. Саввінова згідно з ДСТУ 4744:2007 [33];
- щільність складення ґрунту на суху масу відповідно до ДСТУ ISO 11272:2001[34];
- нітрифікаційну активність (ДСТУ ISO 4238:2003) [30].
- інтенсивність респірації (ДСТУ 7927:2015) [31].

Біологічні показники ґрунту.

Під час проведення мікробіологічного моніторингу ґрунтів агроєкосистем використовували методичні підходи, розроблені В. Патиною і О. Шерстобоевою [19].

Відбір зразків ґрунту з ризосфери картоплі проводили методом «конверта» на початку, у середині та наприкінці онтогенезу культури – у фазі сходів, масового цвітіння та формування бульб. Середній змішаний зразок готували з 5 індивідуальних зразків, відібраних у 3–х повтореннях.

При оцінюванні стану ґрунтової мікробіоти та спрямування основних біохімічних процесів використовували загальноприйняті у ґрунтовій мікробіології методи [12, 17].

Для мікробіологічних аналізів відбирали по 10 г ґрунту з кожного варіанта досліду. Готували десятикратні розведення вихідної ґрунтової суспензії, які використовували для висівання на елективні середовища для кожної фізіологічної або таксономічної групи мікроорганізмів.

Чисельність мікроорганізмів основних фізіологічних і таксономічних груп визначали згідно ДСТУ 7847:2015 методом посіву ґрунтової суспензії відповідного десятикратного розведення на тверді живильні середовища, а саме: загальну кількість бактерій – на середовищі Звягінцева, грибів – на картопляно-глюкозному агарі (КГА), мікроорганізмів, які використовують переважно органічні сполуки азоту – на м'ясо-пептонному агарі (МПА), мікроорганізмів, які засвоюють переважно мінеральні сполуки азоту – на крохмале-аміачному агарі



(КАА), споруотворюючих бактерій – на МПА (за пастеризації ґрунтової суспензії при  $t = 70-80^{\circ}\text{C}$  протягом 15 хв), оліготрофів – на голодному агарі (ГА), педотрофів – на ґрунтовому агарі (ГрА), бактерій роду *Azotobacter* – на середовищі Ешбі [7-10].

Чашки Петрі інкубували за температури  $28^{\circ}\text{C}$  упродовж 3–7 діб (залежно від швидкості росту мікроорганізмів певних груп). Колонії, які виростили на середовищах, підраховували, припускаючи, що з кожної життєздатної клітини формується одна колонія. Кількість мікроорганізмів виражали в колонієутворюючих одиницях (КУО) на 1 г абсолютно сухого ґрунту. Для цього термостатно-ваговим методом визначали вологість зразка ґрунту, взятого для дослідження, і перераховували отриману кількість колоній з урахуванням коефіцієнта вологості та розведення ґрунтової суспензії. Посіви проводили в трьох повтореннях, отримані дані обробляли методами математичної статистики, розраховуючи довірчий інтервал кількості мікроорганізмів.

Спрямованість мікробіологічних процесів у ґрунті встановлювали за відповідними коефіцієнтами згідно ДСТУ 3750-98 [17, Д]:

- *Коефіцієнтом мінералізації-імобілізації* ( $K_{M-i}$ ), який розраховували за відношенням кількості мікроорганізмів, що імобілізують мінеральні форми нітрогену, до чисельності органотрофів за формулою:

$$K_{M-i} = C_{КАА} / C_{МПА}, \quad (2.1)$$

де  $C_{КАА}$ ,  $C_{МПА}$  – кількість мікроорганізмів, які виростили відповідно на крохмально-аміачному та м'ясопептонному агарі.

- *Коефіцієнтом оліготрофності* ( $K_{ол}$ ), що розраховували за відношенням чисельності мікроорганізмів, які здатні засвоювати елементи живлення з дуже розріджених розчинів, до загальної чисельності евтрофних мікроорганізмів за формулою:

$$K_{ол} = C_{ГА} / (C_{КАА} + C_{МПА}), \quad (2.2)$$

де  $C_{ГА}$  – кількість мікроорганізмів, які виростили на голодному агарі.

- *Коефіцієнтом педотрофності* ( $K_{\text{пед}}$ ), що розраховували за відношеннями кількості мікроорганізмів на ґрунтовому агарі (СГрА) до кількості мікроорганізмів, які вирости на м'ясопептонному агарі (СМПА):

$$K_{\text{пед}} = C_{\text{ГрА}} / C_{\text{МПА}}. \quad (2.3)$$

Комплексні молекулярно-біологічні дослідження прокариотного комплексу дерново-підзолистого ґрунту проводили за застосування філогенетичних досліджень шляхом порівняння первинних нуклеотидних послідовностей та послідовної візуалізації результатів. Як філогенетичний маркер використано структуру варіабельних ділянок гена 16S рРНК. Бактеріальну ДНК виділяли із суспензії бактеріальних клітин з використанням набору Ion 16S™ Metagenomics Kit (Genetic Lab, США) згідно з протоколом виробника та відповідними методиками [А, Б]. Концентрацію тотальної ДНК та її якість було визначено за інтенсивністю лінії на електрофореграмі, а кількість тотальної ДНК - за допомогою спектрофотометра.

Оцінювання таксономічного різноманіття було здійснено за допомогою методу піросеквенування, який включав декілька послідовних етапів: створення бібліотеки з флуорисцентними праймерами, подвійну очистку ПЛР-продукту, емульсійну ПЛР, піросеквенування, аналіз нуклеотидних послідовностей, визначення таксономічної структури мікробних комплексів та їх порівняльний аналіз [В].

З метою проведення ПЛР та створення бібліотеки як матрицю використовували очищені препарати ДНК та універсальні праймери на варіабельну ділянку V4 гена 16S рРНК з додаванням олігонуклеотидних ідентифікаторів для кожної проби і службових послідовностей, необхідних для протоколу. Підготовку проб, емульсійну ПЛР та секвенування проводили згідно з методичними рекомендаціями виробника. Аналіз отриманих фрагментів 16S рРНК здійснювали в автоматичному капілярному секвенаторі Ion GeneStudio (Genetic Lab, США). Потім отримані результати аналізували за нуклеотидними послідовностями й ідентифікували їх з відповідними послідовностями 16S рРНК бази даних GenBank.

Індекс екофізіологічного біорізноманіття та біологічну активність ґрунту визначали згідно методики BIOTREX [1].

Активність основних біологічних процесів, перебіг яких відбувається за участі мікроорганізмів, вивчали за показником інтенсивності емісії діоксиду карбону (CO<sub>2</sub>), або «дихання» ґрунту, – адсорбційним методом В. Штатнова [18].

Фенологічні спостереження проводили у такі фази розвитку рослин картоплі: сходи, інтенсивний ріст рослин (стеблування), цвітіння, початок відмирання бадилля (в'янення бадилля). Густання рослин визначали суцільним підрахунком кількості рослин картоплі на облікових ділянках у фазу бутонізації. Площу листової поверхні розраховували методом висічок за цим методом: з відібраних на ділянці 10–15 типових рослин зрізають усі листки та зважують їх із точністю до 1 г. Після цього листки складають один на одного в купку і спеціальним лабораторним пробивачем (трубкою) пробивають її наскрізь. Вирізані кружки зважують. Після зважування висічок загальну листову площу в пробі розраховують за формулою:

$$P = (M \cdot n \cdot K) / m, \quad (2.4)$$

де  $P$  – загальна площа листя в пробі, см<sup>2</sup>;  $M$  – маса листя в пробі, г;  $n$  – площа однієї висічки, см<sup>2</sup>;  $K$  – кількість висічок, шт.;  $m$  – маса висічок, г.

Знаючи площу листя в пробі, знаходять середню площу листя однієї рослини, а з урахуванням щільності рослин визначають загальну листову поверхню в метрах квадратних на 1 га.

*Вимірювання індукції флуоресценції хлорофілу* здійснювали на рослинах картоплі у фазі цвітіння на сформованих листках верхнього ярусу в триразовій повторюваності з попередньою темною адаптацією. Листки картоплі розташовували між пластинами сенсору та впродовж 4 хвилин реєстрували зміни флуоресценції хлорофілу з відповідним відображенням графіка отриманих даних. Для оцінки стану фотосинтетичного апарату використовують комплекс параметрів, серед яких основними є:  $F_0$  – «фоновий» рівень флуоресценції,  $F_{\max}$  – максимальне значення флуоресценції,  $F_{st}$  – стаціонарний рівень

флуоресценції,  $F_v = F_{\max} - F_0$  – варіабельна флуоресценція,  $F_v / F_{\max}$  – показник, який залежить від ефективності фотохімічних реакцій фотосистеми 2 (ФС 2),  $(F_{\max} - F_{st})/F_{st}$  – величина гасіння флуоресценції [2, 22].

Статистичну обробку проводили в Microsoft Excel у поєднанні з XLSTAT.

Облік рослин на ураження хворобами здійснювали згідно з Методичними рекомендаціями щодо проведення досліджень з картоплею [15].

Масу бадилля та листя визначали ваговим методом. Облік врожаю та його структуру встановлювали ваговим методом поділянково. Уміст сухих речовин і крохмалю в бульбах визначали за питомою масою на вазі Парова.

Статистичну та математичну обробку експериментальних даних виконували методами дисперсійного та кореляційного аналізів з використанням пакету аналізу електронної таблиці Microsoft Excel та Statistica.

### **2.3. Агрометеорологічні умови проведення досліджень**

Погодні умови за вегетаційний період дослідження незначно відрізнялись від середньобагаторічних (додаток Б, рис. 2.2, 2.3 і 2.4). Нестабільність опадів протягом тривалого часу впродовж 2021 року та контрастна температура повітря не могли не позначитись на рості сільськогосподарських культур (на зернових культурах через стресовий стан рослин). Запаси вологи в метровому шарі ґрунту під сільськогосподарськими культурами коливалися на рівні 223–369 мм у квітні; 200–351 мм у травні; 215–295 мм у червні. Середня температура повітря становила відповідно 5,5–7,2 °С у квітні; 11,0–14,5 °С в травні та 17,2–19,8 °С в червні. Опадів випало за вказані місяці відповідно 25 мм; 326 мм і 35 мм (додаток Б). Загалом погодні умови у 2021 році були сприятливими для росту та розвитку рослин.

Гідротермічні умови у 2022 році під час вегетаційного періоду сільськогосподарських культур характеризувалися підвищеними температурними показниками повітря, якщо порівняти з середніми

багаторічними даними, недостатньою кількістю опадів у першій половині вегетації (травень-червень).

У другій декаді травня верхній шар ґрунту був сухий, оскільки за весь травень випало тільки 12 мм опадів. Це негативно вплинуло на схожість насіння і вегетаційний ріст рослин. Тобто за погодних умов 2022 року лімітуючим фактором у період від посадки до появи сходів щодо формування належної густоти рослин виявився фактор наявності вологи у верхньому шарі ґрунту.

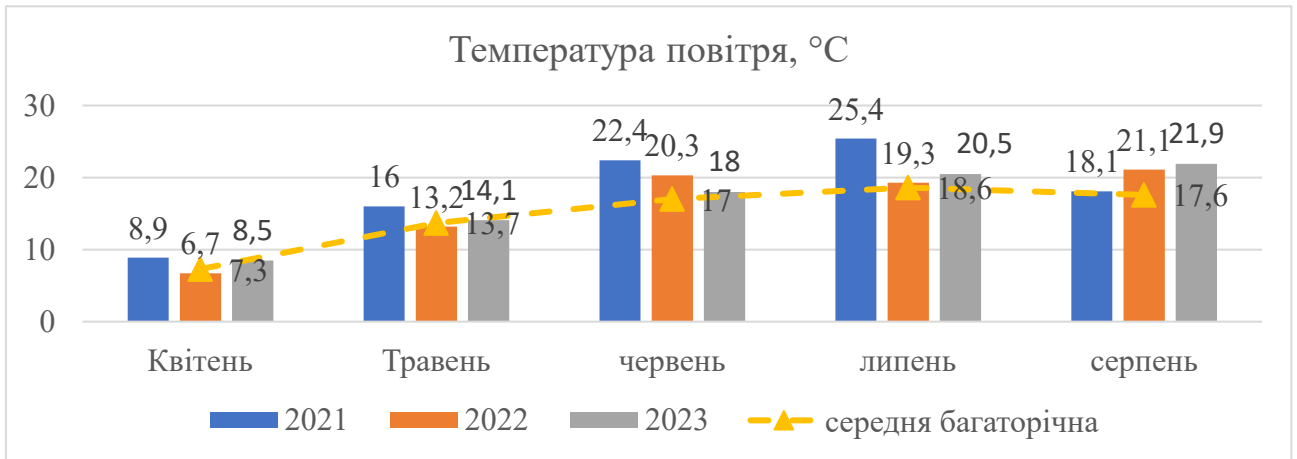


Рис. 2.2. Температура повітря за період проведення досліджень у 2021–2023 рр.

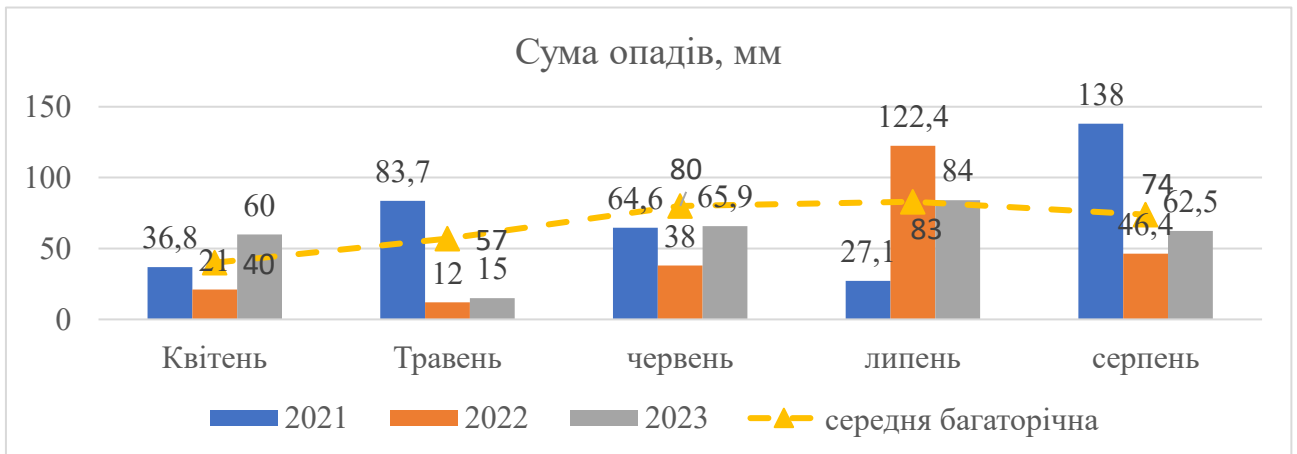


Рис. 2.3. Сума опадів за період проведення досліджень у 2021–2023 рр.

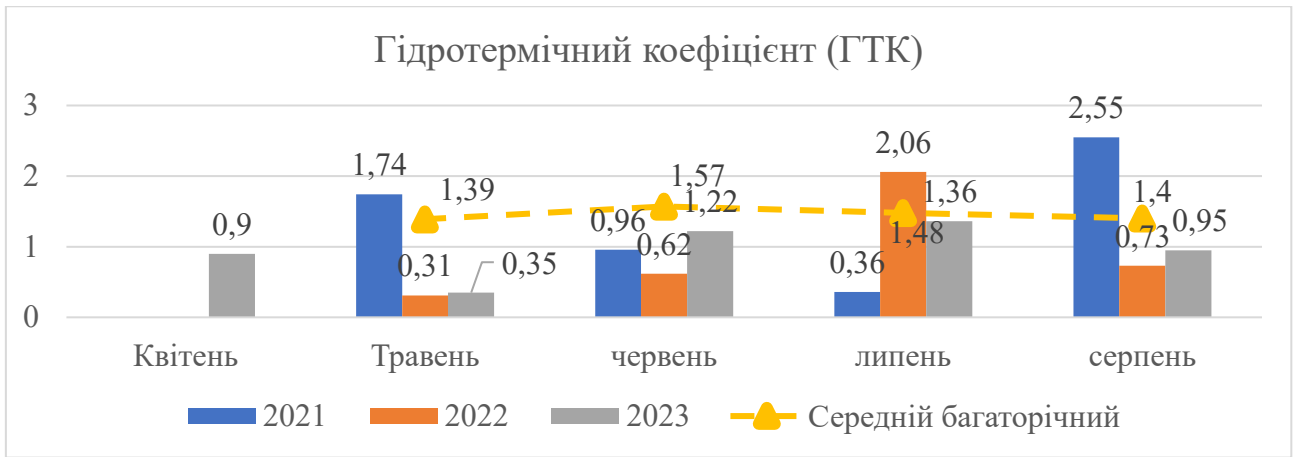


Рис. 2.4. Гідротермічний коефіцієнт за період проведення досліджень у 2021–2023 рр.

Примітка. \* ГТК < 0,4 – дуже сильна посуха, ГТК від 0,4 до 0,5 – сильна посуха, ГТК від 0,6 до 0,7 – середня посуха, ГТК від 0,8 до 0,9 – слабка посуха, ГТК від 1,0 до 1,5 – достатньо волого, ГТК > 1,5 – надмірно волого.

Щодо температурного режиму повітря, то в травні показник середньодобової температури становив 13,7 °С, що було дещо нижче (на 1 °С) від середнього багаторічного значення. Враховуючи, що опадів у травні загалом випало тільки 21 % від норми, то візуально спостерігали, що посушливі умови пригнічували ріст і розвиток рослин.

Червень характеризувався підвищеними (на 3 °С) температурними показниками, порівнюючи із середніми багаторічними. Середньодобова температура становила 17,0 °С. Опадів випало 48 % від норми (38 мм). Дія високих температур і недостатньої кількості опадів у червні, під час критичної щодо водоспоживання фази розвитку рослин, негативно впливала на формування вегетативної маси та генеративних органів на всіх варіантах досліджу. У липні опадів випало 147 % від норми, а середня добова температура повітря становила 19,3 °С, що на 1 °С перевищувало середню багаторічну. Такі умови позитивно впливали на процеси формування урожайності картоплі.

У серпні, під час наростання бульб картоплі, відмічали середньодобовий температурний показник 21,1 °С, що перевищувало середній багаторічний на

4 °С. Опадів випало 46,4 мм (63 % від норми). Вони мали зливовий характер і вся їхня кількість припала на II декаду місяця. Така нерівномірність розподілу опадів призвела до появи хвороб (додаток Б).

Кліматичні умови весни 2022 року були складними з контрастом температур повітря. У період активних сходів рослин запаси вологи в ґрунті були недостатніми. Запаси вологи у шарі ґрунту 50 см у квітні становили 104–109 мм із середньою температурою повітря 6,7 °С та сумою опадів за місяць 21 мм. Травень характеризувався середньою температурою 13,2 °С та сумою опадів 12 мм. Середня температура червня була на рівні 18,5 °С, кількість опадів становила 10 мм; запаси вологи в шарі ґрунту 50 см – 59–72 мм.

Весна 2023 року (додаток Б) була складною зі збільшенням у першій частині квітня з перевищенням суми опадів відповідно у 2,5 та 1,5 рази згідно з кліматичною нормою та становила у березні 66,7 мм і квітні – 60,0 мм, що призвело до перезволоження ґрунту із запізненням початку весняно-польових робіт. Травень характеризувався середньою температурою 14,1 °С та сумою опадів 15 мм. Враховуючи, що опадів у травні загалом випало тільки 25 % від норми, то візуально спостерігали, що посушливі умови пригнічували ріст і розвиток рослин.

Щодо температурного режиму повітря у червні, то показник середньодобової температури становив 18,0 °С та опадів – 65,9 мм, що було дещо нижче (на 0,8 °С та 2,1 мм) від середнього багаторічного значення відповідно.

У липні середня добова температура повітря становила 20,5 °С, що відповідало середнім багаторічним даним, опадів випало 84 мм, що перевищувало на 8 мм кліматичну норму. Такі умови позитивно впливали на процеси формування урожайності.

Загалом, характеризуючи погодні умови років дослідження, потрібно відмітити, що вони були сприятливими для росту і розвитку картоплі.

## Висновки до розділу 2

1. Програма наукових досліджень охоплює важливі аспекти аналізу біологічної активності, біому і показників родючості дерново-підзолистого ґрунту, обґрунтування і удосконалення агротехнологічних аспектів вирощування органічної картоплі (система комбінованого застосування біодеструктора та стимуляторів росту), теоретичне обґрунтування та практичне опрацювання котрих дасть змогу підвищити товарне виробництво на якісно новий рівень.

2. Для дослідження було обрано дерново-підзолисті ґрунти як основну ґрунтову відміну Західного Полісся, що надасть можливість виявити загальні для усіх закономірності зміни біологічної активності, показників родючості ґрунту та формування урожайності картоплі сорту Піонер.

3. При проведенні досліджень використовувались стандартизовані методи, що прийняті у ґрунтознавстві та агрономії.

4. Вирішення поставлених в роботі завдань наукових досліджень дозволить отримати об'єктивні, вагомі та достовірні результати, які можна інтерпретувати в практичні поради та рекомендації сільгоспвиробникам зони Західного Полісся України, що спеціалізуються на виробництві товарного вирощування органічної картоплі.



**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 2**

1. Biotrex: New biological indicator for soil health. URL: <https://biotrex.eu/>.
2. Method for determining the physiological state of plants using the chlorophyll fluorescence induction method [Sposib vyznachennia fiziolohichnoho stanu roslyn metodom induktsii fluorestsentsii khlorofilu] Utility model declaration patent of Ukraine IPC A01N 4/00 / V. O. Sherer, Ye. V. Sarakhan. – No. u200612341; filed on 24.11.2006; published on 25.07.2007, Bulletin No. 11.
3. Андреев Е. И. Методологические аспекты изучения микробных сообществ почв / Микробные сообщества и их функционирование в почве. Киев : Наукова думка, 1981. С. 10–19.
4. Ґрунти Волинської області / за ред. М. Й. Шевчук, М. І. Зінчук, П. Й. Зінчук. Луцьк : Вежа-Друк, 2016. 144 с.
5. ДСТУ 4287:2004. Якість ґрунту. Відбирання проб. [Чинний від 2005–07–01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 10 с.
6. ДСТУ 4405:2005. Якість ґрунту. Визначання рухомих сполук фосфору і калію за методом Кірсанова в модифікації ННЦІГА [Чинний від 2006-07-01]. Київ : Держспоживстандарт, 2006. 7 с.
7. ДСТУ 7847:2015 Якість ґрунту. Визначення чисельності мікроорганізмів у ґрунті методом посіву на тверде (агаризоване) живильне середовище.
8. 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).
9. Екостерн® Класичний – деструктор стерні / БТУ. 2020. URL: <https://btu-center.com/promisloviy-sektor/roslinnitstvo/b-odestruktori/ekostern/>.
10. Експериментальна ґрунтова мікробіологія : монографія / В. В. Волгогон, О. В. Надкернична, Л. М. Токмакова [та ін.] ; за ред. В. В. Волгогона. Київ : Аграрна наука, 2010. 464 с.
11. Іутинська Г. О. Ґрунтова мікробіологія. Київ : Арістей, 2006. 284 с.

12. Каталог препаратів / Агробіотех. 2019. URL: <https://www.agrobiotech.com.ua/ua/#%D1%81%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%B2>.

13. Методичні рекомендації щодо проведення досліджень з картоплею / За ред. В. В. Кононученка. Немішаєве : ІК УААН, 2002. 183 с.

14. Мікохелп біофунгіцид. БТУ-Центр : вебсайт. URL: <https://btu-center.com/promisloviy-sektor/roslinnitstvo/b-ofung-tsidi/mikokhelp/>.

15. Муха В. Д. О показателях, отражающих интенсивность и направленность почвенных процессов. *Сборник трудов Харьковского сельскохозяйственного института*. 1980. Т. 273. С. 13–16.

16. Наукові основи формування збалансованих агрофітоценозів та підвищення екологічно безпечних та високопродуктивних систем органічного землеробства за вирощування картоплі у зоні Західного Полісся: методичні рекомендації / О. М. Пузняк, І. З. Дуць, Н. А. Гонта, Г. В. Кишун, Т. С. Ігнатійчук, Г. М. Кузьмич, Т. О. Хоменко, П. С. Свищевський, С. Я. Микулець. Луцьк, 2023. 82 с.

17. Патика В. П., Шерстобоева О. В. Методичні підходи до мікробіологічного моніторингу стану ґрунтів агроєкосистем. Агроєкологічний моніторинг та паспортизація сільськогосподарських земель. Київ : Фітосоціоцентр, 2002. С. 131–136.

18. Регоплант. Агробіотех : вебсайт. URL: <https://www.agrobiotech.com.ua/ua/regoplant>.

19. Спосіб визначення фізіологічного стану рослин методом індукції флуоресценції хлорофілу : деклараційний патент України на корисну модель МПК А01Н 4/00 / В. О. Шерер, Є. В. Сарахан. № u200612341; заявл. 24.11.2006; опубл. 25.07.2007, Бюл. № 11.

20. Стимпо. Агробіотех : вебсайт. URL: <https://www.agrobiotech.com.ua/ua/stimpo>.

21. Фітохелп біофунгіцид. БТУ-Центр : вебсайт. URL: <https://btu-center.com/promisloviy-sektor/roslinnitstvo/b-ofung-tsidi/fitokhelp>.

22. Шевчук М. И., Кичук С. В., Коломеець В. О. Агат – 25 К-біофунгіцид нового покоління. *Пропозиція*. 2003. № 3. С. 70–71.

23. Якість ґрунту. Визначення активності іонів калію, нітрату, хлору потенціометричним методом: ДСТУ 4725: 2007. [Чинний від 2007-01-29]. Київ: Держспоживстандарт України, 2008. 18 с. (Національні стандарти України).

24. Якість ґрунту. Визначення гідролітичної кислотності: ДСТУ 7537:2014. [Чинний від 2014-11-21]. Київ: Держспоживстандарт України, 2015. 12 с. (Національні стандарти України).

25. Якість ґрунту. Визначення легкогідролізованого азоту методом Корнфілда: ДСТУ 4863:2015. [Чинний від 2016-07-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2015. 9 с. (Національні стандарти України).

26. Якість ґрунту. Визначення рН. (ISO 10390:1994, IDT): ДСТУ ISO 10390-2001. [Чинний від 2003-07-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2003. 4 с. (Національні стандарти України).

27. Якість ґрунту. Біологічні методи. Визначення мінералізації азоту і нітрифікації в ґрунтах та впливу хімічних речовин на ці процеси (ISO 14238:1997, IDT): ДСТУ ISO 4238:2003. [Чинний від 2003-11-06]. Київ: Держспоживстандарт України, 2004. 12 с. (Національні стандарти України).

28. Якість ґрунту. Метод визначення біологічного потенціалу ґрунтів за інтенсивністю дихання: ДСТУ 7927:2015 [Чинний від 2015-11-06]. Київ: Держспоживстандарт України, 2015. 9 с. (Національні стандарти України).

29. Якість ґрунту. Метод визначення органічної речовини: ДСТУ 4289: 2004. [Чинний від 2004-04-30]. Київ: Держспоживстандарт України, 2005. 8 с. (Національні стандарти України).

30. Якість ґрунту. Визначання структурно-агрегатного складу ситовим методом у модифікації Н. І. Саввінова: ДСТУ 4744:2007 . [Чинний від 2007-04-30]. Київ: Держспоживстандарт України, 2007. 9 с. (Національні стандарти України).

31. Якість ґрунту. Визначання щільності складення на суху масу (ISO 11272:1998, IDT): ДСТУ ISO 11272-2001. [Чинний від 2003-07-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2003. 9 с. (Національні стандарти України).

32. Ronaghi M. Pyrosequencing: a tool for DNA sequencing analysis. *Methods of Molecular Biology*. 2004. Vol. 255. P. 211–219.

33. Sequencing Method Manual for GS Junior Titanium Series. Method Manual. 454 Life Sciences Corp. A Roche Company Branford, 2012 – 26 p.

34. ДСТУ 3750-98. Мікробіологія ґрунту. Терміни та визначення. [Чинний від 1999-07-01]. Київ : Держстандарт України, 1999. 31 с. (Національні стандарти України).

**РОЗДІЛ 3****ФУНКЦІОНУВАННЯ МІКРОБНОГО КОМПЛЕКСУ ҐРУНТУ ТА  
БІОЛОГІЧНА АКТИВНІСТЬ ЯК ІНТЕГРУЮЧИЙ ПОКАЗНИК  
РОДЮЧОСТІ ДЕРНОВО-ПІДЗОЛИСТОГО ҐРУНТУ****3.1. Динаміка чисельності бактерій у ризосфері картоплі протягом  
вегетаційного періоду за впливу біостимуляторів росту рослин**

Жива фаза ґрунту – це організми, які його населяють і беруть участь у процесі ґрунтоутворення. До них належать мікроорганізми (бактерії, актиноміцети, гриби, водорості), представники ґрунтової мікро- і мезофауни (найпростіші, комахи, черв'яки та ін.), кореневі системи рослин. Частка мікроорганізмів ґрунту сягає десятих частин відсотка від його загальної маси. Від 0,1 до 1,0 % органічної речовини ґрунту представлено клітинами різних видів мікроорганізмів [39]. Їхня чисельність у ґрунті (показник біогенності ґрунту) коливається не тільки протягом року, але й упродовж незначних проміжків часу залежно від його температури, вологості, стану рослинного покриву тощо. Функціонування ґрунтової мікрофлори є одним із важливих факторів, що сприяють структуруванню ґрунту [32].

Біологічна активність є одним із основних показників родючості ґрунту та відіграє важливу роль у кругообігу поживних речовин, їх доступності для рослин [28].

Дослідженнями Патики В.П. та ін. (2017) встановлено, що інокуляція насіння рослин Ризобофітом (препаратом на основі бульбочкових бактерій) істотно впливає на формування ґрунтового мікробіому, водночас у ґрунті відбувається зменшення мікробної біомаси. Так, знижується чисельність спороутворюючих, олігонітрофільних і целюлозоруйнівних мікроорганізмів, а також рівень біологічної активності ґрунту, зокрема, інтенсивності виділення CO<sub>2</sub> і поглинання O<sub>2</sub>, амоніфікуючої та нітрифікуючої активностей. Певні зміни було виявлено і в динаміці чисельності мікроорганізмів, що зумовлено

своєрідністю перебігу процесів надходження і розкладання органічної речовини у варіантах з Ризобіофітом. Досліджено, що за умов жорсткого інфекційного навантаження, окрім збільшення поширення та розвитку хвороби, спостерігається зниження ефективності функціонування бобово-ризобіальної системи. Це призводить до пригнічення розвитку рослин, про що свідчить зниження надземної маси козлятнику східного та сої, їх якості, маси коренів, порівнюючи з контрольним варіантом [46].

Ла та ін. виявили, що різні сполуки в корневих ексудатах були основними чинниками, що впливають на мікробну спільноту в ризосфері *Populus*. Основні таксони мікробного співтовариства ризосфери дуже важливі для підтримки її стабільності. Кореневі ексудати мали сильніший вплив на ключові бактерії, ніж на домінуючі бактерії та гриби. Використання ферментованого соєвого добрива може покращити поживний режим ґрунту, регулювати відповідні мікробні спільноти і мати позитивний вплив на ліпідні метаболіти нових пагонів чаю, що забезпечує можливе технічне керівництво щодо використання сої як вдосконаленого добрива для отримання високоякісного чаю [12].

У наших дослідженнях біологічна активність змінювалась як протягом вегетаційного періоду (табл. 3.1, додаток В), так і за роками.

Характеризуючи табл. 3.1, необхідно зазначити, що показник загальної кількості бактерій у фазу цвітіння був найвищим, порівняно із фазами сходів і дозрівання, де чисельність бактерій була нижчою на 7,9–103 % та 18,6–62,4 % відповідно. До того ж обробка бульб препаратом «Екостерн» зменшувала цей показник у фазу сходів на 29,8–125 %, цвітіння – 13–116 % і дозрівання – 12–66 %.

Умови року дослідження (кількість опадів, температура) також впливали на чисельність бактерій (табл. 3.2). Так, найвищі значення отримано у 2022 р., що пов'язано зі значною кількістю опадів у фазу цвітіння (122 мм), тоді як найнижчі показники чисельності бактерій виявлено у 2023 р.

Таблиця 3.1

**Динаміка загальної чисельності бактерій у ризосфері картоплі за впливу біостимуляторів росту рослин,  
млн КУО/г ґрунту (середнє за 2021–2023 рр.)**

Фактор А	Фактор Б	Фаза росту і розвитку			Рік		
		сходи	цвітіння	дозрівання	2021	2022	2023
Фон 1 (без внесення «Екостерну»)	1. Контроль (без внесення)	22,9	36,1	18,8	12,5	25,4	7,5
	2. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Агат 25» (100 мл/га) (3 рази)	26,2*	43,5*	22,6*	18,8* (+51%)	43,4* (+71%)	6,8* (-9,3 %)
	3. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Регоплант» (50 мл/га) (3 рази)	18,5*	28,4*	22,2*	11,3* (-9,2 %)	23,0* (-9,5 %)	7,1
	4. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)	22,5*	42,3*	27,2*	12,7	28,7* (+13 %)	*5,8 (-22 %)
	5. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Стимпо» (15 мл/га) (3 рази)	26,8*	26,8*	21,1*	13,3* (+7,0 %)	29,6* (+17 %)	5,7* (-24 %)
Фон 2 (із біодеструктором «Екостерн», 1,2 л/га)	1. Контроль (без внесення)	16,2* (-42 %)	17,4* (-107 %)	27,3* (+31,3 %)	10,3	21,8	5,6
	2. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Агат 25» (100 мл/га) (3 рази)	16,5* (-58,5%)	28,1* (-54,8 %)	22,9 (-16,1%)	*11,4 (+10 %)	23,3 (+7,3 %)	*7,0 (+25 %)
	3. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Регоплант» (50 мл/га) (3 рази)	14,2* (-29,8 %)	13,2* (-116 %)	21,4* (-58,5 %)	7,7* (-26 %)	14,8* (-32 %)	5,2* (-6,5 %)
	4. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)	12,1* (-85,2 %)	24,6* (-72 %)	16,4* (-66 %)	12,2* (+18 %)	26,8* (+23 %)	4,9* (-12 %)
	5. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Стимпо» (15 мл/га) (3 рази)	11,9* (-125 %)	23,7* (-13 %)	18,8* (-12 %)	7,5* (-28 %)	15,8* (-27 %)	4,0* (-28 %)

Примітка. \*Статистично значуща різниця за *t*-критерієм для незалежних вибірок за рівня значущості  $p < 0,05$ .

Таблиця 3.2

**Динаміка загальної кількості бактерій у ризосфері картоплі протягом вегетаційних періодів 2021 р., 2022 р.,  
2023 р. за використання біостимуляторів росту рослин, млн КУО/г ґрунту**

Фактор А	Фактор Б	2021 р.			2022 р.			2023 р.		
		сходи	цвітіння	дозрівання	сходи	цвітіння	дозрівання	сходи	цвітіння	дозрівання
Фон 1 (без внесення «Екостерну»)	1. Контроль (без внесення)	19,3	8,5	9,7	44,4	15,9	15,9	5,7	9,5	7,3
	2. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Агат 25» (100 мл/га) (3 рази)	25,7	16,3	14,5	61,4	41,9	26,8	5,5	6,9	8,0
	3. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Регоплант» (50 мл/га) (3 рази)	17,4	8,5	8,1	36,7	17,6	14,7	8,5	8,0	4,7
	4. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)	15,6	15,1	7,4	35,7	38,8	11,5	4,8	6,4	6,3
	5. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Стимпо» (15 мл/га) (3 рази)	21,3	9,8	8,8	51,3	21,9	15,8	4,2	7,5	5,4
Фон 2 (із біодеструктором «Екостерн», 1,2 л/га)	1. Контроль (без внесення)	13,5	8,5	9,0	28,6	19,7	17,0	6,4	5,9	4,5
	2. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Агат 25» (100 мл/га) (3 рази)	13,5	10,9	9,7	28,8	23,9	17,4	6,2	8,9	5,9
	3. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Регоплант» (50 мл/га) (3 рази)	8,5	5,2	9,3	16,3	10,4	17,6	5,7	5,3	4,7
	4. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)	10,8	8,4	17,5	22,7	21,7	36,0	5,3	3,6	5,9
	5. Мікохелп (2,0 л/га) + Стимпо (15 мл/га) (3 рази)	7,1	7,3	8,0	14,89	17,8	14,8	3,5	4,2	4,4



Вплив фоліарного внесення біостимуляторів залежав від погодних умов року і використання біостимулятора. Так, триразове внесення біостимулятора «Агат 25» (100 мл/га) на фоні препаратів «Мікохелп» (2,0 л/га) та «Екостерн» збільшувало кількість бактерій на 7,3–25,0 % в усі роки дослідження. Без внесення біодеструктора «Екостерн» у 2021 і 2022 рр. приріст чисельності бактерій від цього біостимулятора був більшим, а у 2023 р. отримано зменшення показника на 9,3 %, порівняно з контролем. Використання «Регоплант» (50 мл/га) достовірно зменшувало загальну кількість бактерій на 6,5–32 %. Дія «Фітохелп» і «Стимп» залежала від умов року і використання «Екостерн».

### **3.2. Мікроорганізми, які беруть участь у трансформації сполук вуглецю**

Чисельність оліготрофних мікроорганізмів зростає у ґрунтах з низьким вмістом поживних речовин. У дослідженнях Бородай В.І. та ін. (2022) встановлено, що зразки ґрунту за внесення біопрепарату «ФітоХелп» при вирощуванні рослин сої сорту Сузір'я характеризуються найбільшою чисельністю оліготрофів, яка виявилась на 1–2 порядки вищою, ніж в еталонному та контрольному зразках відповідно [3].

У процесі проведених нами у 2021–2023 рр. досліджень найвищу чисельність оліготрофних мікроорганізмів виявлено у фазу дозрівання картоплі за деяким винятком (у 2022 р. у фазу цвітіння) (рис. 3.1, табл. 3.3). Чисельність вищезгаданих мікроорганізмів змінювалась протягом вегетаційного сезону і залежала від погодних умов року та застосування біостимуляторів. Найвищу чисельність оліготрофів виявлено у фази сходів і цвітіння за фоліарного внесення «Агат» (+63,5 % і 71 % до контролю) і «Фітохелп» (7,3 % і 25 %) без деструктора «Екостерн», що може свідчити про зниження забезпечення поживними речовинами.

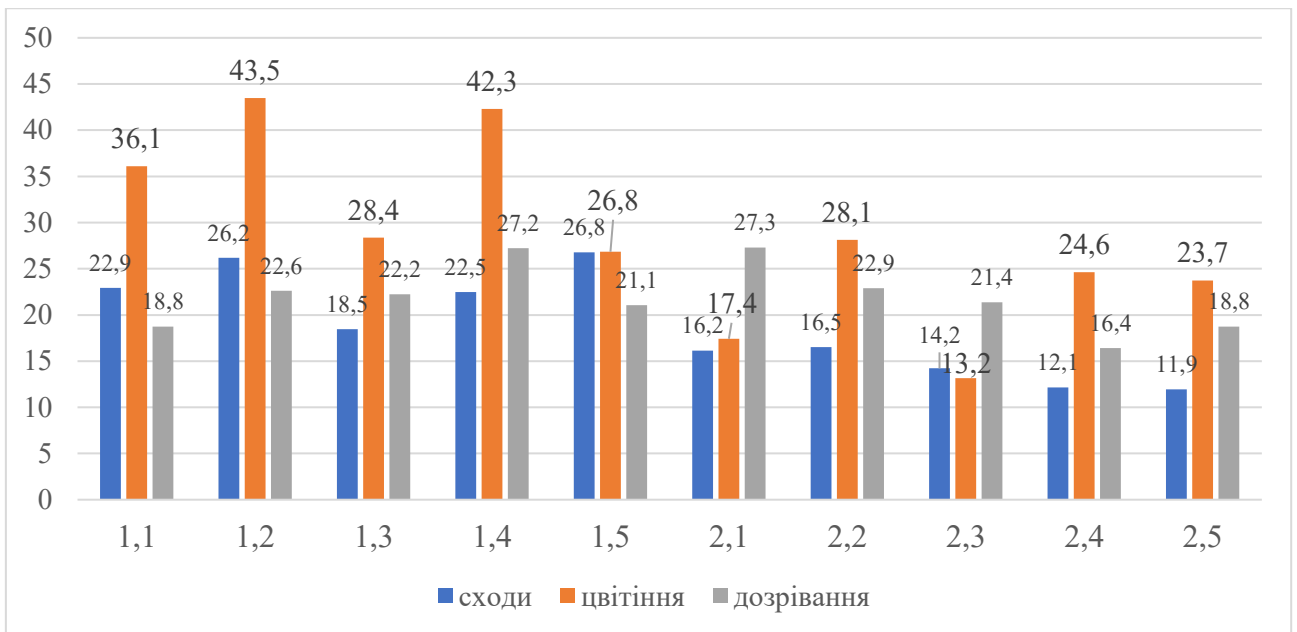


Рис. 3.1. Динаміка чисельності оліготрофних мікроорганізмів у ризосфері картоплі за вегетаційний період (середнє за 2021–2023 рр.), млн КУО/г ґрунту

Дані табл. 3.3 показують, що за застосування «Мікохелп» з «Агат» як на фоні 1 у 2021 і 2022 рр., так і на фоні 2 у 2022 і 2023 рр. збільшувалася кількість оліготрофних мікроорганізмів на 13–70,7 %. Це може опосередковано вказувати на збіднення ґрунту легкодоступними елементами живлення поживного середовища.

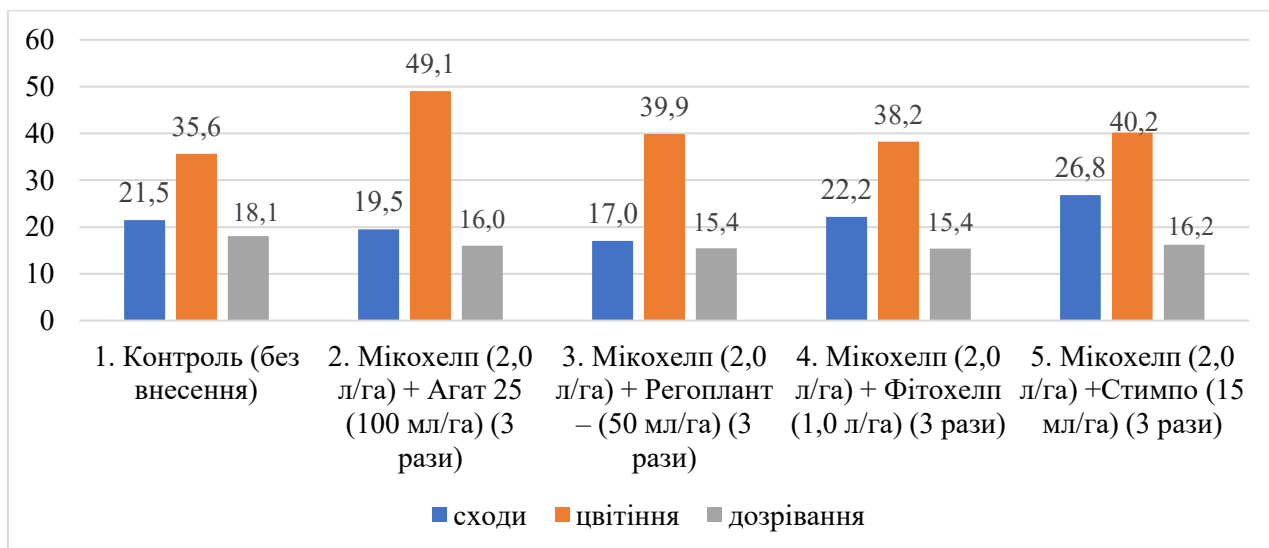
Педотрофні мікроорганізми беруть участь у перетворенні водорозчинної фракції органічної речовини ґрунту і найбільш адекватно відображають загальний розвиток мікрофлори в ґрунті [32, 46]. У досліді під пшеницею ярою найбільшу чисельність педотрофних мікроорганізмів (6,9 млн КУО в 1 г ґрунту) виявлено у досліді із застосуванням мінеральних добрив. За використання різних видів амофосу кількість зазначеної групи мікроорганізмів була нижчою, ніж за внесення NPK, проте перевищувала показники контрольного варіанта (без внесення добрив) в 1,5–1,7 рази [41].

**Чисельність оліготрофних мікроорганізмів у ризосфері картоплі за впливу біостимуляторів росту рослин (середнє за 2021–2023 рр.), млн КУО/г ґрунту**

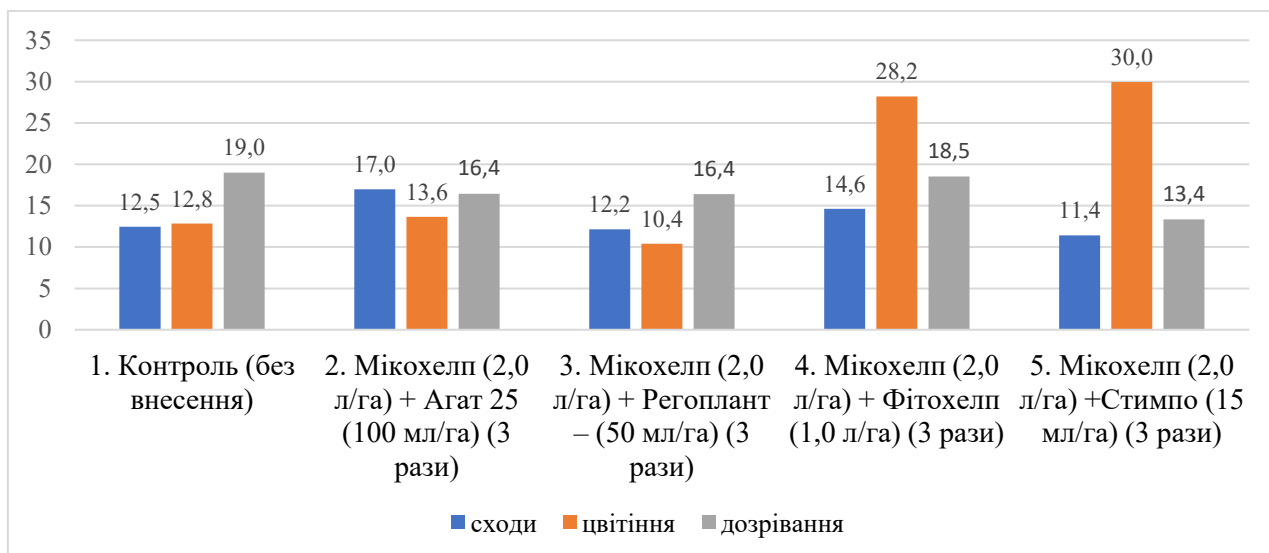
Фактор А	Фактор Б	2021 р.	2022 р.	2023 р.
Фон 1 (без внесення «Екостерну»)	1. Контроль (без внесення)	8,5	25,4	7,5
	2. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Агат 25» (100 мл/га) (3 рази)	13,8 (+63,5 %)	43,4 (+70,7 %)	6,8 (-9,3 %)
	3. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Регоплант» (50 мл/га) (3 рази)	5,0 (-41 %)	23,0 (-9,5 %)	7,1 (-5,8 %)
	4. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)	3,5 (-58,6 %)	28,7 (+12,8 %)	5,8 (-22,2 %)
	5. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Стимпо» (15 мл/га) (3 рази)	5,9 (-30 %)	29,6 (+17 %)	5,7 (-24 %)
Фон 2 (із біодеструктором «Екостерн», 1,2 л/га)	1. Контроль (без внесення)	3,6	21,8	5,6
	2. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Агат 25» (100 мл/га) (3 рази)	2,0 (-45 %)	23,3 (+7,3 %)	7,0 (+25 %)
	3. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Регоплант» (50 мл/га) (3 рази)	3,4 (-5,3 %)	14,8 (-32 %)	5,2 (-6,5 %)
	4. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)	2,2 (-38 %)	26,8 (+23 %)	4,9 (-12 %)
	5. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Стимпо» (15 мл/га) (3 рази)	3,8	15,8 (-27,4 %)	4,0 (-28 %)

У наших дослідженнях в середньому за 2021–2023 рр. протягом вегетаційного періоду картоплі простежувалась певна динаміка зміни чисельності педотрофних мікроорганізмів (рис. 3.2).

Так, навесні, у фазу сходів картоплі, спостерігались середні значення чисельності мікроорганізмів на варіанті без деструктора (17,0–26,8 млн КУО/г ґрунту), а за використання деструктора – найменші значення (11,4–17,0 млн КУО/г ґрунту), у фазу цвітіння – найвищі показники на всіх фонах (35,6–49,1 млн КУО/г ґрунту) і у фазу дозрівання – значне зменшення на варіанті без деструктора (15,37–18,06 млн КУО/г ґрунту), а за використання деструктора – більші показники за фазу сходів (13,36 19,01 млн КУО/г ґрунту).



а)



б)

Рис. 3.2. Динаміка чисельності педотрофних мікроорганізмів у ризосфері картоплі за вегетаційний період (середнє за 2021–2023 рр.), млн КУО/г ґрунту: а) – без деструктора; б) – із додаванням біодеструктора «Екостерн» у нормі 1,2 л/га

Чисельність педотрофних мікроорганізмів змінювалась за роки дослідження і під впливом біостимуляторів (табл. 3.4).

**Чисельність педотрофних мікроорганізмів у ризосфері картоплі за впливу біостимуляторів росту рослин (середнє за 2021–2023 рр.), млн КУО/г ґрунту**

Фактор А	Фактор Б	2021 р.	2022 р.	2023 р.
Фон 1 (без внесення «Екостерну»)	1. Контроль (без внесення)	3,2	45,2	9,8
	2. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Агат 25» (100 мл/га) (3 рази)	1,5 (–51 %)	48,1	14,1 (+43 %)
	3. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Регоплант» (50 мл/га) (3 рази)	2,3	44,4	8,8
	4. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)	3,0	43,0	12,5
	5. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Стимпо» (15 мл/га) (3 рази)	12,4 (+288 %)	51,6 (+14 %)	9,3
Фон 2 (із біодеструктором «Екостерн», 1,2 л/га)	1. Контроль (без внесення)	5,4	23,5	8,5
	2. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Агат 25» (100 мл/га) (3 рази)	3,9 (–28 %)	23,8	10,3
	3. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Регоплант» (50 мл/га) (3 рази)	4,0	15,9 (–32 %)	12,3 (+44 %)
	4. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)	3,0 (–45 %)	34,8 (+48 %)	10,0
	5. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Стимпо» (15 мл/га) (3 рази)	5,2	32,4 (+38 %)	7,8

Найвищу чисельність мікроорганізмів, які беруть участь у деструкції периферичної системи гумусових речовин, було виявлено у 2022 р., що в 4–32 рази вище за аналогічний показник 2021 р. У 2023 р. чисельність педотрофів була нижчою в 1,3–5,6 рази, порівнюючи з 2022 р. Погодні умови року впливали на прояв біостимуляторів. Так, у 2021 р. найкращі результати були отримані за застосування біостимулятора «Стимпо» без біодеструктора (підвищення чисельності педотрофів становило 288 % до контролю. У 2023 р. перевага була

за біостимулятором «Агат» без біодеструктора (приріст чисельності +43 %) і «Регоплант» з біодеструктором (+44 %).

### **3.3. Мікроорганізми, які беруть участь у трансформації сполук нітрогену**

Поряд з азотфіксувальними мікроорганізмами до складу мікробних ценозів ґрунтів завжди входять різні види бактерій, які здатні розкласти азотовмісні органічні речовини. Процес розкладу цих речовин протікає з виділенням амонію і називається амоніфікацією. Аміак, що утворюється при цьому, є субстратом для іншої групи мікроорганізмів – нітрифікаторів. Процес окиснення амонію вузькоспеціалізованими бактеріями у нітриту, потім – у нітрату, а у випадку з гетеротрофними мікроорганізмами – в різні органічні азотовмісні сполуки, називається нітрифікацією. Основними чинниками цього процесу є автотрофні бактерії родів *Nitrosomonas* і *Nitrobacter*. Значно пізніше було доказано, що окиснювати амоній та інші азотовмісні сполуки до нітриту й нітрату може значна кількість видів гетеротрофних мікроорганізмів. Згідно з існуючими даними гетеротрофна нітрифікація відіграє важливу, часто провідну, роль в окисненні відновлених сполук азоту [4]. Однак інтенсивність асиміляції амонію чи нітрату залежить від властивостей ґрунту (рН, вмісту катіонів, співвідношення нітрату та амонію), фази розвитку рослин і їхньої біології. На слабкокислих ґрунтах ефективнішими є нітратні добрива, а на нейтральних – амонійні. При окультуренні ґрунтів серед різних форм азоту в них зростає відсоток нітрату з 20 % у ґрунтах з низькою родючістю і до 60 % у добре окультурених. У більшості випадків це обумовлено інтенсифікацією процесу нітрифікації. Тому високу нітрифікаційну властивість ґрунту використовують як один із показників його родючості [5]. Важливим процесом, який обумовлений функціонуванням мікрофлори ґрунту, є денітрифікація. Цей процес супроводжується зниженням у ґрунті мінерального азоту і може протікати під впливом як анаеробних, так і аеробних мікроорганізмів. У процесі денітрифікації відбувається відновлення

нітрату через  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  до  $\text{N}_2$ . Повний ланцюг нітратного дихання функціонує лише у деяких видів бактерій, які належать до родів *Alcaligenes*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Thiobacillus* і деяких інших. Однак, часто дисиміляційне відновлення нітратів закінчується на проміжних стадіях. Це спостерігається в умовах, неоптимальних для повної денітрифікації, коли в цьому процесі утворюється  $\text{N}_2\text{O}$  [6, 26, 31].

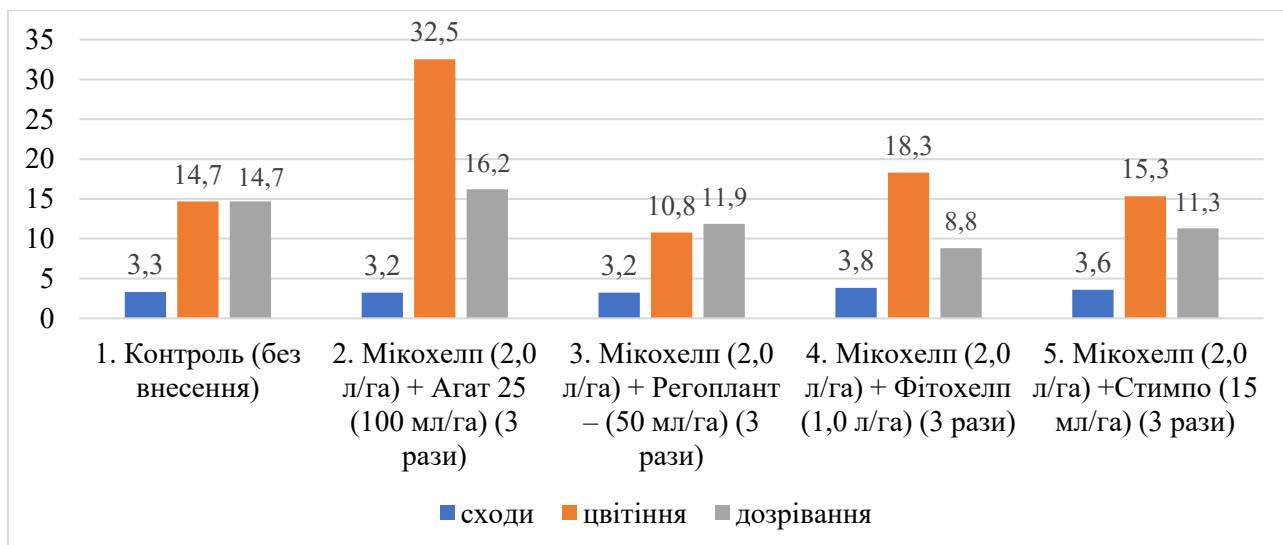
Більшість амоніфікуючих мікроорганізмів використовують білок як джерело вуглецю та енергії, тільки якщо немає інших субстратів (цукрів, спиртів, органічних кислот тощо). Бактерії роду Протей (*Proteus*), представники родів *Bacillus*, *Pseudomonas* і *Clostridium* переважно використовують білки, а ґрунтові бактерії *Bacillus pasteurii* здійснюють амоніфікацію карбаміду (сечовини). Для представників роду *Clostridium* характерне гнильне розкладання нітрогеновмісних сполук з утворенням амінів, які далі окиснюються в аеробних умовах інші бактерії з виділенням амоніаку [7].

За вирощування рослин сої сорту Сузір'я найвищу кількість мікроорганізмів, які використовують переважно органічні сполуки азоту в ґрунті спостерігали у варіанті із додаванням біопрепарату «Фітохелп» ( $6,4 \cdot 10^6$  КУО/г ґрунту), що у 18,8 та 5,3 рази вище, ніж у контрольному ( $3,4 \cdot 10^5$  КУО/г ґрунту) та еталонному ( $1,2 \cdot 10^6$  КУО/г ґрунту) [8].

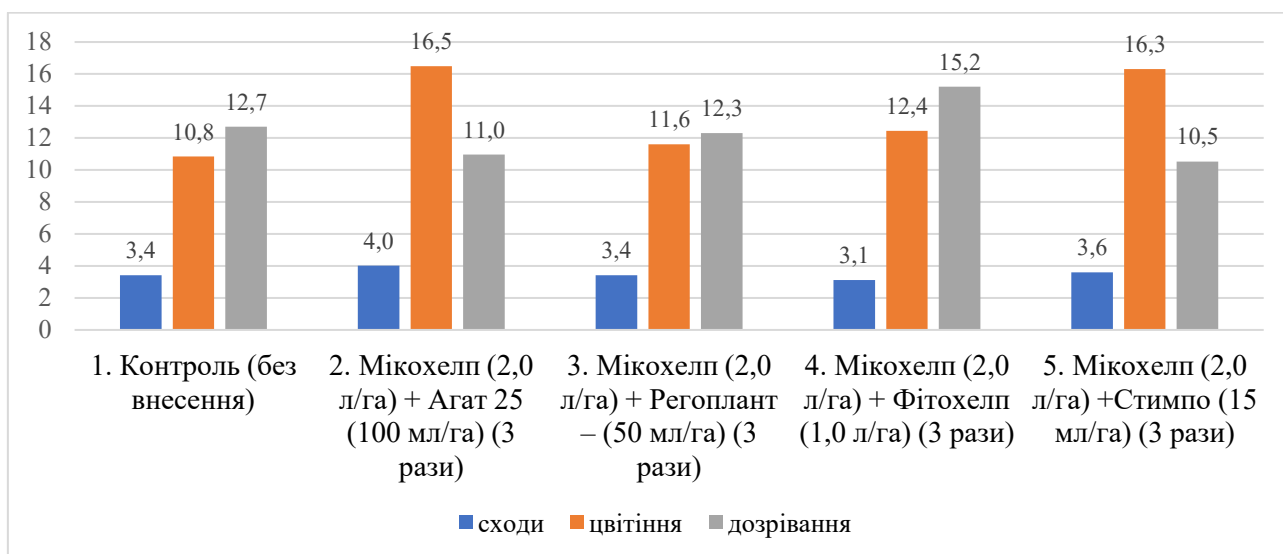
Азотне добриво за таких умов стимулює розвиток амоніфікаторів, мікроорганізмів, які засвоюють здебільшого мінеральні сполуки азоту, денітрифікаторів, целюлозоруйнівних бактерій, активізує процеси біологічної денітрифікації та емісії  $\text{CO}_2$ . Потреби у вуглеці для забезпечення метаболічних процесів мікроорганізми можуть задовольняти лише через деструкцію гумусових сполук [33, 45, 47]. За надходження до ґрунту свіжої органічної речовини у вигляді подрібненої до пиловидних частин соломи, а також за вирощування ячменю ярого активність біологічної денітрифікації зменшується [9, 19].

У процесі наших досліджень в середньому за 2021–2023 рр. спостерігалась динаміка чисельності амоніфікаторів із мінімальними показниками у фазу

сходів, підвищення до 3,4–10,0 разів у фазу цвітіння і високими показниками при дозріванні (рис. 3.3).



а)



б)

Рис. 3.3. Динаміка чисельності амоніфікувальних мікроорганізмів у ризосфері картоплі за використання біостимуляторів росту рослин (середнє за 2021–2023 рр.), млн КУО/г ґрунту: а) – без деструктора; б) – з біодеструктором «Екостерн», 1,2 л/га

Чисельність мікроорганізмів, які трансформують органічні сполуки азоту в дерново-підзолистому ґрунті, змінювалась як за роками дослідження, так і за використання біостимуляторів (табл. 3.5).



**Чисельність мікроорганізмів, які використовують органічні сполуки азоту,  
у ризосфері картоплі за впливу біостимуляторів росту рослин  
(середнє за 2021–2023 рр.), млн КУО/г ґрунту**

Фактор А	Фактор Б	2021 р.	2022 р.	2023 р.
Фон 1 (без внесення «Екостерну»)	1. Контроль (без внесення)	8,9	23,8	7,2
	2. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Агат 25» (100 мл/га) (3 рази)	12,8 (+44 %)	40,8 (+71 %)	6,4 (-9,1 %)
	3. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Регоплант» (50 мл/га) (3 рази)	7,1 (-20 %)	21,6 (-9,3 %)	6,8 (-6,1 %)
	4. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)	8,2 (-7,6 %)	26,9 (+13,4 %)	5,6 (-22,2 %)
	5. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Стимпо» (15 мл/га) (3 рази)	8,2 (-9 %)	28,0 (+17,6 %)	5,5 (-24,2 %)
Фон 2 (із біодеструктором «Екостерн», 1,2 л/га)	1. Контроль (без внесення)	7,4	21,7	5,8
	2. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Агат 25» (100 мл/га) (3 рази)	8,5 (+14 %)	23,5 (+ 8,4%)	7,3 (+25,6 %)
	3. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Регоплант» (50 мл/га) (3 рази)	7,5 (+1,4)	15,3 (-29,4 %)	5,4 (-7,7 %)
	4. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)	8,5 (+14 %)	26,7 (+23,1 %)	5,1 (-12,1 %)
	5. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Стимпо» (15 мл/га) (3 рази)	8,2 (+11 %)	15,9 (-26,8 %)	4,2 (-27,8 %)

Найбільша чисельність амоніфікувальних мікроорганізмів і , відповідно, найкращі умови для їх функціонування склалися у 2022 р., найгірші – у 2023 р. Без використання біодеструктора «Екостерн» по гірчиці чисельність амоніфікаторів в основному була вищою, порівнюючи з фоном 2, із внесенням деструктора.

Біостимулятори мали різний вплив на чисельність мікроорганізмів, які використовують органічні форми азоту. Так, найвищу ефективність мав «Агат» на фоні препарату «Мікохелп» на фоні без біодеструктора (40,8 млн КУО/г ґрунту, що на 71,4 % більше, ніж на контролі). Решта біостимуляторів лише в окремі роки мали позитивний вплив на амоніфікувальну мікробіоту, чисельність якої була на 11–17 % вищою, якщо порівняти з варіантом без їх застосування.

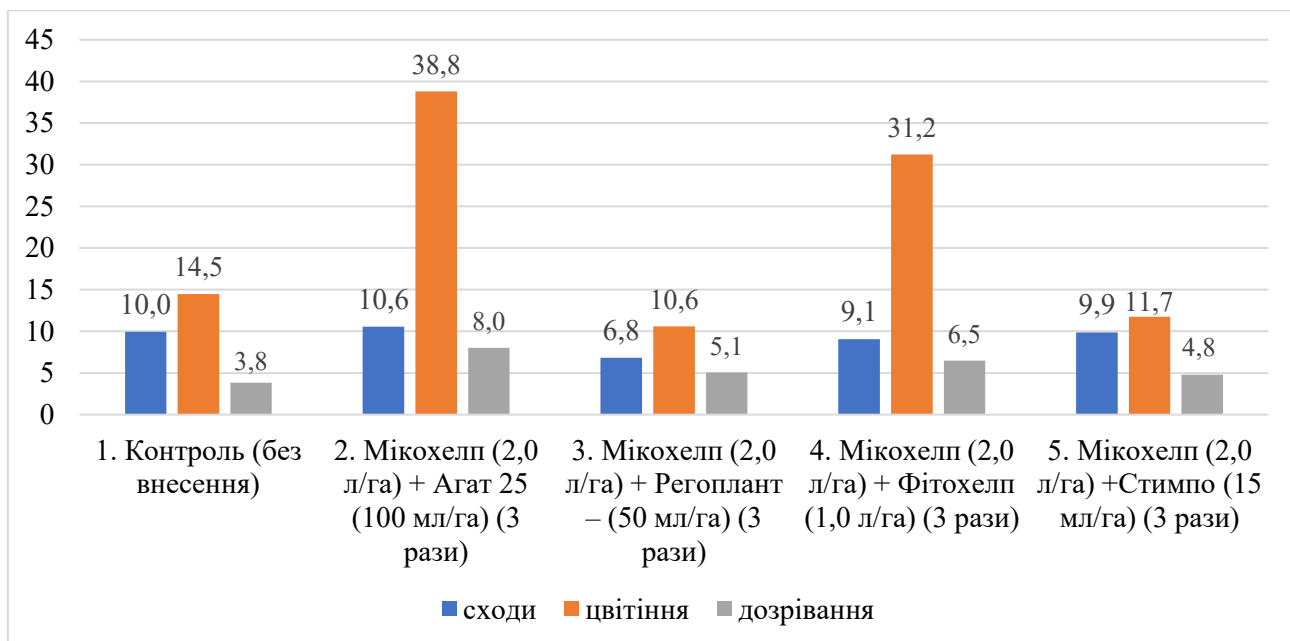
У дослідженнях Мотрука та ін. (2021) різні варіанти добрив не мали суттєвого впливу на кількість амілолітичних мікроорганізмів, а різниця між деякими варіантами не перевищувала 5 % [41].

У наших дослідженнях у середньому за 2021–2023 рр. прослідковувалась така динаміка чисельності амілолітичних мікроорганізмів за використання біостимуляторів: весною, у фазу сходів картоплі, спостерігались середні значення на варіанті без деструктора (6,8–10,6 млн КУО/г ґрунту), а за використання деструктора – найменші (4,2–7,1 млн КУО/г ґрунту), у фазу цвітіння – найвищі показники на усіх фонах (9,2–38,8 млн КУО/г ґрунту) і у фазу дозрівання – значне зменшення чисельності мікроорганізмів у варіанті без деструктора (3,8–8,0 млн КУО/г ґрунту), а за його використання – вищі показники у фазу дозрівання (6,5–10,4 млн КУО/г ґрунту) (рис. 3.4).

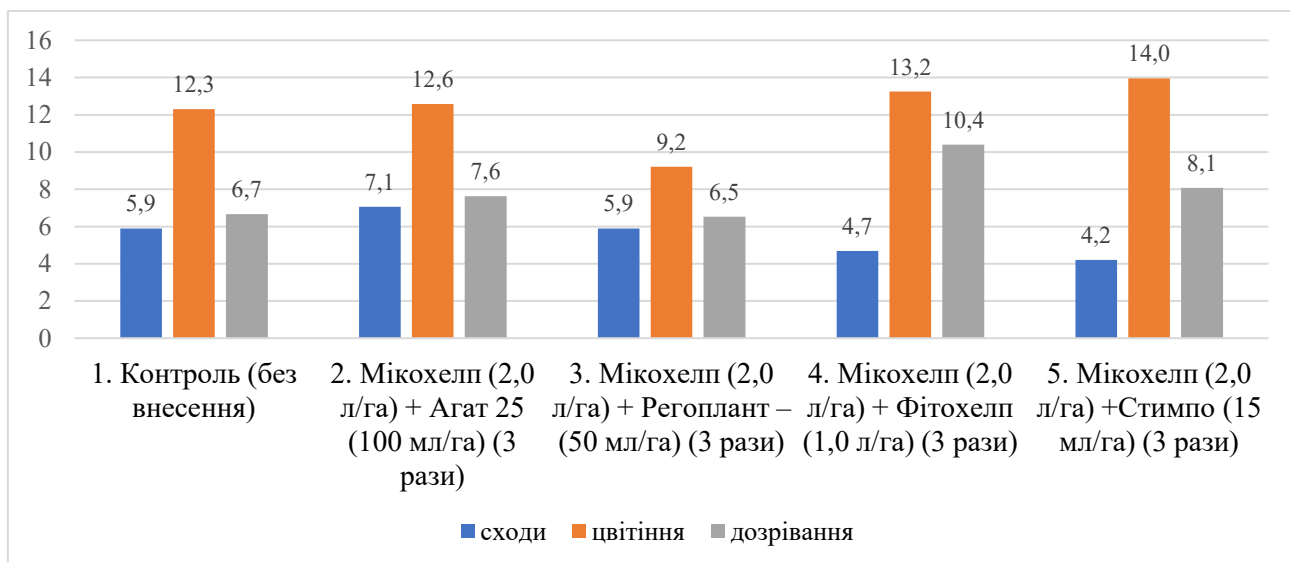
Підвищення чисельності амілолітичних мікроорганізмів, за визначенням Волкогона та ін. (2018), може вказувати на іммобілізацію мінерального азоту в ґрунті.

У наших дослідженнях чисельність амілолітичних мікроорганізмів залежала від погодних умов року. Так, у 2022 р., порівнюючи з 2021 р., кількісні значення були вищі на 21–75 %, за винятком контролю, де різниця була не суттєва.

У 2023 р. порівняно з 2022 р. в дерново-підзолистому ґрунті виявлено зниження у 1,5–5,0 разів чисельності мікроорганізмів, які іммобілізують мінеральні форми азоту (табл. 3.6).



а)



б)

Рис. 3.4. Динаміка чисельності амілолітичних мікроорганізмів у ризосфері картоплі за використання біостимуляторів росту рослин (середнє за 2021–2023 рр.), млн. КУО/г сухого ґрунту: а) – без деструктора; б) – з біодеструктором «Екостерн», 1,2 л/га

Погодні умови досліджуваних років також впливали на ефективність біостимуляторів. Так, у 2021 р. виявлено зниження на 53–68 % чисельності амілолітичних мікроорганізмів на фоні 1 (без внесення «Екостерн») за використання варіантів із застосуванням препаратів «Регоплант», «Фітохелп» і

«Стимпо»; на фоні 2 відбулось підвищення на 59–155% чисельності мікроорганізмів за використання варіантів із застосуванням препаратів «Агат», «Регоплант», «Фітохелп» і «Стимпо».

Таблиця 3.6

**Чисельність мікроорганізмів, які іммобілізують мінеральні форми азоту  
у ризосфері картоплі за впливу біостимуляторів росту рослин  
(середнє за 2021–2023 рр.), млн КУО/г ґрунту**

Фактор А	Фактор Б	2021 р.	2022 р.	2023 р.
Фон 1 (без внесення «Екостерну»)	1. Контроль (без внесення)	15,2	14,8	5,9
	2. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Агат 25» (100 мл/га) (3 рази)	15,9	37,1 (+151 %)	5,2 (–12 %)
	3. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Регоплант» (50 мл/га) (3 рази)	7,0 (–54 %)	11,1 (–25 %)	5,4 (–10 %)
	4. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)	7,2 (–53 %)	28,5 (+93 %)	6,0
	5. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Стимпо» (15 мл/га) (3 рази)	4,9 (–68 %)	16,1 (+8,8 %)	3,2 (–46 %)
Фон 2 (із біодеструктором «Екостерн», 1,2 л/га)	1. Контроль (без внесення)	4,7	11,8	6,4
	2. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Агат 25» (100 мл/га) (3 рази)	9,9 (+110 %)	12,1	7,9 (+22 %)
	3. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Регоплант» (50 мл/га) (3 рази)	7,5 (+59 %)	9,5 (–19 %)	6,3
	4. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)	12,1 (+155 %)	15,8 (+34 %)	4,9 (–24 %)
	5. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Стимпо» (15 мл/га) (3 рази)	9,2 (+95 %)	15,2 (+29 %)	4,0 (–37 %)

У 2022 р. за використання біостимуляторів склались гірші умови для гумусоутворення з підвищенням чисельності амілолітичних мікроорганізмів,

особливо за використання препарату «Агат» на фоні 1 (+151 %) і «Мікохелп» (+93 %), порівнюючи з контролем, де їх чисельність становила 37,1 та 28,7 млн КУО/г сухого ґрунту відповідно.

У 2023 р. біостимулятори зумовлювали зниження чисельності мікроорганізмів, які іммобілізують мінеральні форми азоту в дерново-підзолистому ґрунті на (10–46 %) на фоні 1 і (22–37 %) на фоні 2.

Азотфіксація – це процес зв'язування молекулярного азоту атмосфери у своїй відносно інертній молекулярній формі ( $N_2$ ) в хімічні сполуки, корисні для інших хімічних процесів (наприклад, аміак, нітрати і діоксид азоту). Фіксація азоту в ґрунті відбувається завдяки прокаріотичним організмам, і здійснюється як бактеріями, так і археями [49]. Аеробні вільноживучі ґрунтові бактерії роду *Azotobacter* можуть нагромадити на площі 1 га до 30–60 кг/га азоту на рік, а анаеробна маслянокисла бактерія *Clostridium passterianum* – до 20–40 кг/га. Джерелом енергії і вуглецевого живлення для азотфіксаторів є кореневі виділення рослин, продукти розкладу клітковини та інших органічних решток. Для підвищення азотфіксуючої здатності ґрунту вносять бактеріальні добрива [49].

У наших дослідженнях за використання біостимуляторів при вирощуванні картоплі спостерігалась така динаміка чисельності бактерій роду *Azotobacter* [55]: невисокі значення у фазу сходів (0,54–1,53 без деструктора і 0,52–1,12 млн КУО/г ґрунту за використання деструктора), найбільші показники у фазу цвітіння (2,3–6,22 без деструктора й 1,11–4,7 млн КУО/г ґрунту за використання деструктора) і зменшення кількості у фазу дозрівання картоплі (0,97–2,8 без деструктора і 0,81–1,68 млн КУО/г ґрунту за використання деструктора) (додаток Е, рис. 3.5).

Отже, найкращі умови для накопичення азоту склались у ґрунті у фазу цвітіння картоплі. Порівняння за роками дослідження показало найвищі показники у 2022 р., а найнижчі – у 2023 р. Використання біостимулятора «Агат» на фоні «Мікохелп» без деструктора сприяло підвищенню чисельності бактерій роду *Azotobacter* в дерново-підзолистому ґрунті на 82 % у 2021 р. і на 105 % – у

2022 р., за використання деструктора – на 45% у 2022 р. Позитивний ефект мало застосування препаратів «Фітохелп» і «Стимпо» як на фоні застосування біодеструктора, так і без нього, оскільки чисельність азотобактера збільшувалась у 2021-2022 рр. на 23-117 % порівняно з контролем. (табл. 3.7). У 2023 р. такої закономірності не виявлено.

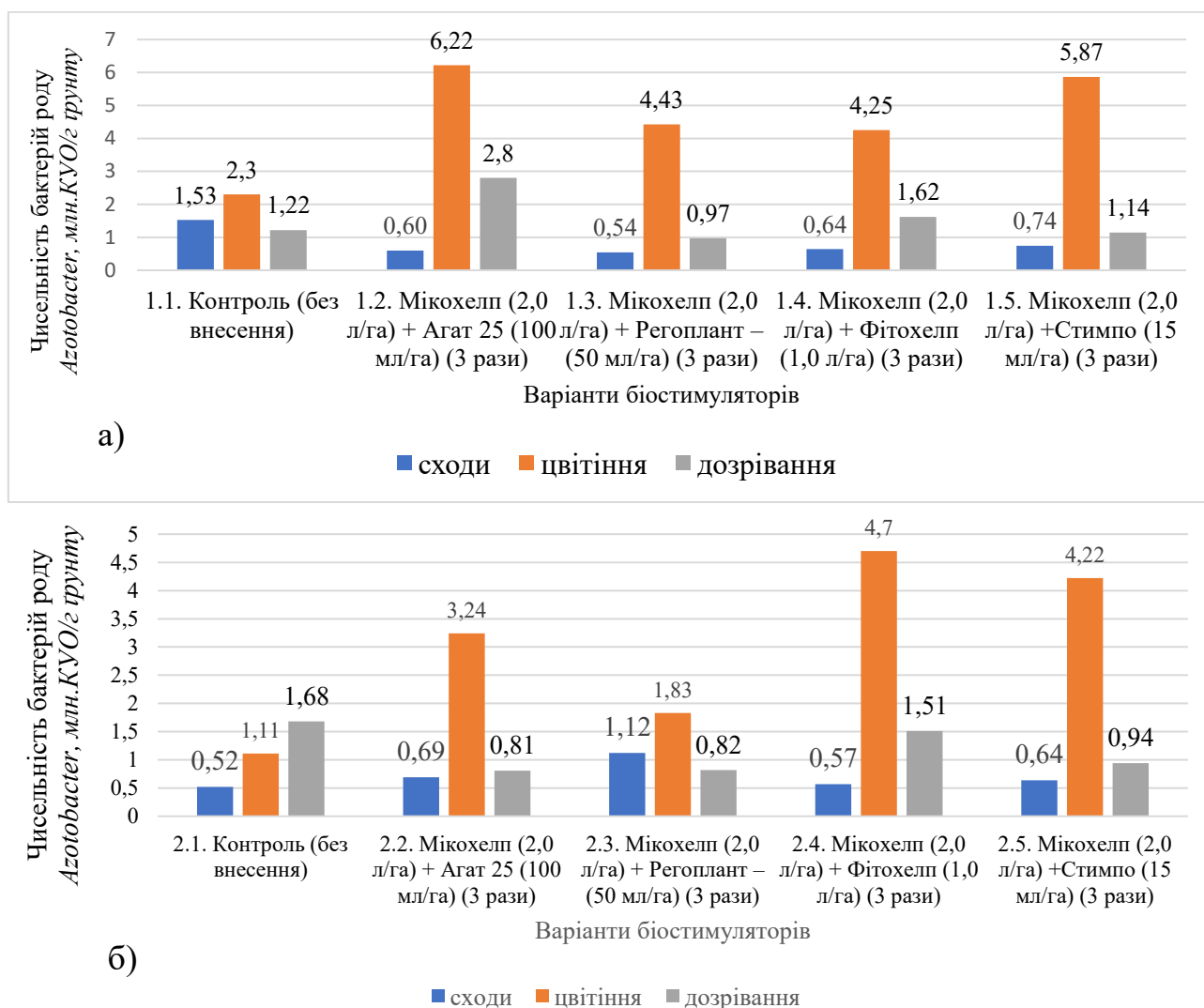


Рис. 3.5. Динаміка чисельності бактерій роду *Azotobacter* у ризосфері картоплі за використання біостимуляторів росту рослин (середнє за 2021–2023 рр.): а) – без деструктора; б) – з біодеструктором «Екостерн», 1,2 л/га

Отже, біостимулятори мали позитивний вплив на чисельність бактерій роду *Azotobacter* за вирощування картоплі: різниця, порівнюючи з контролем, становила за їх використання 23–117 %.

**Чисельність бактерій роду *Azotobacter* у ризосфері картоплі за впливу біостимуляторів росту рослин (середнє за 2021-2023 рр.), млн КУО/г ґрунту**

Фактор А	Фактор Б	2021 р.	2022 р.	2023 р.
Фон 1 (без внесення «Екостерну»)	1. Контроль (без внесення)	1,4	3,2	0,5
	2. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Агат 25» (100 мл/га) (3 рази)	2,6 (+82 %)	6,5 (+105 %)	0,5
	3. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Регоплант» (50 мл/га) (3 рази)	1,5	3,9 (+23 %)	0,5
	4. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)	1,7 (+23 %)	4,4 (+37 %)	0,4
	5. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Стимпо» (15 мл/га) (3 рази)	2,0 (+44 %)	5,3 (+66 %)	0,4
Фон 2 (із біодеструктором «Екостерн», 1,2 л/га)	1. Контроль (без внесення)	0,9	2,2	0,2
	2. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Агат 25» (100 мл/га) (3 рази)	1,2	3,1 (+45 %)	0,4
	3. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Регоплант» (50 мл/га) (3 рази)	1,0	2,6	0,2
	4. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)	1,8 (+94 %)	4,7 (+117 %)	0,3
	5. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Стимпо» (15 мл/га) (3 рази)	1,5 (+65 %)	4,1 (+88 %)	0,2

За сучасними уявленнями, аеробні спороутворюючі бактерії, або бацили, об'єднуються в окремий рід *Vacillus* сімейства *Vacillaceae* [40]. Цей рід, що включає багато різноманітних видів, має ряд характерних особливостей і відрізняється від інших бактеріальних організмів комплексом морфолого-фізіологічних ознак, з яких найбільш важливими є паличкоподібна форма клітин, здатність утворювати ендоспори, потреба у вільному кисні для зростання.

Ендоспори утворюються всередині бактеріальної клітини і являють собою тільця округлої або овальної форми. За несприятливих умов їхнього існування: збіднення поживного середовища, зміни його вологості і рН, старіння культури, а також при попаданні вегетативних клітин у ґрунт. Спороутворення не є способом розмноження у бактерій, а служить для збереження виду.

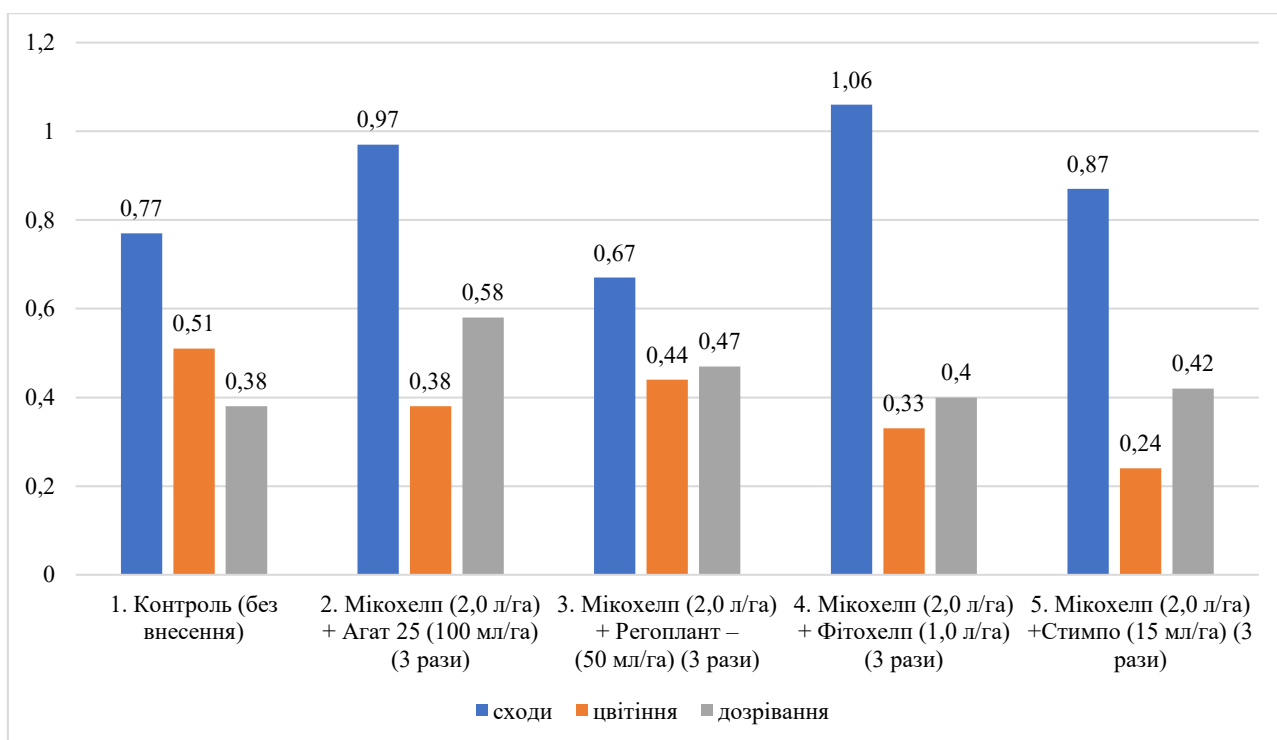
На думку Ястремської та Малиновської І.М. (2017), майже всі відомі анаеробні й аеробні спороутворюючі бактерії є гетеротрофами і живуть завдяки споживанню готової органіки, до того ж не завдяки живій органіці, а завдяки продуктам життєдіяльності інших живих організмів (сапрофітні) [56].

Тому і в наших дослідженнях найбільша чисельність спороутворюючих мікроорганізмів була виявлена у фазу сходів, найменша – під час цвітіння і незначне підвищення – під час дозрівання картоплі (рис. 3.6). Виняток становив 4 варіант з використанням біопрепарату «Фітохелп» на фоні біодеструктора «Екостерн» у фазу дозрівання картоплі, де виявлено значне підвищення, порівняно з іншими варіантами дослідів, чисельності спороутворюючої мікробіоти (1,64 млн КУО/г ґрунту).

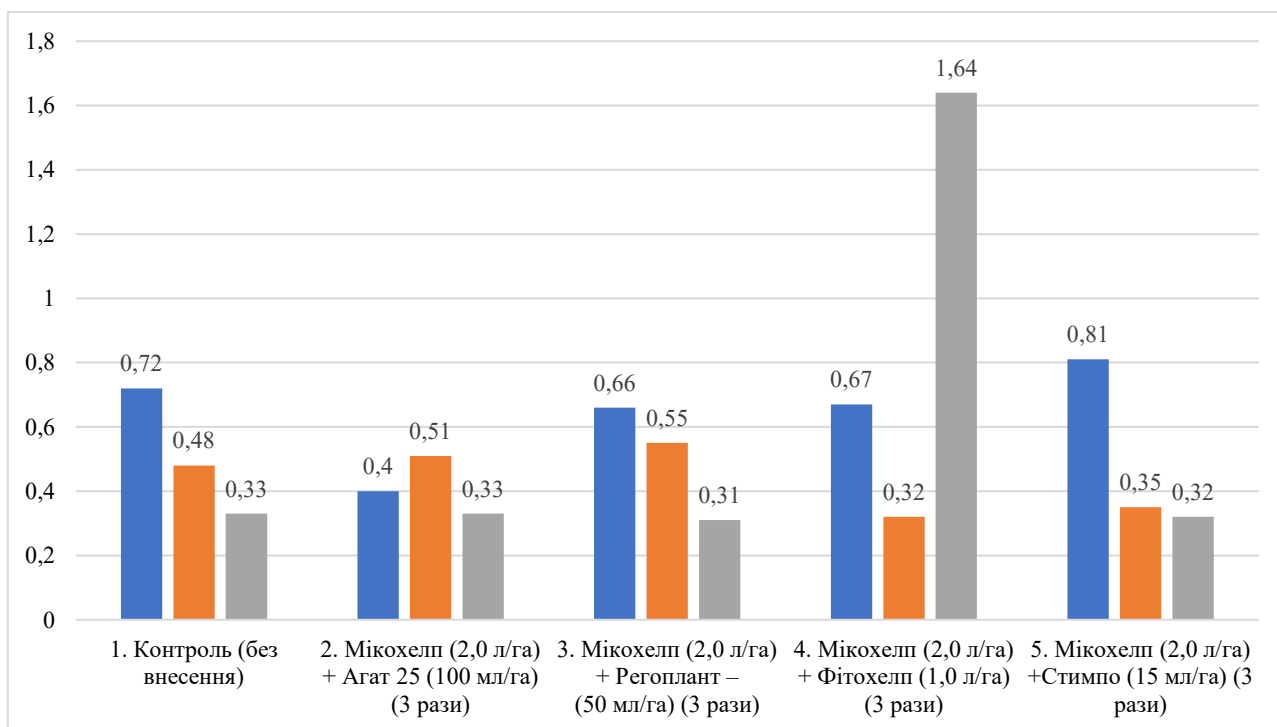
Чисельність спороутворюючих бактерій у дерново-підзолистому ґрунті за вирощування картоплі мала таку ж динаміку по роках, як і мікроорганізмів інших досліджуваних фізіологічних груп, зі збільшенням в 1,3–2,2 рази у 2022 р., порівняно з 2021 роком, і найменшими показниками у 2023 р. (табл. 3.8).

Біостимулятори не мали істотного впливу на чисельність спороутворюючих мікроорганізмів, за винятком варіанта 4 («Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)) за використання біодеструктора «Екостерн» (1,2 л/га) у фазу дозрівання картоплі.





а)



б)

Рис. 3.6. Динаміка чисельності споруутворюючих мікроорганізмів за використання біостимуляторів при вирощуванні картоплі (середнє за 2021–2023 рр.), млн КУО/г ґрунту: а) – без деструктора; б) – з біодеструктором «Екостерн», 1,2 л/га.

**Чисельність спороутворюючих мікроорганізмів у ризосфері картоплі  
за впливу біостимуляторів росту рослин  
(середнє за 2021–2023 рр.), млн КУО/г сухого ґрунту**

Фактор А	Фактор Б	2021 р.	2022 р.	2023 р.
Фон 1 (без внесення «Екостерну»)	1. Контроль (без внесення)	0,5	1,0	0,2
	2. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Агат 25» (100 мл/га) (3 рази)	0,5	1,2	0,2
	3. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Регоплант» (50 мл/га) (3 рази)	0,4	0,9	0,3
	4. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)	0,5	1,1	0,2
	5. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Стимпо» (15 мл/га) (3 рази)	0,4	0,9	0,2
Фон 2 (із біодеструктором «Екостерн», 1,2 л/га)	1. Контроль (без внесення)	0,4	1,0	0,1
	2. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Агат 25» (100 мл/га) (3 рази)	0,3	0,7	0,2
	3. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Регоплант» (50 мл/га) (3 рази)	0,4	0,9	0,2
	4. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)	0,7	1,8 (+80 %)	0,1
	5. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Стимпо» (15 мл/га) (3 рази)	0,4	0,9	0,1

### 3.4. Динаміка чисельності грибів у ризосфері картоплі за застосування біопрепаратів

Ґрунт, а також пожнивні рештки культури слугують основним джерелом поширення інфекції для різного роду патогенів і створюють небезпеку для сільськогосподарських культур, заражаючи насіння та корені культурних рослин

і викликаючи кореневі гнилі, в'янення тощо. Проростаючи в ґрунті, гриби можуть розсіюватися спорами й уражувати надземні частини рослин. Накопичуючись у ґрунті, патогени створюють високе інфекційне навантаження на рослини, викликаючи значне ураження рослин, пригнічуючи їхній ріст і розвиток аж до загибелі рослини. Патогени за сприятливих ґрунтово-кліматичних умов можуть викликати епіфітотії. Усе це відображається, своєю чергою, на зниженні урожайності культур, а також погіршенні якісних показників урожаю. Особливої уваги заслуговують дослідження щодо вивчення інтродукції поліфункціональних мікроорганізмів, умов їхнього ефективного функціонування в ризосфері рослин, розробки елементів технологій ефективного застосування мікробних біопрепаратів [29]. Використання біологічних засобів відтворення родючості ґрунту й отримання екологічно безпечної та якісної продукції рослинництва – один із стратегічних напрямів сучасного землеробства. Велике значення в реалізації такого підходу належить застосуванню мікробних препаратів для забезпечення біологічної азотфіксації, фосфатмобілізації, рістстимуляції у ризосфері рослин і біопротекторної дії для захисту сільськогосподарських культур від патогенів і фітофагів [32].

У дослідженнях Vaitkevičienė та ін., 2019 показано високу біологічну ефективність нових біопрепаратів на основі антагоністичних мікробів *Bacillus subtilis* (штами І5-12/23, В-10, М-22) і *Trichoderma asperellum* (штами Т-32 і Т-36) проти фітофторозу, яка практично зберігалася після 18 місяців зберігання (33–6 %). Застосування препаратів дає змогу збільшити врожай стандартної товарної фракції картоплі на 5–7 т/га. Розроблено технологію одержання та застосування нових екологічно безпечних біопрепаратів, що забезпечують підвищення стійкості картоплі до хвороб і зниження чутливості бульб до патогенів у період вегетації та тривалого зберігання [17].

У наших дослідженнях у 2021 р. застосування біологічних препаратів сприяло зниженню чисельності збудників хвороб картоплі в ґрунті та збереженню урожаю (табл. 3.9). Загальна кількість грибів зменшувалась від фази сходів до дозрівання, за винятком варіанта 4, з використанням препарату

«Фітохелп». Чисельність патогенів у фазу дозрівання підвищувалась у варіантах без деструктора.

Таблиця 3.9

**Загальна кількість грибів і патогенів в ризосфері картоплі за впливу біостимуляторів росту рослин у 2021 р., тис. КУО/г ґрунту**

Фактор А	Фактор Б	Загальна кількість грибів			Кількість патогенних грибів		
		фазу розвитку культури					
		сходи	цвітіння	дозрівання	сходи	цвітіння	дозрівання
Фон 1 (без деструктора)	1. Контроль (без внесення)	91,7	50,0	57,5	21,1	13,0	15,7
	2. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Агат 25» (100 мл/га) (3 рази)	94,5	74,4 (+49 %)	75,6 (+32 %)	6,2 (-71 %)	4,0 (-69 %)	5,2 (-67 %)
	3. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Регоплант» (50 мл/га) (3 рази)	94,1	53,6	65,3 (+14%)	3,5 (-83%)	4,0 (-69%)	5,8 (-63%)
	4. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)	94,5	116,9 (+134 %)	74,3 (+29 %)	3,3 (-84 %)	1,4 (-89 %)	0,82 (-95 %)
	5. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Стимпо» (15 мл/га) (3 рази)	94,0	68,0 (+36 %)	62,9 (+9 %)	4,3 (-80 %)	2,1 (-84 %)	6,1 (-61 %)
Фон 2 (із біодеструктором «Екостерн», 1,2 л/га)	1. Контроль (без внесення)	90,8	64,9	63,4	4,9	3,0	4,32
	2. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Агат 25» (100 мл/га) (3 рази)	97,4 (+7 %)	76,9 (+19 %)	70,0 (+10 %)	0,0	0,0	0,0
	3. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Регоплант» (50 мл/га) (3 рази)	96,3	77,1 (+19 %)	76,5 (+21 %)	0,0	0,0	0,0
	4. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)	95,6	71,6 (+10 %)	65,8	0,0	0,0	0,0
	5. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Стимпо» (15 мл/га) (3 рази)	97,8 (+8 %)	77,8 (+20 %)	91,7 (+45 %)	0,0	0,0	0,0

Фоліарне використання препаратів збільшувало загальну чисельність грибів на 14–134 % і зменшувало чисельність патогенів на 61–100 %, порівнюючи з контролем.

Визначено, що патогенні гриби були представлені 6 видами: *Fusarium oxysporum* (Schlecht.) Snyd. et Hans., *F. solani* (Mart.) App. et Wr, *F. verticillioides* (Sacc.) Nirenberg, *F. culmorum* (Sm.) Sacc, *F. graminearum* Schwabe, *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl.

Відсотковий аналіз патогенів у 2021 р. показує, що на фоні 1, де не застосовувався біодеструктора, у фазу сходів кількість патогенів коливалася від 3,58 % у варіанті 4 (із використанням «Фітохелп») до 23,0 % у контролі (табл. 3.10).

Таблиця 3.10

**Вміст патогенних грибів (%) в ризосфері картоплі за впливу біостимуляторів росту рослин, 2021 р.**

Фактор А	Фактор Б	Фаза розвитку культури		
		сходи	цвітіння	достигання
Фон 1 (без біодеструктора)	1. Без внесення (контроль)	23,0	40,9	31,3
	2. «Мікохелп» + «Агат 25 К»	6,5	5,4	6,9
	3. «Мікохелп» + «Регоплант»	3,7	7,5	13,9
	4. «Мікохелп» + «Фітохелп»	3,5	0,0	0,0
	5. «Мікохелп» + «Стимпо»	4,6	3,1	10,7
Фон 2 (із біодеструктором «Екостерн», 1,2 л/га)	1. Без внесення (контроль)	0,0	4,6	6,8
	2. «Мікохелп» + «Агат 25 К»	0,0	0,0	0,0
	3. «Мікохелп» + «Регоплант»	0,0	0,0	0,0
	4. «Мікохелп» + «Фітохелп»	0,0	0,0	0,0
	5. «Мікохелп» + «Стимпо»	0,0	0,0	0,0

У фази цвітіння та досягання картоплі кількість патогенів дещо зростає, особливо на контрольному варіанті, та коливалася від 0,0 % у варіанті 4 до 40,9 та 31,2 % у контролі відповідно у фазу цвітіння та досягання. Патогенні гриби були представлені 6 видами: *Fusarium oxysporum* (Schlecht.) Snyd. et Hans., *F. solani* (Mart.) App. et Wr, *F. verticillioides* (Sacc.) Nirenberg, *F. culmorum* (Sm.) Sacc, *F. graminearum* Schwabe, *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl.

На фоні 2 (застосування деструктора «Екостерн» у дозі 1,2 л/га) у фазу сходів культури патогенних грибів не спостерігали. У фази цвітіння та досягання патогенні гриби були виявлені тільки у контролі (4,6 і 8,2 % відповідно).

Отже, застосування біопрепаратів в органічних технологіях дає змогу ефективно контролювати кількість патогенних грибів у ґрунті та сприяє оздоровленню дерново-підзолистого ґрунту.

Погодні умови 2022 р. вплинули на закономірності розподілу загальної чисельності грибів і патогенів (табл. 3.11). Найбільшу чисельність грибів у варіанті без деструктора (фон 1) виявлено при в період дозрівання картоплі, а з деструктором (фон 2) – у фази сходів і цвітіння.

Застосування біостимулятора «Агат» на фоні з препаратом «Мікохелп» збільшувало загальну чисельність грибів на фоні 1 на 46 % у фазу сходів і 28 % - цвітіння; на фоні 2 – на 12–20 % протягом всієї вегетації культури. При цьому кількість патогенів на фоні без біодеструктора протягом вегетації картоплі знижувалась. За внесення біостимуляторів росту «Регоплант», «Фітохелп» і «Стимпо» з препаратом «Мікохелп» на фоні без біодеструктора показник загальної чисельності грибів найвищим був у фазу сходів (+45-50 % до контролю), дещо нижчим у період цвітіння культури (+ 8-41 % до контролю) і найнижчим у фазу дозрівання (-13-29 % від контролю). При цьому кількість патогенів знизилась по відношенню до контролю, залежно від застосовуваного препарату і фази онтогенезу на 54-94 %. На фоні 2 за застосування біодеструктора чисельність грибів у ризосфері картоплі протягом вегетаційного

періоду була вищою на 9-85 % порівняно з контролем, а кількість патогенів була рівною нулю.

Таблиця 3.11

**Загальна кількість грибів і патогенів у ризосфері картоплі залежно від застосування біопрепаратів, 2022 р., тис. КУО/г ґрунту**

Фактор А	Фактор Б	Загальна кількість грибів			Кількість патогенних грибів		
		фаза розвитку культури					
		сходи	цвітіння	дозрівання	сходи	цвітіння	дозрівання
Фон 1 (без деструктора)	1. Без внесення (контроль)	60,2	66,8	145,0	12,2	12,5	29,3
	2. «Мікохелп» + «Агат 25К»	88,0 (+46 %)	85,6 (+28 %)	139,0	4,6 (-62 %)	3,8 (-69 %)	7,43 (-75 %)
	3. «Мікохелп» + «Регоплант»	90,0 (+50 %)	72,4 (+8 %)	110,3 (-24 %)	4,4 (-64 %)	3,79 (-70 %)	13,4 (-54 %)
	4. «Мікохелп» + «Фітохелп»	88,2 (+47 %)	83,6 (+25 %)	126,0 (-13 %)	4,4 (-64 %)	1,25 (-90 %)	1,89 (-94 %)
	5. Мікохелп + «Стимпо»	87,4 (+45 %)	94,0 (+41 %)	102,0 (-29 %)	3,6 (-71 %)	2,0 (-84 %)	10,0 (-66 %)
Фон 2 (з біодеструктором «Екостерн», 1,2 л/га)	1. Без внесення (контроль)	85,4	82,4	69,6	3,24	4,29	4,25
	2. «Мікохелп» + «Агат 25 К»	95,2 (+12 %)	97,8 (+19 %)	83,2 (+20%)	0,0	0,0	0,0
	3. «Мікохелп» + «Регоплант»	94,2 (+10 %)	132,1 (+60 %)	92,4 (+33%)	0,0	0,0	0,0
	4. «Мікохелп» + «Фітохелп»	93,5 (+10 %)	152,6 (+85 %)	116,4 (+67%)	0,0	0,0	0,0
	5. «Мікохелп» + «Стимпо»	93,0 (+9 %)	91,0 (+10 %)	87,5 (+26%)	0,0	0,0	0,0

Застосування біопрепаратів і біодеструктора за погодними умовами 2023 р. також сприяло зниженню чисельності збудників хвороб картоплі у ґрунті і сприяло збереженню її урожаю. Так, на фоні 1, де не застосовувався біодеструктор у фазу сходів, кількість патогенів коливалася від 3,9 % у варіанті 2 до 20,0 % у контролі (табл. 3.12). У фазу цвітіння картоплі кількість патогенів дещо знизилася і коливалася від 2,6 у варіанті 4 до 16,7 % у контролі та від 0 до 23,1 % у фазу достигання. Патогенні гриби були представлені 6 видами: *Fusarium oxysporum* (Schlecht.) Snyd. et Hans., *F. solani* (Mart.) App. et Wr,

*F. verticillioides* (Sacc.) Nirenberg, *F. culmorum* (Sm.) Sacc, *F. graminearum* Schwabe, *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl.

Таблиця 3.12

**Вміст патогенних грибів (%) у ризосфері картоплі за застосування біопрепаратів, 2023 р.**

Фактор А	Фактор Б	Фази розвитку картоплі		
		сходи	цвітіння	дозрівання
Фон 1 (без біодеструктора)	1. Без внесення (контроль)	19,5	16,7	23,1
	2. «Мікохелп» + «Агат 25 К»	3,9	5,5	3,4
	3. «Мікохелп» + «Регоплант»	6,3	4,1	3,11
	4. «Мікохелп» + «Фітохелп»	10,5	2,6	0,0
	5. «Мікохелп» + «Стимпо»	11,1	7,1	6,8
Фон 2 (з біодеструктором «Екостерн», 1,2 л/га)	1. Без внесення (контроль)	3,5	6,3	5,3
	2. «Мікохелп» + «Агат 25 К»	0,0	0,0	0,0
	3. «Мікохелп» + «Регоплант»	0,0	0,0	0,0
	4. «Мікохелп» + «Фітохелп»	0,0	0,0	0,0
	5. «Мікохелп» + «Стимпо»	0,0	0,0	0,0

На фоні 2, за застосування біодеструктора «Екостерн» у нормі 1,2 л/га, протягом вегетації культури патогенних грибів не спостерігалось у всіх варіантах застосування біопрепаратів і біостимуляторів, тоді як на контролі частка патогенних грибів була значно нижчою порівняно з аналогічними показниками фону без біодеструктора.

Отже, застосування біопрепаратів в органічних технологіях дозволяє ефективно контролювати кількість патогенних грибів у ризосфері картоплі та сприяє оздоровленню дерново-підзолистого ґрунту.



У середньому за роки дослідження спостерігався суттєвий вплив біопрепаратів на збільшення загальної чисельності грибів порівняно з контролем - + 10–40 % на фоні без біодеструктора і + 12–53 % із ним (табл. 3.13).

Таблиця 3.13

**Загальна кількість грибів і патогенів у ризосфері картоплі за застосування біопрепаратів (середнє за 2021–2023 рр.), тис. КУО/г ґрунту**

Фактор А	Фактор Б	Загальна кількість грибів			Кількість патогенних грибів		
		у 2021 р.	у 2022 р.	у 2023 р.	у 2021 р.	у 2022 р.	у 2023 р.
Фон 1. Без деструктора	1. Без внесення (контроль)	66,4	90,6	98,4	16,6	18,0	17,9
	2. «Мікохелп» + «Агат 25К»	81,5 (+23 %)	104,1 (+15 %)	137,5 (+40 %)	5,1 (-69 %)	5,3 (-70 %)	5,6 (-69 %)
	3. «Мікохелп» + «Регоплант»	71,0	90,9	136,5 (+39 %)	4,5 (-73 %)	7,2 (-60 %)	6,2 (-65 %)
	4. «Мікохелп» + «Фітохелп»	95,2 (+43 %)	99,3 (+10 %)	131,2 (+33 %)	1,8 (-89 %)	2,5 (-86 %)	6,8 (-62 %)
	5. «Мікохелп» + «Стимпо»	75,0 (+13 %)	94,5	121,4 (+23 %)	4,2 (-74 %)	5,2 (-71 %)	10,4 (-42 %)
Фон 2. Екостерн 1,2 л/га	1. Без внесення (контроль)	73,0	79,1	106,0	4,1	3,9	5,2
	2. «Мікохелп» + «Агат 25 К»	81,4 (+12 %)	92,1 (+17 %)	139,0 (+32 %)	0,0	0,0	0,0
	3. «Мікохелп» + «Регоплант2	83,3 (+14 %)	106,2 (+34 %)	147,0 (+39 %)	0,0	0,0	0,0
	4. «Мікохелп» + «Фітохелп»	77,7	121 (+53 %)	131,0 (+24 %)	0,0	0,0	0,0
	5. «Мікохелп» + «Стимпо»	89,1 (+22 %)	90,5 (+14 %)	141,0 (+33 %)	0,0	0,0	0,0

Найбільшу чисельність грибів у ризосфері ґрунті виявлено у 2023 р., що пов'язано із погодними умовами року. Чисельність патогенів не змінювалась істотно по роках за винятком у 2023 р. варіантів 4 і 5 фону 1 без деструктора, де кількість патогенів була у 2–3 рази більшою за аналогічні показники 2022 р. Деструктор стерні та біостимулятори пригнічували розвиток фітопатогенів на

60–100 % порівняно з контролем, тоді як без деструктора кількість патогенів у ґрунті була вищою на 11–40.

### **3.5. Спрямованість мікробіологічних процесів у дерново-підзолистому ґрунті під впливом біопрепаратів**

Картопля столова є найпоширенішою овочевою культурою в Україні. Україна входить до п'ятірки країн із найбільшими площами посадки цієї культури, проте за врожайністю значно поступається іншим країнам [34]. Причиною цього є те, що 90 % врожаю картоплі отримують із приватних домогосподарств. Низька врожайність картоплі спричинена неякісним насіннєвим матеріалом, його ураженістю багатьма збудниками хвороб [22, 27] і недостатнім рівнем забезпечення елементами живлення [13–15]. Іскакова О. Ш. [34] зазначає, що технології вирощування картоплі мали б забезпечити як високу врожайність, так і досягнення високого рівня рентабельності. Саме тому важливим є формування сприятливого режиму живлення культури, а також захист від стресових явищ.

В Україні інтенсивно розвивається ринок біопрепаратів. Це пов'язано зі зростанням попиту на екологічно чисту продукцію [23]. Проте в літературних джерелах суперечлива інформація щодо позитивного або відсутнього впливу біопрепаратів на показники біологічної активності ґрунтів, саме тому це питання є актуальним і потребує детального вивчення [6; 25; 24; 15; 16].

Дослідженнями, проведеними в Тернопільській області доведено доцільність проведення обробки бульб картоплі препаратом «Альбіт» (100 мл на 1 тону насіння) з наступним обприскуванням двічі впродовж вегетації у дозі 50 мл на 1 га [21]. На урожайність картоплі та її потребу в елементах живлення більше впливали погодні умови, сорт і вміст елементів живлення у ґрунті [20].

У бідних дерново-підзолистих ґрунтах азот міститься в першому мінімумі серед елементів живлення. Азот впливає на ріст рослин, процеси фотосинтезу, обміну речовин та, у результаті, на урожайність і показники якості врожаю [9].

При розробці технологій вирощування картоплі важливим є пошук нових альтернативних хімічних добрив [10].

У Поліссі, в зоні поширення дерново-підзолистих культур, одне із найважливіших завдань – забезпечення збільшення вмісту органічної речовини ґрунту, зокрема гумусу. В умовах дефіциту традиційних добрив перегнуто дієвою альтернативою є застосування поживних решток [11].

Біологізація, застосування біопрепаратів – новий тренд у сучасному аграрному виробництві [12]. За дослідженнями науковців [13], ефективність біостимуляторів проявлялась у поліпшенні властивостей ґрунту: його структурного складу, поживного режиму, підвищенні біологічної активності в глибших шарах ґрунту, кращому розвитку ризосфери й урожайності пшениці озимої, порівнюючи з контролем.

За даними дослідників, біостимулятори можуть використовуватися як біоактивні продукти в сільському господарстві для підвищення врожайності рослин і стійкості до стресових умов [14].

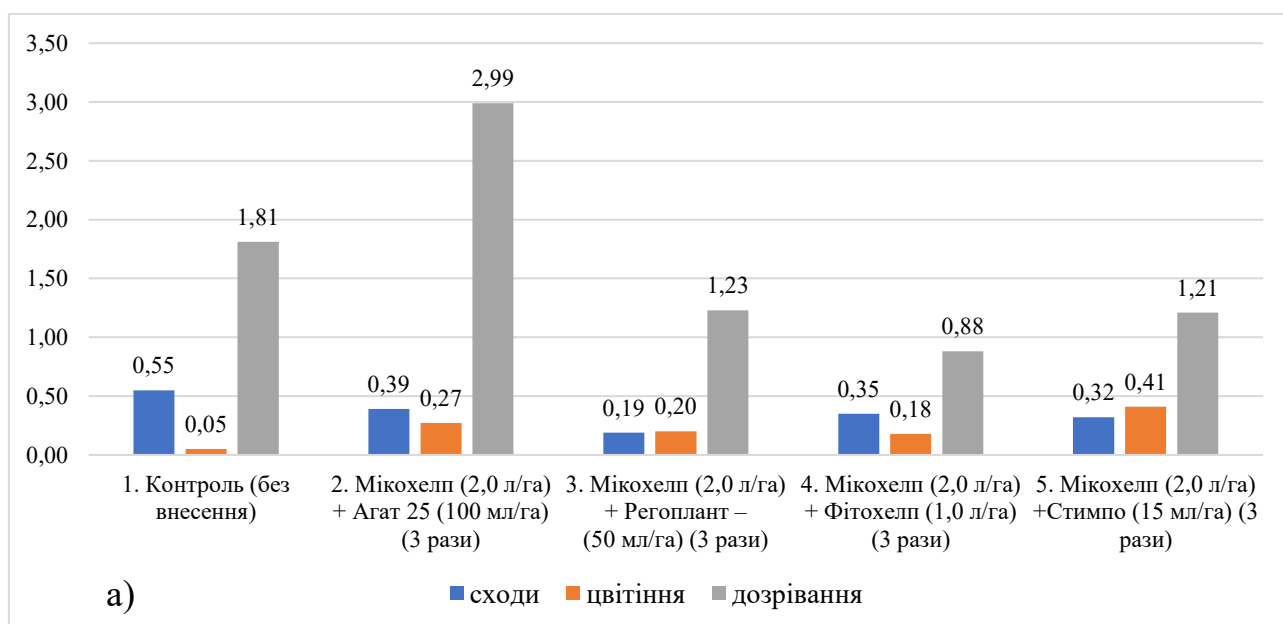
Варто відзначити особливу роль мікроорганізмів у функціонуванні ґрунтів як елементів екобіосистем, а також у їх впливі на показники родючості ґрунтів [15; 16; 37; 53-55].

У Вожегової та ін. [27] врожайність картоплі літньої посадки не залежала від варіантів обробки бульб хімічними та біологічними препаратами і середня врожайність за три роки склала 20,86 т/га, за винятком варіанта із додатковою обробкою рослин біопрепаратом фунгіцидної дії «Гаупсин», де приріст врожаю склав 0,33 т/га.

За співвідношенням фізіологічних груп мікроорганізмів, зокрема азотфіксуючих, педотрофів, оліготрофів і мікроорганізмів, що беруть участь у трансформації органічних і мінеральних сполук азоту можна робити висновки про направленість мікробіологічних процесів, що протікають у ґрунті [6, 15, 35]. У зв'язку із цим розраховували коефіцієнти оліготрофності, мінералізацій-імобілізації та педотрофності, які дозволяють оцінити направленість мікробіологічних процесів у ґрунті. Слід зазначити, що за високих значень

коефіцієнтів мінералізації-імобілізації азоту можна говорити про зміни в процесах перетворення органічних сполук, а саме про домінування процесів імобілізації мінеральних сполук азоту, а низькі значення, навпаки, свідчать про переважання процесів мінералізації (розкладу) органічних азотовмісних сполук. Зниження коефіцієнту педотрофності може свідчити про зменшення інтенсивності розкладу органічної речовини ґрунту, а підвищення, навпаки, про зростання активності асиміляції автохтонною мікробіотою рухомих поживних речовин, у тому числі гумусу. Результати дослідження змін коефіцієнтів інтенсивності перебігу ґрунтово-біологічних процесів в агрофітогеоценозах картоплі за різних систем застосування біопрепаратів наведено нижче.

Зростання значень показників коефіцієнту оліготрофності ( $K_o$ ) на 10–20 % свідчить про зниження вмісту в ґрунтах доступних форм елементів живлення. Показники  $K_o$  у фазу сходів і цвітіння картоплі у всіх досліджуваних зразках ґрунту були нижчими одиниці (рис. 3.7), що свідчило про забезпеченість мікроорганізмів ґрунту лабільними органічними речовинами, а також про створення сприятливих оптимальних умов для функціонування ґрунтового мікробного комплексу.



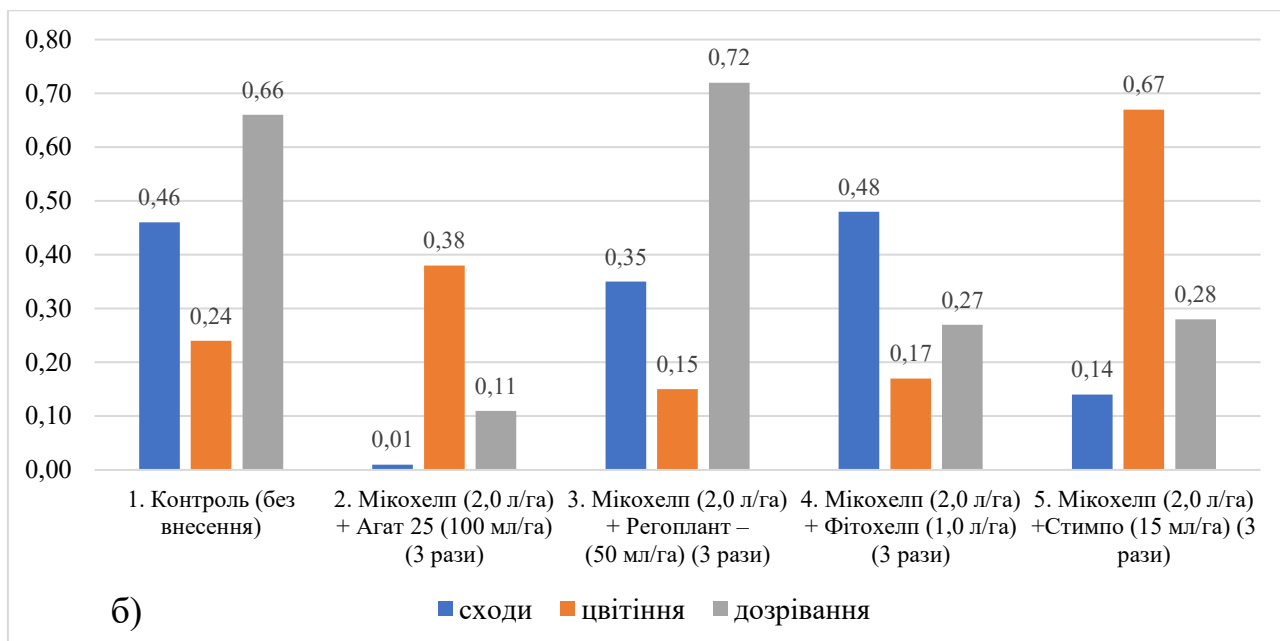


Рис. 3.7. Динаміка показників коефіцієнту оліготрофності в ризосфері картоплі протягом вегетації, 2021 р.: а) – без деструктора; б) – з біодеструктором «Екостерн» (1,2 л/га)

У фазу досягання картоплі у 2021 р. ситуація дещо змінилася – показники коефіцієнту оліготрофності зросли, що вказувало на зниження вмісту в ґрунті поживних речовин. При чому на фоні 1, де не застосовувався біодеструктор «Екостерн», крім варіанту досліді «Фітохелп» + «Мікохелп», показники  $K_0$  були вищими за одиницю, що свідчило про недостатнє забезпечення мікробного ценозу легкодоступними елементами живлення. Найвищі значення цього показника були у варіантах 1,2 фону без біодеструктора. У варіантах фону із застосуванням біодеструктора «Екостерн» у нормі 1,2 л/га коефіцієнт оліготрофності на всіх варіантах живлення рослин картоплі був нижчим 1 ( $K_0 = 0,11-0,72$ ), що свідчило про достатню забезпеченість ґрунту поживними речовинами.

На фоні 2 із застосуванням біодеструктора «Екостерн» найкращі умови поживного режиму виявлено у варіантах 2 та 4 із внесенням препарату «Мікохелп» й обробкою по вегетації біостимуляторів росту рослин «Агат» і «Фітохелп», де значення  $K_0$  були найнижчими.

Протилежну динаміку простежують О. Ю. Колодяжний і М. В. Патики [20]: впродовж вегетації пшениці озимої коефіцієнт оліготрофності в орному шарі чорноземного ґрунту за застосування різних систем землеробства і обробітків ґрунту зменшувався (0,03–0,67).

У 2022 р. найвищі значення коефіцієнту оліготрофності були виявлені у фазу сходів картоплі, далі вони поступово зменшувалися з досягненням найменших значень у фазу дозрівання.

У 2023 р. на початку вегетації картоплі показники коефіцієнту оліготрофності у всіх варіантах дослідів на фоні без біодеструктора були нижчими одиниці, що свідчить про достатню забезпеченість ґрунтової біоти легкозасвоюваними поживними речовинами, тоді як на фоні застосування біодеструктора показники  $K_0$  були дещо вищими за одиницю і, відповідно, свідчили про зниження доступності поживних речовин для мікробіоти ґрунту (табл. 3.14).

Таблиця 3.14

**Динаміка показників коефіцієнту оліготрофності в ризосфері картоплі протягом вегетації 2023 р.**

Фактор А	Фактор Б	Фаза розвитку картоплі		
		сходи	цвітіння	достигання
Фон 1. Гірчиця на сидерат з наступною її заробкою в ґрунт без біодеструктора	1. Контроль (без внесення)	0,76	1,45	1,62
	2. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Агат 25» (100 мл/га) (3 рази)	0,86	0,99	2,75
	3. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Регоплант» (50 мл/га) (3 рази)	0,85	1,39	4,1
	4. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)	0,85	1,71	5,49
	5. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Стимпо» (15 мл/га) (3 рази)	0,84	0,96	2,15

Фон 2. Внесення біодеструктора «Екостерн» (1,2 л/га) по гірчиці на сидерат	1. Контроль (без внесення)	1,47	1,2	3,28
	2. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Агат 25» (100 мл/га) (3 рази)	1,13	1,4	2,87
	3. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Регоплант» (50 мл/га) (3 рази)	1,15	1,88	3,16
	4. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)	1,12	3,52	2,94
	5. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Стимпо» (15 мл/га) (3 рази)	1,23	1,57	2,61

У фазу цвітіння та досягання коефіцієнт поступово зростав у зв'язку зі зменшенням деструкції органічної речовини, кількість якої знижувалася в період вегетації. Застосування біодеструктора «Екостерн» загалом знижувало кількість легкозасвоюваних поживних речовин у ґрунті. Проте, використання препаратів «Регоплант» і «Фітохелп» разом із «Мікохелп» на фоні внесення біодеструктора сприяло суттєвому зниженню дефіциту легкодоступних джерел живлення для мікроорганізмів порівняно з аналогічними варіантами дослідів по фоні без біодеструктора.

Внесення в ґрунт «Мікохелп» на фоні з «Екостерн» в умовах 2023 р. призвело до зниження індексу оліготрофності на всіх варіантах, що видно у фазу сходів культури, коли ще не проводилось фоліарне внесення біопрепаратів. У фазу цвітіння після внесення по вегетації біопрепаратів на фоні 1 без деструктора індекс оліготрофності знижувався відносно контролю за фоліарного внесення біопрепаратів у варіантах дослідів 2, 3, 5, але підвищувався у варіанті 4. На фоні 2 із біодеструктором «Екостерн» за внесення біопрепаратів на всіх варіантах дослідів показники коефіцієнту оліготрофності були вищими на 0,2–2,32 одиниці на показник контролю. У фазу дозрівання картоплі показники коефіцієнту оліготрофності зростали по відношенню до контролю на 0,53–3,87 одиниці на фоні 1 без деструктора та знижувалися на 0,12–0,67 одиниці на фоні «Екостерн».

У середньому, за період 2021–2023 рр. найвищий коефіцієнт оліготрофності було виявлено у фазу сходів картоплі ( $K_o = 2,44-5,53$ ), у фазу цвітіння – найменші значення ( $K_o = 0,88-1,79$ ) і у фазу дозрівання – підвищення ( $K_o = 1,23-2,82$ ) (табл. 3.15).

Таблиця 3.15

**Динаміка показників коефіцієнту оліготрофності в ризосфері картоплі протягом вегетації, середнє за 2021–2023 рр.**

Фактор А	Фактор Б	Фаза розвитку картоплі		
		сходи	цвітіння	достигання
Фон 1 (без внесення «Екостерну»)	1. Контроль (без внесення)	4,90	1,44	1,54
	2. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Агат 25» (100 мл/га) (3 рази)	5,53	0,88	2,28
	3. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Регоплант» (50 мл/га) (3 рази)	3,97	1,58	2,13
	4. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)	4,16	1,43	2,82
	5. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Стимпо» (15 мл/га) (3 рази)	4,36	1,11	1,71
Фон 2 (із внесенням «Екостерну»)	1. Контроль (без внесення)	3,73	1,07	1,87
	2. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Агат 25» (100 мл/га) (3 рази)	3,92	1,18	1,52
	3. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Регоплант» (50 мл/га) (3 рази)	3,73	0,99	1,69
	4. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)	3,62	1,79	1,23
	5. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Стимпо» (15 мл/га) (3 рази)	2,44	1,23	1,46

Погодні умови року і стимулятори росту рослин також впливали на чисельність оліготрофних мікроорганізмів і величини показників коефіцієнту оліготрофності (табл. 3.16). Найменші величини коефіцієнтів були характерні для у 2021 р., найбільші – 2022 р.



**Динаміка показників коефіцієнта оліготрофності в ризосфері картоплі,  
середнє за 2021–2023 рр.**

Фактор А	Фактор Б	2021 р.	2022 р.	2023 р.
Фон 1 (без внесення «Екостерну»)	1. Контроль (без внесення)	0,8	5,8	1,3
	2. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Агат 25» (100 мл/га) (3 рази)	1,2	6,0	1,5
	3. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Регоплант» (50 мл/га) (3 рази)	0,5	5,1	2,1
	4. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)	0,5	5,3	2,6 (+100 %)
	5. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Стимпо» (15 мл/га) (3 рази)	0,6	5,2	1,3
Фон 2 (із внесенням «Екостерну»)	1. Контроль (без внесення)	0,5	4,2	2,0
	2. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Агат 25» (100 мл/га) (3 рази)	0,2	4,8	1,6
	3. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Регоплант» (50 мл/га) (3 рази)	0,4	3,9	2,1
	4. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)	0,3	3,9	2,5
	5. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Стимпо» (15 мл/га) (3 рази)	0,4	2,9	1,9

За величиною коефіцієнта педотрофності можна оцінювати інтенсивність процесів розкладу органічної речовини ґрунту. У таблиці 3.17 наведено зміни цього коефіцієнта за використання біопрепаратів на картоплі столовій.

Високі значення коефіцієнта педотрофності ( $\geq 1$ ) у фазу сходів картоплі у 2021 р. на фоні 1 (без застосування біодеструктора) спостерігалися у варіантах 1, 3, 5, що свідчить про підвищення інтенсивності розкладу органічної речовини ґрунту в цих варіантах дослідження та активне розкладання мікроорганізмами решток сидеральної культури. Слід відзначити, що цей показник більше залежав від періоду відбору зразків ґрунту, ніж від варіантів із застосуванням біопрепаратів.

**Динаміка показників-коефіцієнту педотрофності (Кп) в ризосері картоплі в основні фази розвитку рослин (2021 р.)**

Фактор А	Фактор Б	Фаза розвитку культури		
		сходи	цвітіння	достигання
Фон 1 (без біодеструктора)	1. Контроль (без внесення)	1,80	0,055	0,31
	2. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Агат 25» (100 мл/га) (3 рази)	0,84	0,035	0,12
	3. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Регоплант» (50 мл/га) (3 рази)	1,09	0,030	0,36
	4. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)	0,70	0,300	0,36
	5. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Стимпо» (15 мл/га) (3 рази)	1,14	0,005	0,37
Фон 2 (із внесенням «Екостерну», 1,2 л/га)	1. Контроль (без внесення)	1,72	0,420	0,16
	2. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Агат 25» (100 мл/га) (3 рази)	0,36	0,095	0,025
	3. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Регоплант» (50 мл/га) (3 рази)	0,91	0,525	0,15
	4. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)	1,63	0,405	0,065
	5. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Стимпо» (15 мл/га) (3 рази)	0,95	0,935	0,13

У фазу сходів варіанти 2, 4 без деструктора характеризувалися низькими значеннями педотрофності, що склали відповідно 0,84 та 0,70 та вказували на зниження кількості органічної речовини у ґрунті. У фази цвітіння та достигання картоплі коефіцієнти педотрофності у всіх варіантах дослідження знизилися і коливалися в межах 0,03–0,75, що свідчило про подальше зменшення кількості органічної речовини (решток сидерату) в ґрунті.

На фоні 2 (із застосуванням «Екостерн», 1,2 л/га) у фазу сходів культури висока інтенсивність розкладу органічної речовини спостерігалася у варіантах 1 та 4. У варіантах 2, 3, 5 інтенсивність розкладання органічної речовини була незначною. У фазу цвітіння та достигання картоплі коефіцієнти педотрофності були значно нижчими за одиницю, що могло свідчити про недостатнє

надходження «свіжої» органічної речовини до ґрунту та низьку інтенсивність її розкладу.

Результати досліджень 2023 р. показують, що на початку вегетації культури висока інтенсивність розкладання рухомих органічних речовин ґрунту спостерігалася у всіх варіантах досліду, яка в подальшому знижувалася у зв'язку зі зниженням її вмісту та доступності у ґрунт (табл. 3.18).

Таблиця 3.18

**Динаміка показників коефіцієнту педотрофності в ризосері картоплі протягом вегетаційного періоду 2023 р.**

Фактор А	Фактор Б	Фаза розвитку картоплі		
		сходи	цвітіння	достигання
Фон 1. Гірчиця на сидерат без біодеструктора	1. Контроль (без внесення)	1,22	0,72	2,85
	2. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Агат 25» (100 мл/га) (3 рази)	1,63	2,16	2,57
	3. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Регоплант» (50 мл/га) (3 рази)	1,67	0,97	2,03
	4. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)	1,67	2,39	3,09
	5. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Стимпо» (15 мл/га) (3 рази)	1,63	1,72	1,74
Фон 2. Внесення біодеструктора «Екостерн» (1,2 л/га) по гірчиці на сидерат	1. Контроль (без внесення)	1,37	1,47	1,25
	2. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Агат 25» (100 мл/га) (3 рази)	1,84	1,00	1,65
	3. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Регоплант» (50 мл/га) (3 рази)	1,92	2,29	2,12
	4. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)	1,90	1,58	1,45
	5. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Стимпо» (15 мл/га) (3 рази)	1,89	1,02	2,23

За застосування біодеструктора «Екостерн» коефіцієнт педотрофності у фазу сходів картоплі був нижчим, ніж у варіанті, де він не застосовувався, – відповідно 1,22 проти 1,37 у контролі. У фазу цвітіння спостерігалася така ж тенденція зниження величини коефіцієнта педотрофності (1,47), порівнюючи з контролем (0,72). У фазу дозрівання коефіцієнт педотрофності складав 1,25 за застосування «Екостерну» проти 2,85 у контролі. Загалом щодо фактора А простежується аналогічна тенденція, що свідчить про краще розкладання органічної речовини сидерату восени після його заробки за застосування біодеструктора «Екостерн».

Внесення в ґрунт біопрепарату «Мікохелп» на фоні, де не застосовувався біодеструктор, порівнюючи з контролем, зумовлювало зростання величини індексу педотрофності у всіх варіантах дослідження у фазі сходів і дозрівання культури. Триразове фоліарне внесення біопрепаратів «Агат-25», «Регоплант», «Фітохелп» і «Стимпо» у фазу цвітіння по-різному впливало на індекс педотрофності. Так, фоліарне внесення біопрепаратів «Агат-25», «Регоплант», «Фітохелп» і «Стимпо» підвищували індекс педотрофності, порівнюючи з контрольним варіантом на фоні, де не застосовувався деструктор, відповідно на 1,44, 0,25, 1,67 та 1,0 одиниці. У фазу дозрівання спостерігається зниження індексу педотрофності за застосування біопрепаратів, якщо порівняти з контролем, крім варіанта, де по вегетації вносили «Фітохелп».

Внесення в ґрунт біопрепарату «Мікохелп» на фоні, де застосовувався «Екостерн» сприяло підвищенню порівнюючи з контролем індексу педотрофності у фазу сходів культури на всіх варіантах дослідження. У фазу цвітіння зниження індексу педотрофності до контрольного варіанта спостерігалось у варіантах із застосуванням «Агат-25» та «Стимпо» на 0,47 та 0,45 одиниці, а підвищення у варіантах із застосуванням «Регопланту» – на 0,82. У фазу дозрівання відбувалося підвищення коефіцієнта педотрофності у всіх варіантах дослідження.

У середньому за 2021–2023 рр. склалася така динаміка коефіцієнта педотрофності: найвищі показники (2,62–5,01) фіксували у фазу сходів, а з ростом і розвитком рослин картоплі їх величини знижувались досягаючи найнижчих значень (0,89–1,54) у фазі досягання картоплі, що пов'язано зі зменшенням використання поживних речовин (рис. 3.8).

Коефіцієнт мінералізації-імобілізації відображає направленість процесів деструкції та синтезу органічних речовин у ґрунті. Встановлено, що у фазу сходів картоплі у 2021 р. коефіцієнти мінералізації-імобілізації були низькими у всіх варіантах досліджу, що свідчить про переважання процесів перетворення органічних сполук азоту над мінеральними (рис. 3.9). Аналогічна тенденція спостерігалась і у фазу цвітіння. Величини коефіцієнтів мінералізації-імобілізації варіювали в межах 0,21–1,08.

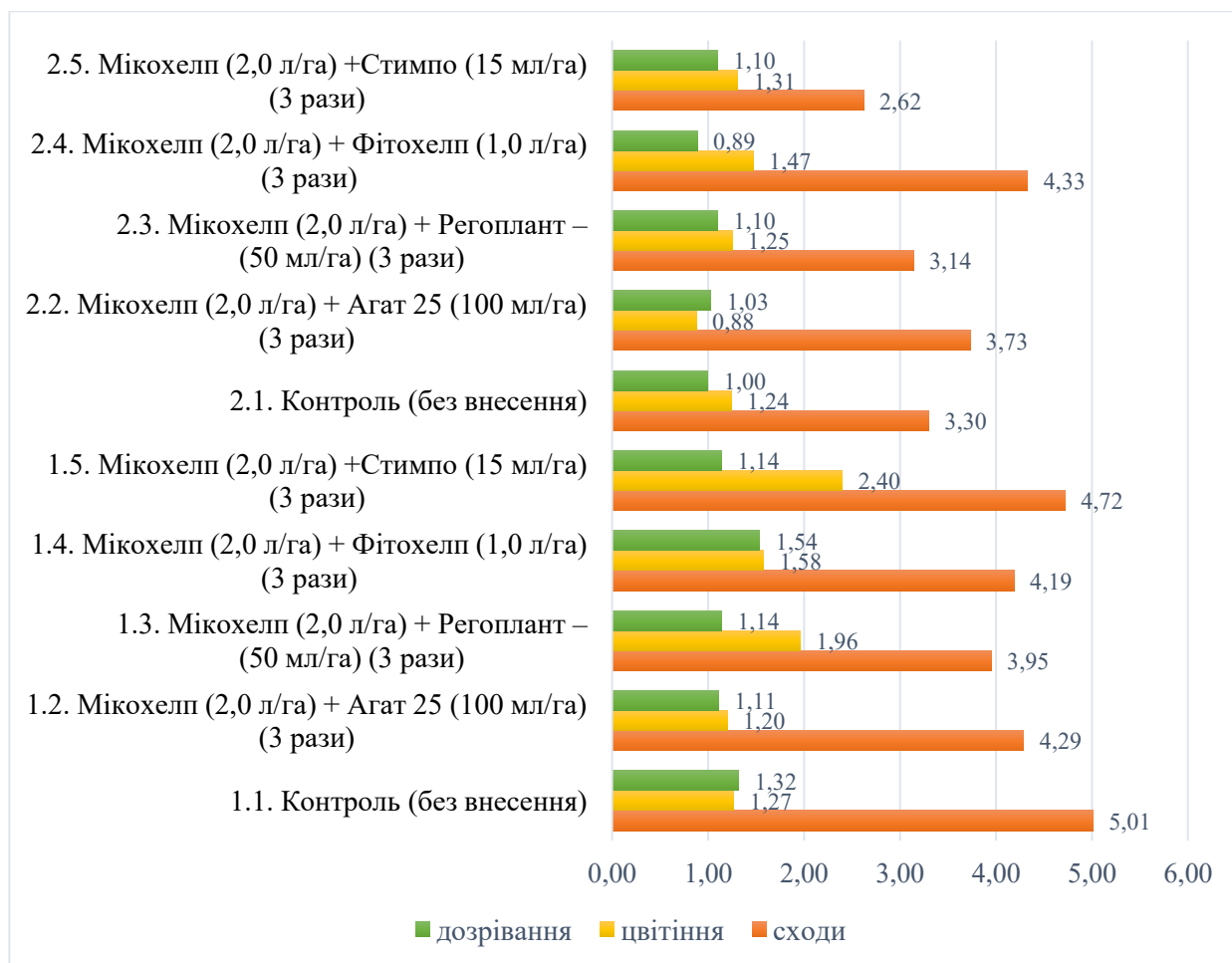


Рис. 3.8. Динаміка коефіцієнта педотрофності в ризосфері картоплі за використання біостимуляторів росту рослин, середнє за 2021–2023 рр.

У фазу сходів застосування біодеструктора стерні «Екостерн» по сидератові не зумовили суттєвих відмінностей у значеннях цього коефіцієнта: Км.-ім. складав на фоні 1 (без біодеструктора) 0,10–0,30, на фоні 2 (із біодеструктором) – 0,03–0,47. Більш виражену дію «Екостерн» проявив у фазу цвітіння, коли значення складали на фоні 1 та 2 відповідно 0,21–0,97 і 0,72–1,08. Таким чином, в період від початку до середини вегетації картоплі в ризосфері переважали процеси перетворення органічних сполук азоту над мінеральними.

У фазу досягання картоплі мікробіологічні процеси змістилися в бік іммобілізації мінеральних речовин у всіх варіантах досліду, за винятком контролю без використання біодеструктора. На фоні 1 (без біодеструктора) Км.-і. найвищим був у варіанті у варіантах 2 і 4 - «Мікохелп» + «Фітохелп» (2,16) і «Мікохелп» + «Агат» (2,12); на фоні 2 – варіантах 1 «Контроль» (2,84) і 2 «Мікохелп» + «Агат» (3,4).

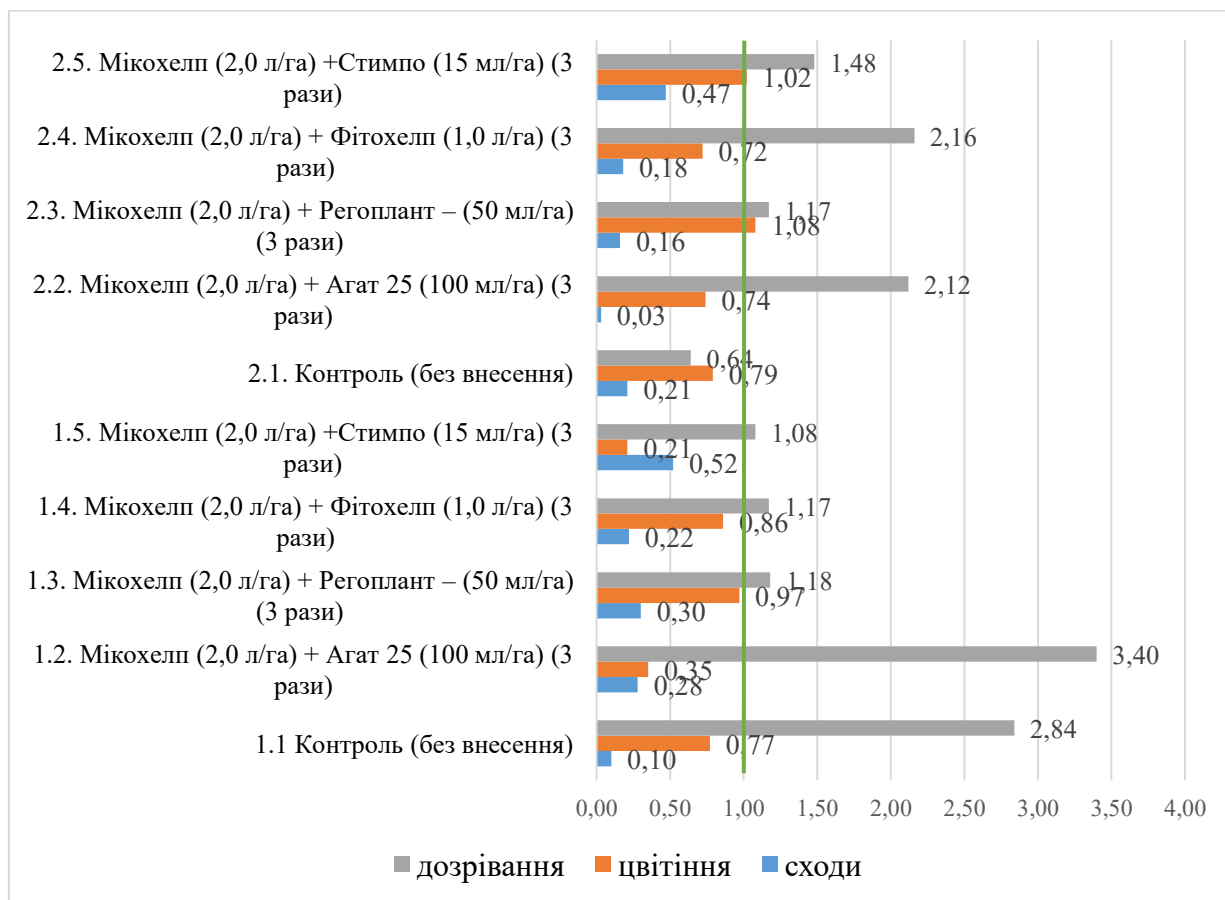


Рис. 3.9. Динаміка коефіцієнта мінералізації-іммобілізації (К<sub>м.-ім.</sub>) в ризосфері картоплі, 2021 р.

Результати аналізу показників  $K_{M-I}$  у 2023 р. свідчать, що на початку вегетації культури домінували процеси мінералізації органічного азоту в ґрунті, у фазу цвітіння переважали процеси іммобілізації азоту, а у фазу дозрівання – знову розкладу органічного азоту. Тобто напрям ґрунтових процесів змінювався від мінералізації до іммобілізації та знову до мінералізації азоту в ґрунті.

На фоні 1, де не вносили «Екостерн», коефіцієнт мінералізації іммобілізації у контрольному варіанті був вищим на 0,14 одиниць, порівнюючи з контролем на фоні 2, де застосовували деструктор «Екостерн», що вказує на зниження кількості рослинних решток у ґрунті завдяки кращій їхній деструкції в осінній період після внесення та заробки деструктора (табл. 3.19).

Таблиця 3.19

**Показники коефіцієнту мінералізації-іммобілізації в ризосфері картоплі в основні фази розвитку рослин картоплі у 2023 р.**

Фактор А	Фактор Б	Фаза розвитку картоплі		
		сходи	цвітіння	дозрівання
Фон 1. Гірчиця на сидерат з наступною її заробкою в ґрунт без біодеструктора	1. Контроль (без внесення)	0,84	1,36	0,45
	2. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Агат 25» (100 мл/га) (3 рази)	0,75	0,8	0,67
	3. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Регоплант» (50 мл/га) (3 рази)	0,75	1,18	0,69
	4. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)	0,71	1,21	1,55
	5. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Стимпо» (15 мл/га) (3 рази)	0,71	0,57	0,57
Фон 2. Внесення біодеструктора «Екостерн» (1,2 л/га) по гірчиці на сидерат	1. Контроль (без внесення)	0,7	1,36	0,91
	2. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Агат 25» (100 мл/га) (3 рази)	0,71	1,96	0,96
	3. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Регоплант» (50 мл/га) (3 рази)	0,72	1,27	0,85
	4. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)	0,73	1,38	0,5
	5. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Стимпо» (15 мл/га) (3 рази)	0,71	1,18	0,53

Внесення в ґрунт «Мікохелп» знижувало напруженість мінералізаційних процесів у ґрунті на фоні 1 (без внесення деструктора) у фази сходів і цвітіння і зростання напруженості процесів на кінець вегетації рослин (фаза дозрівання), оскільки коефіцієнт мінералізації-імобілізації був нижчим, ніж у контролі, на 0,09–0,79 одиниць. На фоні 2 (за внесення «Екостерн») застосування «Мікохелп» не мало суттєвого впливу на мінералізаційні процеси у ґрунті. У фазу дозрівання картоплі у всіх варіантах дослідів переважали процеси розкладу органічних сполук азоту, крім варіанту дослідів 4 на фоні 1 (без біодеструктора), де домінували процеси імобілізації мінеральних азотовмісних речовин.

Усереднені дані коефіцієнта мінералізації-імобілізації за 2021–2023 роки за використання біостимуляторів показали необхідність застосування біодеструктора (табл. 3.20) і зниження напруженості мінералізаційних процесів після його застосування.

Таблиця 3.20

**Показники коефіцієнту мінералізації-імобілізації в ризосфері картоплі, середнє за 2021–2023 рр.**

Фактор А	Фактор Б	2021 р.	2022 р.	2023 р.
Фон 1 (без внесення «Екостерну»)	1. Контроль (без внесення)	1,2	2,1	0,9
	2. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Агат 25» (100 мл/га) (3 рази)	1,3	2,4	0,9
	3. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Регоплант» (50 мл/га) (3 рази)	0,8	1,6	0,9
	4. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)	0,8	2,1	1,1
	5. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Стимпо» (15 мл/га) (3 рази)	0,6	1,8	0,6



Фон 2 (із внесенням «Екостерну»)	1. Контроль (без внесення)	0,5	1,5	1,0
	2. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Агат 25» (100 мл/га) (3 рази)	1,0	1,6	1,2
	3. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Регоплант» (50 мл/га) (3 рази)	0,8	1,2	1,1
	4. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)	1,0	1,5	0,9
	5. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Стимпо» (15 мл/га) (3 рази)	1,0	1,1	0,8

Без застосування біодеструктора «Екостерн» виявлено збільшення у 0,8–1,6 рази показників коефіцієнтів мінералізації-імобілізації в ризосфері картоплі.

### 3.6. Біологічна активність ґрунту за впливу біопрепаратів

Антропогенне втручання в природні процеси, які відбуваються в ґрунті, призводить до змін у мікробному ценозі ґрунту [38]. Це супроводжується порушенням інтенсивності дихання ґрунту, порівнюючи з природним аналогом (цілина чи тривалий переліг), змінюється нітрифікаційна здатність. Наближення до природного функціонування екосистеми ґрунту є можливим за впровадження органічної системи землеробства [14, 18, 40].

Інтенсивність емісії CO<sub>2</sub> з ґрунту пов'язана з кругообігом в ньому органічного карбону [30]. Процес накопичення карбону відбувається через розклад фітомаси, сформованої у процесі фотосинтезу, а розкладання органічних сполук проходить під час мінералізації з виділенням CO<sub>2</sub> в атмосферу [36]. Часова динаміка зміни інтенсивності діоксиду вуглецю під час вегетації рослин залежить від типу ґрунту, сільськогосподарської культури, температури ґрунту та повітря, вологи, а також концентрації CO<sub>2</sub> в конкретний момент спостережень. Максимальні викиди CO<sub>2</sub> зафіксовано після етапу інтенсивного накопичення

надземної маси рослинами [41]. Грунтове «дихання» є одним із головних компонентів циклу карбону наземних екосистем. Швидкість газообміну між ґрунтом і атмосферою коливається залежно від інтенсивності споживання кисню рослинами і продукування діоксиду карбону ґрунтовими мікроорганізмами [42]. Діоксид карбону з'являється у ґрунті переважно завдяки біологічним процесам, частково надходить із ґрунтових вод внаслідок десорбції з твердої та рідкої фази ґрунту [43]. Будь-яка інтенсифікація розкладу органічної речовини ґрунту збільшує концентрацію діоксиду карбону в атмосфері. Сільськогосподарські культури, більшість із яких активні лише частину року, фіксуючи  $\text{CO}_2$ , не можуть компенсувати його втрати з ґрунту [44].

Результати досліджень інших авторів свідчать, що за дефіциту органічного карбону в агроекосистемах знижується вміст гумусу та загалом погіршується гумусний стан ґрунту [48–50]. Динаміка ґрунтових потоків діоксиду карбону тісно пов'язана з дією різноманітних абіотичних і біотичних чинників, тому експериментально складно визначити частку кожного чинника в загальному обсязі викиду діоксиду карбону [49].

Отже, дослідження динаміки зміни продукування діоксиду карбону за застосування біостимуляторів має важливий науковий інтерес. Втрати карбону в орних ґрунтах через їхнє нераціональне використання перетворює їх на найбільш потужне джерело емісії діоксиду карбону [50]. Ґрунти, багаті на органічну речовину, завжди виділяють його більше, ніж бідні [51]. Піщаний неудобрений ґрунт у середньому виділяє  $2 \text{ кг/га/год CO}_2$ , суглинок – 4, чорноземи різних типів – від 10 до 25, середньоудобрений ґрунт –  $5 \text{ кг/га/год CO}_2$  [52]. Найбільше  $\text{CO}_2$  виділяється з ґрунту в період інтенсивного росту кореневої і вегетативної маси рослин та за сприятливих умов: вологості й температури [51].

Інтенсивність респірації в досліді змінювалась у межах  $18,3\text{--}20,9 \text{ CO}_2 \text{ мг/кг}$  ґрунту за добу. Застосування прийомів органічного землеробства пришвидшувало перебіг біологічних процесів в екосистемі ґрунту, і приріст до абсолютного контролю та ділянки інтенсивного землеробства складав  $0,6\text{--}2,6 \text{ мг/кг CO}_2\text{ґрунту}$  (табл. 3.21).

**Інтенсивність респірації CO<sub>2</sub> у дерново-підзолистому ґрунті  
за використання біостимуляторів при вирощуванні картоплі,  
середнє за 2021–2023 рр.**

Фактор А	Фактор Б	Інтенсивність респірації, CO <sub>2</sub> , мг/кг ґрунту за добу			
		2021 р.	2022 р.	2023 р.	середнє
Фон 1 (без внесення «Екостерну»)	1. Без внесення біопрепаратів (контроль)	17,8	18	19,1	18,3
	2. «Мікохелп» + «Агат 25К»	19,6	19,3	20,5	19,8
	3. «Мікохелп» + «Регоплант»	18,3	18,8	19,6	18,9
	4. «Мікохелп» + «Фітохелп»	19,9	19,7	20,7	20,1
	5. «Мікохелп» + «Стимпо»	19,8	20,1	20,4	20,1
Фон 2 (із внесенням біодеструктора «Екостерн»)	1. Без внесення біопрепаратів (контроль)	20,5	20,4	21,8	20,9
	2. «Мікохелп» + «Агат 25 К»	19,8	20	20,5	20,1
	3. «Мікохелп» + «Регоплант»	18,8	19	20,1	19,3
	4. «Мікохелп» + «Фітохелп»	19,8	20,1	20,7	20,2
	5. «Мікохелп» + «Стимпо»	19,7	20,3	20,6	20,2
НІР <sub>05</sub>	фактор А	0,2	0,32	0,31	0,28
	фактор Б	0,32	0,5	0,49	0,44
	фактор АБ	0,45	0,71	0,69	0,62
	Інтенсивне землеробство	18,3	19,3	18,5	18,7
	Тривалий переліг	129,1	133,5	127,4	130

Утім, очевидно, що обидві системи землеробства значно поступаються за інтенсивністю респірації тривалому перелогу. Це відобразилось на показнику екологічної стійкості ґрунту, який у всіх випадках значно перевищував екологічно доцільну межу – 30 %, що свідчить про дуже низький рівень

біологічного потенціалу ґрунту. «Дихання» ґрунту у варіанті з тривалим перелогом у 6,5–11 разів більше за інтенсивне землеробство. Використання біостимулятора істотно не вплинуло на респірацію, відмічаються лише деякі тенденції.

Загальний низький рівень біологічного потенціалу ґрунту в агроценозах підтверджується значеннями його нітрифікаційної здатності, яка в досліді та на ділянці інтенсивного землеробства змінювалась від 2,20 до 5,85 мг/кг ґрунту, водночас на перелозі показник досяг 18,2 мг/кг ґрунту. Виявлено, що застосування «Екостерну» в технологіях органічного землеробства загалом подвоїло нітрифікаційну здатність ґрунту.

За результатами проведених досліджень можемо зробити висновок, що як за органічної, так і за інтенсивної системи землеробства дерново-підзолистий ґрунт мав дуже низький рівень біологічного потенціалу, порівнюючи з ґрунтом перелогу. Але застосування біологічних препаратів в органічній системі землеробства сприяло зростанню мікробної активності, прослідковувалась тенденція до поліпшення екологічної стійкості ґрунту.

Біологічна активність ґрунту визначається не лише загальною кількістю ґрунтових мікроорганізмів, але й урахуванням результатів їх діяльності, одним з яких є нітрифікація. Інтенсивність нітрифікаційного процесу залежить від якісного та кількісного складу ґрунтової біоти, концентрації органічної речовини, реакції ґрунтового середовища, рівня використання добрив [1–2] і характеризує, на думку Д. Г. Звягінцева, потенційну біологічну активність ґрунту [3]. Останнім часом набуває поширення використання біопрепаратів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур, але відсутні дані щодо їхнього впливу на окисно-відновлювальні процеси в ґрунті. Муравін Е. А. відмічає, що не тільки добрива, але й регулятори росту рослин, регулятори мікробіологічних процесів, біостимулятори тощо повинні обов'язково вивчатися з погляду їх впливу на процеси трансформації азоту ґрунту, зокрема і на нітрифікацію [43].

Дослідженнями Василенко та ін. (2006) показано, що препарати «Байкал ЕМ-1» та «Емістим-С» в оптимальних умовах зволоження і температурного режиму стримують швидкість розвитку процесу нітрифікації протягом 28 діб; вплив на цей процес препарату «Агат-25К» потребує подальшого вивчення [24].

У наших дослідженнях умови року і біостимулятори не мали суттєвого впливу на нітрифікаційну активність і екологічну стійкість ґрунту (табл. 3.22).

Таблиця 3.22

**Нітрифікаційна здатність дерново-підзолистого ґрунту  
за використання біостимуляторів при вирощуванні картоплі,  
середнє за 2021–2023 рр.**

Фактор А	Фактор Б	Екологічна стійкість, %	Нітрифікаційна здатність, N-NO <sub>3</sub> , кг/га			
		2021–2023 рр.	2021 рік	2022 рік	2023 рік	середнє
Фон 1 (без біодеструктора)	1. Без внесення (контроль)	86	2,17	2,3	2,13	2,2
	2. «Мікохелп» + «Агат 25К»	85	2,34	2,36	2,44	2,38
	3. «Мікохелп» + «Регоплант»	85	2,27	2,31	2,29	2,29
	4. «Мікохелп» + «Фітохелп»	85	2,34	2,48	2,38	2,4
	5. «Мікохелп» + «Стимпо»	85	2,37	2,38	2,48	2,41
Фон 2 (із біодеструктором «Екостерн», 1,2 л/га)	1. Без внесення (контроль)	84	5,82	5,86	5,87	5,85
	2. «Мікохелп» + «Агат 25 К»	85	5,53	5,8	5,5	5,61
	3. «Мікохелп» + «Регоплант»	85	5,24	5,28	5,38	5,3
	4. «Мікохелп» + «Фітохелп»	84	5,73	5,89	5,78	5,8
	5. «Мікохелп» + «Стимпо»	84	5,78	5,64	5,74	5,72

НІР <sub>05</sub> :					
фактор А		0,56	0,68	0,71	0,65
фактор Б		0,89	1,075	1,12	1,03
фактор АБ		1,26	1,521	1,58	1,45
Інтенсивне землеробство	86	2,94	2,93	2,98	2,95
Тривалий переліг		17,4	18,9	18,3	18,2

Використання деструктора підвищувало у 2,3–2,7 разів нітрифікаційну здатність ґрунту, хоча менші значення, ніж на перелозі.

### Висновки до розділу 3

1. Чисельність мікроорганізмів досліджуваних фізіологічних і таксономічних груп змінювалась протягом вегетаційного сезону і залежала від погодних умов року та застосування біостимуляторів і біодеструктора.

2. За період досліджень найвищу чисельність бактерій, педотрофних, оліготрофних, амоніфікувальних і амілолітичних мікроорганізмів виявлено у 2022 р., а найнижчу – у 2021 р. (в 1,2–32 раза нижчу, порівнюючи з 2022 р.), що пов'язано з погодно-кліматичними умовами.

3. Встановлено, що триразове внесення препаратів «Агат» (100 мл/га) на фоні з «Мікохелпом» (2,0 л/га) та «Екостерном», порівнюючи з контролем, сприяло збільшенню загальної кількості бактерій на 7,3–25 %, амоніфікувальних мікроорганізмів – на 7–71 %, бактерій роду *Azotobacter* на 82–105 % без деструктора і на 45 % за його використання. Застосування препаратів «Фітохелп» і «Стимпо» також сприяло збільшенню на 23–88 %, порівнюючи з контролем, чисельності бактерій роду *Azotobacter*. Біостимулятори мали позитивний вплив на чисельність *Azotobacter* при вирощуванні картоплі. Різниця, якщо порівняти з контролем, становила за їх використання 23–117 %.

4. Використання біостимулятора «Стимпо» без біодеструктора сприяло підвищенню чисельності педотрофів на 288 %, порівнюючи з контролем у

2021 р. У 2023 р. за використання «Агату» без біодеструктора і «Регопланту» із біодеструктором приріст чисельності педотрофів становив 43 і 44 % відповідно.

5. Застосування препаратів «Мікохелп» + «Агат» і «Фітохелп» як на фоні 1, так і на фоні 2 зумовлювало зниження чисельності оліготрофних мікроорганізмів на 13–71 %, порівнюючи з контролем.

6. Чисельність амоніфікувальних мікроорганізмів зростала протягом вегетації картоплі столової, причому вищою на 5,5–87 % вона була на фоні без біодеструктора, ніж за його застосування.

7. Біостимулятори не мали істотного впливу на чисельність спороутворюючих мікроорганізмів, за винятком варіанта 4 («Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)) за використання біодеструктора «Екостерн» 1,2 л/га.

8. Застосування деструктора стерні та біостимуляторів значно пригнічувало розвиток фітопатогенів (на 60–100 %, порівнюючи з варіантом без застосування біодеструктора), які були представлені 6 видами: *Fusarium oxysporum* (Schlecht.) Snyd. et Hans., *F. solani* (Mart.) App. et Wr, *F. verticillioides* (Sacc.) Nirenberg, *F. culmorum* (Sm.) Sacc, *F. graminearum* Schwabe, *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl.).

9. Застосування біодеструктора «Екостерн» у нормі 1,2 л/га по гірчиці білій як сидерату на дерново-підзолистому ґрунті сприяло збільшенню доступності елементів живлення протягом вегетації картоплі столової ( $K_0 = 0,01–0,90$ ). На фоні без деструктора стерні найнижчі значення  $K_0$  встановлені за використання біопрепаратів «Мікохелп» і «Регоплант», а найвищі – у варіанті з препаратом «Стимпо». Величини коефіцієнта педотрофності більше залежали від періоду відбору зразків ґрунту, ніж від варіантів із застосуванням біопрепаратів.

10. Середні показники коефіцієнта мінералізації-іммобілізації в дерново-підзолистому ґрунті за 2021–2023 рр. за впливу біостимуляторів вказали на необхідність застосування біодеструктора. За коефіцієнтом мінералізації-іммобілізації перевагу встановлено на варіанті внесення в ґрунт «Мікохелпу»

(2,0 л/га) + триразова обробка по вегетації, «Агат 25» (100 мл/га). Виявлена позитивна дія біодеструктора за впливом на розклад органічної речовини сидерату. У період досягання  $K_{M-I}$  у фазу цвітіння і досягання наближався до оптимальних показників (близько 1,0) за використання біодеструктора «Екостерн» (1,2 л/га). Без застосування «Екостерн» відбувалось зростання напруженості мінералізаційних процесів у 0,8–1,6 раза.

11. Застосування прийомів органічного землеробства пришвидшувало перебіг біологічних процесів в екосистемі ґрунту, і приріст до абсолютного контролю, порівнюючи з інтенсивним землеробством, складав 0,6–2,6  $CO_2$  мг/кг ґрунту. Але обидві системи землеробства значно поступалися за інтенсивністю респірації тривалому перелогу – в 6,5–11 разів.

12. Застосування препарату «Екостерн» в технологіях органічного землеробства збільшило у 2 рази нітрифікаційну здатність ґрунту. Використання деструктора підвищувало у 2,3–2,7 раза нітрифікаційну здатність ґрунту, хоча значення були менші, ніж на перелозі.



**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 3**

1. Dubytska A., Kachmar O., Dubytskyi O., Vavrynovych O. The influence of ecologised fertiliser systems on the elements of fertility and productivity of winter wheat. *Scientific Horizons*. 2021, Vol. 24(9). P. 44–54. URL: [https://doi.org/10.48077/scihor.24\(9\).2021.44-54](https://doi.org/10.48077/scihor.24(9).2021.44-54).
2. Editorial: Soil microorganisms under ecological planting / P. Li et al. *Frontiers in Microbiology*. 2023. Vol. 14. URL: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1227230>.
3. Effect of PhytoHelp and MycoHelp biopreparations on the soil microbiotes for soybean growing (*Glycine max* (L.) Merr.) / V. Borodai, N. Kosovska, A. Parfenyuk, O. Tertychna. *Agroecological journal*. 2022. Vol. 1 P. 99–109 URL: <http://dx.doi.org/10.33730/2077-4893.1.2022.255183>.
4. Ertan A., Nardi S., Altissimo A. Long-term research activity on the biostimulant properties of natural origin compounds. In: *I World Congress on the Use of Biostimulants in Agriculture 1009*. 2012. P. 181–187.
5. Городиська І. М., Ліщук А. М., Чуб А. О., Монарх В. В. Особливості органічного насінництва сої в контексті євроінтеграції України. Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. № 9. С. 89–101.
6. Khomenko T., Tonkha O., Pikovska O., Achasov A. The influence of biological preparations on the microbiological activity of sod-podzolic soil for the cultivation of food potatoes. *Plant and Soil Science*. 2022. Vol. 13(1). P. 60–66.
7. Maksimov I. V., Abizgil'dina R. R., Pusenkova L. I. Plant growth promoting rhizobacteria as alternative to chemical crop protectors from pathogens. *Applied Biochemistry and Microbiology*. 2011. Vol. 47 (4). P. 333–345.
8. Net ecosystem production: A comprehensive measure of net carbon accumulation by ecosystems / Randerson J. T. et. al. *Ecological Applications*. 2002. № 12. P. 937–947. URL: <https://andrewsforest.oregonstate.edu/sites/default/files/lter/pubs/pdf/pub3124.pdf>.

9. Paśmionka I. B., Bulski K., Boligłowa E. The Participation of Microbiota in the Transformation of Nitrogen Compounds in the Soil. A Review. *Agronomy*. 2021. Vol. 11(5). P. 977. URL: <https://doi.org/10.3390/agronomy11050977>.
10. Samreen T., Riaz U., Sarfraz M., Nazir M. Z., Zaheer Z. A., Kanwal S. Understanding the Role of Bacterial Fertilizers in Stressed Agriculture: Actions, Mechanisms and Future Prospects. *Plant Growth Regulators: Signalling under Stress Conditions*. 2021. P. 441–453. URL: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-61153-8>.
11. Šindelková, Ivana; Badalíková, Barbora; Kubíková, Zuzana. The soil biostimulant usage effect on soil properties in dry area. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM*. 2019. Vol. 19(3.2). P. 561–568.
12. Soil as a Basic Nexus Tool: Soils at the Center of the Food–Energy–Water Nexus / La R. et al. *Curr Sustainable Renewable Energy*. 2017. Vol. 4. P. 117–129. URL: <https://doi.org/10.1007/s40518-017-0082-4>.
13. Subke J.-A., Bahn M. On the Temperature Sensitivity of soil respiration: Can we use the immeasurable to predict the unknown? *Soil Biology and Biochemistry*. 2010. Vol. 42. P. 1653–1656. URL: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2010.05.026>
14. The Molecular Composition of Humus Carbon: Recalcitrance and Reactivity in Soils. *The Future of Soil Carbon, Its Conservation and Formation* / Piccolo A. et al. Publisher: Academic Press. Edition 1st. 2018. Chapter 4. P. 87–124. URL: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811687-6.00004-3>.
15. Tonkha O., Pikovska O., Balaev A., Kovalyshyna G., Zavgorodniy V., Kovalenko V. Monitoring of the microbiological condition of virgin chernozem under different management. *Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment*: 2019, thesis.
16. Trumbore S. Carbon respired by terrestrial ecosystems – recent progress and challenges. *Global Change Biology*. 2006. Vol. 12. P. 141–153. URL: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2006.01067.x>.
17. Vaitkevičienė, Nijolė, Jariene, Elvyra, Ingold, Reto, Peschke, Jasmin Effect of biodynamic preparations on the soil biological and agrochemical properties and

coloured potato tubers quality. *Open Agriculture*. 2019. Vol. 4. P. 17–23. URL: <https://doi.org/10.1515/opag-2019-0002>.

18. Абдурагімова Т. В. Вплив попередників та різних систем удобрення на урожайність картоплі в короткоротаційних сівозмінах Полісся України. *Картоплярство*. 2011. Вип. 40. С. 176–184.

19. Балаєв А. Д., Піковська О. В. Використання соломи у відновленні родючості ґрунтів: монографія. Київ : «ЦП Компринт», 2016. 244 с.

20. Економічна ефективність збалансованих схем удобрення картоплі столової макро- і мезоелементами на темно-сірому опідзоленому ґрунті за використання рідких фосфоровмісних добрив / Бикін А. В., Бордюжа І. П., Бордюжа Н. П., Бикіна Н. М. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2021. № 12(1). С. 50–58. URL: <https://doi.org/10.31548/agr2021.01.050>.

21. Вплив застосування препарату альбіт на формування насінневої, продуктивності добазового матеріалу картоплі / Білінська О. М., Кулька В. П., Самець Н. П., Голод Р. М. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2021. Вип. 2. URL: [https://doi.org/10.31521/2313-092X/2021-2\(110\)-9](https://doi.org/10.31521/2313-092X/2021-2(110)-9).

22. Біохімічні зміни в уражених бульбах картоплі / Бомок С. К., Тактаєв Б. А., Піковський М. Й., Мар'єва О. М. *Захист і карантин рослин*. 2020. № 1. С. 9–11. URL: <https://doi.org/10.36495/2312-0614.2020.01.9-12>.

23. Бондарчук А. А. Перспективи розвитку картоплярства в Україні. *Вісник аграрної науки*. 2009. № 4. С. 21–23.

24. Василенко М. Г., Бондар Г. М., Бондар К. П. Вплив нових видів добрив і стимуляторів росту на урожайність і якість продукції. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства УААН»*. 2006. Спецвипуск. С. 192–196.

25. Васильченко А., Дерев'янка С. Використання наночастинок і нанотехнологій у картоплярстві. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2021. № 12(3). С. 17–27. URL: <https://doi.org/10.31548/agr2021.03.017>.

26. Вега Н. І. Зміна вмісту лужногідролізованого азоту в темно-сірому опідзоленому ґрунті під впливом мінерального удобрення ячменю ярого. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2015. Вип. 83. С. 100–104.

27. Вожегова Р. А., Балашова Г. С., Бояркіна Л. В. Вплив препаратів хімічного та біологічного походження на польову схожість та продуктивність картоплі літнього садіння свіжозібраними бульбами. *Аграрні інновації: науковий журнал*. 2020. № 4. С. 100–107. URL:

<https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2020.4.15>.

28. Волкогон В., Британ Т., Пиріг О. Розвиток мікроорганізмів та спрямованість біологічних процесів у чорноземі вилуженому за моделювання дефіциту свіжої органічної речовини та впливу мінерального азоту. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2018. № 28. С. 3–16. URL:

<https://doi.org/10.35868/1997-3004.28.3-16>.

29. Вплив біопрепаратів, фітопатогенних мікроорганізмів на мікробіом ґрунту ризосфери і ефективність функціонування симбіотичної системи бульбочкові бактерії – соя, козлятник / [В. П. Пати́ка, Л. В. Кириленко, О. О. Алексеев та ін.]. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету. Серія: Біологія*. 2017. Режим доступу до ресурсу: URL:

<http://dspace.tnpu.edu.ua/bitstream/123456789/8031/1/Patyka%2C%20Kyrylenko%20et%20al.pdf>.

30. Гумусний стан та емісія діоксиду вуглецю в агроєкосистемах / Снітинський В. В. та ін. *Агроєкологічний журнал*. 2015. № 1. С. 53–58.

31. Дмитренко О., Ткаченко М., Павліченко А. Зміна азотного режиму сірого лісового крупнопилувато-легкосуглинкового ґрунту за різних систем удобрення та хімічної меліорації. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2021. № 12(1). С. 77–85. URL: <https://doi.org/10.31548/agr2021.01.077/>.

32. Екологія мікроорганізмів / Пати́ка В. П., Омелянець Т. Г., Гриник І. В., Петриченко В. Ф. Київ : Бібліографія Основа, 2007. 188 с.

33. Запаси органічного вуглецю у дерново-підзолистих орних ґрунтах Полісся України / Трофименко П. І. та ін. *Вісник Житомирського національного агроєкологічного університету*. 2016. № 1. Т. 1. С. 46–52. URL: [http://ir.znau.edu.ua/bitstream/123456789/5702/1/VZNAU\\_2016\\_1\\_1\\_46-52.pdf](http://ir.znau.edu.ua/bitstream/123456789/5702/1/VZNAU_2016_1_1_46-52.pdf).

34. Іскакова О. Ш. Застосування біопрепаратів у живленні картоплі в умовах Півдня України на краплинному зрошенні. *Аграрні інновації*. 2021. С. 11–15. URL: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.7.5>.

35. Коваленко С. А., Матухно Ю. Д., Мукосій М. П. Зміни показників балансу гумусу у ґрунтах сільськогосподарських угідь Чернігівської області. *Агроекологічний журнал*. 2013. № 3. С. 52–56.

36. Коваль А. В., Ільчук Р. В. Вплив макро- та мікроелементів на продуктивність картоплі та інших сільськогосподарських культур. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2019. Вип. 66. С. 103–116.

37. Колодяжний О. Ю., Патица М. В. Структура мікробного комплексу чорнозему типового в агроценозі пшениці озимої за різних систем землеробства. Modern directions of theoretical and applied researches '2013. SWorld – 19-30 March 2013. URL: <https://www.sworld.com.ua/index.php/biology-113/microbiology-and-hydrobiology-113/16385-113-0270>.

38. Кравчук В., Павлишин М., Гусар В. Сучасні агротехнології та «гнучкі механізми» Кіотського протоколу. *Техніка і технології АПК*. 2013. № 5. С. 29–33.

39. Курдиш І. К. Роль мікроорганізмів у відтворенні родючості ґрунтів. 2010. URL: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/345678912/26158/01-Kurrish.pdf?sequence=1>.

40. Мельничук А. О., Тараріко М. Ю. Цикл вуглецю та азоту за різних систем удобрення в сівозміні на дерново-підзолистому ґрунті в Поліссі. *Збалансоване природокористування*. 2015. № 1. С. 53–56. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zp\\_2015\\_1\\_14](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zp_2015_1_14).

41. Мікробіологічна оцінка лучно-чорноземного карбонатного ґрунту за різних систем удобрення / Мотрук Г. В. та ін. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2021. № 12(1). С. 68–76. URL: <https://doi.org/> <https://doi.org/> <https://doi.org/10.31548/agr2021.01.068>.

42. Напрямки екологізації землеробства. Ящук В. У. та ін. 2016. 136 с. Режим доступу до ресурсу: URL:

<https://dspace.nuft.edu.ua/server/api/core/bitstreams/39fbeb49-d494-438b-a09d-a7bcf4e433ec/content>.

43. Новітні інтегративні методи дослідження стабілізації органічного вуглецю за різного обробітку ґрунту / Попірний М. А. та ін. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2020. № 90. С. 13–28. URL: <https://doi.org/10.31073/acss90>.

44. Параметризація змін умісту органічного вуглецю залежно від системи удобрення / Ревтьє-Уварова А. В. та ін. *Вісник аграрної науки*. 2020. № 11. С. 16–23. URL: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202011-02>.

45. Пати́ка В. П., Шерстобое́ва О. В. Методичні підходи до мікробіологічного моніторингу стану ґрунтів агроєкосистем. *Агроєкологічний моніторинг та паспортизація сільськогосподарських земель*. Київ, 2002. С. 131–136.

46. Пати́ка В. П. Вплив біопрепаратів на мікробні угруповання ґрунту ризосфери козлятнику східного і сої/ Пати́ка В. П. та ін. *Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту*. Сер. Біол., 2017, № 1 (68). С.212–216.

47. Інтенсивність емісії CO<sub>2</sub> з дерново-підзолистого ґрунту за різних доз меліорантів і удобрення ріпаку озимого у Західному Поліссі / Польовий В. М., Ященко Л. А., Ровна Г. Ф., Гук Б. В. *Агробіологія*. 2022. № 1. С. 36–42.

48. Сайко В. Ф. Проблеми забезпечення ґрунтів органічною речовиною. *Вісник аграрної науки*. 2002. № 11. С. 5–8.

49. Симбіотична азотфіксація та врожай / Г. М. Господаренко, В. І. Невлад, І. В. Прокопчук, С. В. Прокопчук; За заг. ред. Г. М. Господаренка. Умань : Видавець «Сочінський М. М.», 2017. 324 с.

50. Сябрук О. Сезонна динаміка продукування CO<sub>2</sub> та обсяги втрат вуглецю ґрунту за різних способів обробітку, систем землеробства та удобрення. *Вісник Львівського національного аграрного університету*. *Агрономія*. 2013. № 17(1). С. 130–137. URL: <http://visnuk.kl.com.ua/joom/arkhiv-nomeriv/ahronomiia.html>.

51. Ткачук В. П., Трофименко П. І. Вміст гумусу за різного використання дерново-підзолистого супіщаного ґрунту та обсяги емісійних втрат CO<sub>2</sub>.

*Наукові доповіді НУБіП України*. 2020. № 2(84). URL: <https://doi.org/10.31548/dopovidi2020.02>.

52. Трофименко П. І. Газовий склад надгрунтового шару повітря атмосфери та його роль у формуванні обсягів емісії газів із ґрунту. *Таврійський науковий вісник*. Херсон, 2018. № 103. С. 227–235. URL: [http://tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/103\\_2018.pdf](http://tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/103_2018.pdf).

53. Трус О. М., Прокопенко Е. В., Поліщук Т. В. Біологічна активність ґрунту, її значення для родючості ґрунту і живлення рослин. *Вісник КрНУ імені М. Остроградського*. 2021. Вип. 5(130). С. 36–41.

54. Федорук Ю. В., Молоцький М. Я. Зміна біохімічного складу бульб картоплі залежно від сорту і добрив в умовах Центрального Лісостепу України. *Картоплярство*. 2008. Вип. 37. С. 194–212.

55. Хоменко Т. О., Тонха О. Л. Оцінка біологічної активності дерново-підзолистого ґрунту за застосування органічних технологій вирощування картоплі. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2024. Т. 6, № 106. URL: [https://doi.org/10.31548/dopovidi6\(106\).2023.006.0](https://doi.org/10.31548/dopovidi6(106).2023.006.0).

56. Ястремська Л. С., Малиновська І. М. Загальна мікробіологія і вірусологія. Київ : Національний авіаційний університет, 2017. 230 с.

57. Dubytska A., Kachmar O., Dubytskyi O., Vavrynovych O. The influence of ecologised fertiliser systems on the elements of fertility and productivity of winter wheat. *Scientific Horizons*. 2021, Vol. 24(9). P. 44–54. URL: [https://doi.org/10.48077/scihor.24\(9\).2021.44-54](https://doi.org/10.48077/scihor.24(9).2021.44-54).

58. Editorial: Soil microorganisms under ecological planting / P. Li et al. *Frontiers in Microbiology*. 2023. Vol. 14. URL: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1227230>.

59. Effect of PhytoHelp and MycoHelp biopreparations on the soil microbiotes for soybean growing (*Glycine max* (L.) Merr.) / V. Borodai, N. Kosovska, A. Parfenyuk, O. Tertychna. *Agroecological journal*. 2022. Vol. 1 P. 99–109 URL: <http://dx.doi.org/10.33730/2077-4893.1.2022.255183>.

60. Ertan A., Nardi S., Altissimo A. Long-term research activity on the biostimulant properties of natural origin compounds. In: *I World Congress on the Use of Biostimulants in Agriculture 1009*. 2012. P. 181–187.

61. Городиська І. М., Ліщук А. М., Чуб А. О., Монарх В. В. Особливості органічного насінництва сої в контексті євроінтеграції України. Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. № 9. С. 89–101.

62. Khomenko T., Tonkha O., Pikovska O., Achasov A. The influence of biological preparations on the microbiological activity of sod-podzolic soil for the cultivation of food potatoes. *Plant and Soil Science*. 2022. Vol. 13(1). P. 60–66.

63. Maksimov I. V., Abizgil'dina R. R., Pusenkova L. I. Plant growth promoting rhizobacteria as alternative to chemical crop protectors from pathogens. *Applied Biochemistry and Microbiology*. 2011. Vol. 47 (4). P. 333–345.

64. Net ecosystem production: A comprehensive measure of net carbon accumulation by ecosystems / Randerson J. T. et. al. *Ecological Applications*. 2002. № 12. P. 937–947. URL: <https://andrewsforest.oregonstate.edu/sites/default/files/lter/pubs/pdf/pub3124.pdf>.

65. Paśmionka I. B., Bulski K., Boligłowa E. The Participation of Microbiota in the Transformation of Nitrogen Compounds in the Soil. A Review. *Agronomy*. 2021. Vol. 11(5). P. 977. URL: <https://doi.org/10.3390/agronomy11050977>.

66. Samreen T., Riaz U., Sarfraz M., Nazir M. Z., Zaheer Z. A., Kanwal S. Understanding the Role of Bacterial Fertilizers in Stressed Agriculture: Actions, Mechanisms and Future Prospects. *Plant Growth Regulators: Signalling under Stress Conditions*. 2021. P. 441–453. URL: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-61153-8>.

67. Šindelková, Ivana; Badalíková, Barbora; Kubíková, Zuzana. The soil biostimulant usage effect on soil properties in dry area. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM*. 2019. Vol. 19(3.2). P. 561–568.

68. Soil as a Basic Nexus Tool: Soils at the Center of the Food–Energy–Water Nexus / La R. et al. *Curr Sustainable Renewable Energy*. 2017. Vol. 4. P. 117–129. URL: <https://doi.org/10.1007/s40518-017-0082-4>.



69. Subke J.-A., Bahn M. On the Temperature Sensitivity of soil respiration: Can we use the immeasurable to predict the unknown? *Soil Biology and Biochemistry*. 2010. Vol. 42. P. 1653–1656. URL: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2010.05.026>

70. The Molecular Composition of Humus Carbon: Recalcitrance and Reactivity in Soils. The Future of Soil Carbon, Its Conservation and Formation / Piccolo A. et al. Publisher: Academic Press. Edition 1st. 2018. Chapter 4. P. 87–124. URL: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811687-6.00004-3>.

71. Tonkha O., Pikovska O., Balaev A., Kovalyshyna G., Zavgorodniy V., Kovalenko V. Monitoring of the microbiological condition of virgin chernozem under different management. *Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment*: 2019, thesis.

72. Trumbore S. Carbon respired by terrestrial ecosystems – recent progress and challenges. *Global Change Biology*. 2006. Vol. 12. P. 141–153. URL: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2006.01067.x>.

73. Vaitkevičienė, Nijolė, Jariene, Elvyra, Ingold, Reto, Peschke, Jasmin Effect of biodynamic preparations on the soil biological and agrochemical properties and coloured potato tubers quality. *Open Agriculture*. 2019. Vol. 4. P. 17–23. URL: <https://doi.org/10.1515/opag-2019-0002>.

74. Абдурагімова Т. В. Вплив попередників та різних систем удобрення на урожайність картоплі в короткоротаційних сівозмінах Полісся України. *Картоплярство*. 2011. Вип. 40. С. 176–184.

75. Балаєв А. Д., Піковська О. В. Використання соломи у відновленні родючості ґрунтів: монографія. Київ : «ЦП Компринт», 2016. 244 с.

76. Економічна ефективність збалансованих схем удобрення картоплі столової макро- і мезоелементами на темно-сірому опідзоленому ґрунті за використання рідких фосфоровмісних добрив / Бикін А. В., Бордюжа І. П., Бордюжа Н. П., Бикіна Н. М. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2021. № 12(1). С. 50–58. URL: <https://doi.org/10.31548/agr2021.01.050>.

77. Вплив застосування препарату альбіт на формування насінневої, продуктивності доbazового матеріалу картоплі / Білінська О. М., Кулька В. П.,

Самець Н. П., Голод Р. М. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2021. Вип. 2. URL: [https://doi.org/10.31521/2313-092X/2021-2\(110\)-9](https://doi.org/10.31521/2313-092X/2021-2(110)-9).

78. Біохімічні зміни в уражених бульбах картоплі / Бомок С. К., Тактаєв Б. А., Піковський М. Й., Мар'єва О. М. *Захист і карантин рослин*. 2020. № 1. С. 9–11. URL: <https://doi.org/10.36495/2312-0614.2020.01.9-12>.

79. Бондарчук А. А. Перспективи розвитку картоплярства в Україні. *Вісник аграрної науки*. 2009. № 4. С. 21–23.

80. Василенко М. Г., Бондар Г. М., Бондар К. П. Вплив нових видів добрив і стимуляторів росту на урожайність і якість продукції. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства УААН»*. 2006. Спецвипуск. С. 192–196.

81. Васильченко А., Дерев'янка С. Використання наночастинок і нанотехнологій у картоплярстві. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2021. № 12(3). С. 17–27. URL: <https://doi.org/10.31548/agr2021.03.017>.

82. Вега Н. І. Зміна вмісту лужногідролізованого азоту в темно-сірому опідзоленому ґрунті під впливом мінерального удобрення ячменю ярого. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2015. Вип. 83. С. 100–104.

83. Вожегова Р. А., Балашова Г. С., Бояркіна Л. В. Вплив препаратів хімічного та біологічного походження на польову схожість та продуктивність картоплі літнього садіння свіжозібраними бульбами. *Аграрні інновації: науковий журнал*. 2020. № 4. С. 100–107. URL: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2020.4.15>.

84. Волкогон В., Британ Т., Пиріг О. Розвиток мікроорганізмів та спрямованість біологічних процесів у чорноземі вилуженому за моделювання дефіциту свіжої органічної речовини та впливу мінерального азоту. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2018. № 28. С. 3–16. URL: <https://doi.org/10.35868/1997-3004.28.3-16>.

85. Вплив біопрепаратів, фітопатогенних мікроорганізмів на мікробіом ґрунту ризосфери і ефективність функціонування симбіотичної системи бульбочкові бактерії – соя, козлятник / [В. П. Патика, Л. В. Кириленко, О. О. Алексєєв та ін.]. *Наукові записки Тернопільського національного*

педагогічного університету. Серія: Біологія. 2017. Режим доступу до ресурсу:  
URL:

<http://dspace.tnpu.edu.ua/bitstream/123456789/8031/1/Patyka%2C%20Kyrylenko%20>

86. Гумусний стан та емісія діоксиду вуглецю в агроекосистемах / Снітинський В. В. та ін. *Агроєкологічний журнал*. 2015. № 1. С. 53–58.

87. Дмитренко О., Ткаченко М., Павліченко А. Зміна азотного режиму сірого лісового крупнопилувато-легкосуглинкового ґрунту за різних систем удобрення та хімічної меліорації. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2021. № 12(1). С. 77–85. URL: <https://doi.org/10.31548/agr2021.01.077/>.

88. Екологія мікроорганізмів / Пати́ка В. П., Омелянець Т. Г., Гриник І. В., Петриченко В. Ф. Київ : Бібліографія Основа, 2007. 188 с.

89. Запаси органічного вуглецю у дерново-підзолистих орних ґрунтах Полісся України / Трофименко П. І. та ін. *Вісник Житомирського національного агроєкологічного університету*. 2016. № 1. Т. 1. С. 46–52. URL: [http://ir.znau.edu.ua/bitstream/123456789/5702/1/VZNAU\\_2016\\_1\\_1\\_46-52.pdf](http://ir.znau.edu.ua/bitstream/123456789/5702/1/VZNAU_2016_1_1_46-52.pdf).

90. Іскакова О. Ш. Застосування біопрепаратів у живленні картоплі в умовах Півдня України на краплинному зрошенні. *Аграрні інновації*. 2021. С. 11–15. URL: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.7.5>.

91. Коваленко С. А., Матухно Ю. Д., Мукосій М. П. Зміни показників балансу гумусу у ґрунтах сільськогосподарських угідь Чернігівської області. *Агроєкологічний журнал*. 2013. № 3. С. 52–56.

92. Коваль А. В., Ільчук Р. В. Вплив макро- та мікроелементів на продуктивність картоплі та інших сільськогосподарських культур. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2019. Вип. 66. С. 103–116.

93. Колодяжний О. Ю., Пати́ка М. В. Структура мікробного комплексу чорнозему типового в агроценозі пшениці озимої за різних систем землеробства. Modern directions of theoretical and applied researches '2013. SWorld – 19-30 March 2013. URL: <https://www.sworld.com.ua/index.php/biology-113/microbiology-and-hydrobiology-113/16385-113-0270>.

94. Кравчук В., Павлишин М., Гусар В. Сучасні агротехнології та «гнучкі механізми» Кіотського протоколу. *Техніка і технології АПК*. 2013. № 5. С. 29–33.

95. Курдиш І. К. Роль мікроорганізмів у відтворенні родючості ґрунтів. 2010. URL: <http://dspace.nbuu.gov.ua/bitstream/handle/345678912/26158/01-Kurrish.pdf?sequence=1>.

96. Мельничук А. О., Тараріко М. Ю. Цикл вуглецю та азоту за різних систем удобрення в сівозміні на дерново-підзолистому ґрунті в Поліссі. *Збалансоване природокористування*. 2015. № 1. С. 53–56. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zp\\_2015\\_1\\_14](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zp_2015_1_14).

97. Мікробіологічна оцінка лучно-чорноземного карбонатного ґрунту за різних систем удобрення / Мотрук Г. В. та ін. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2021. № 12(1). С. 68–76. URL: <https://doi.org/> <https://doi.org/> <https://doi.org/10.31548/agr2021.01.068>.

98. Напрямки екологізації землеробства. Ящук В. У. та ін. 2016. 136 с. Режим доступу до ресурсу: URL: <https://dspace.nuft.edu.ua/server/api/core/bitstreams/39fbeb49-d494-438b-a09d-a7bcf4e433ec/content>.

99. Новітні інтегративні методи дослідження стабілізації органічного вуглецю за різного обробітку ґрунту / Попірний М. А. та ін. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2020. № 90. С. 13–28. URL: <https://doi.org/10.31073/acss90>.

100. Параметризація змін умісту органічного вуглецю залежно від системи удобрення / Ревтьє-Уварова А. В. та ін. *Вісник аграрної науки*. 2020. № 11. С. 16–23. URL: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202011-02>.

101. Патица В. П., Шерстобоева О. В. Методичні підходи до мікробіологічного моніторингу стану ґрунтів агроecosистем. *Агроecологічний моніторинг та паспортизація сільськогосподарських земель*. Київ, 2002. С. 131–136.

102. Вплив біопрепаратів на мікробні угруповання ґрунту ризосфери козлятнику східного і сої / Пати́ка В. П. та ін. *Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол.* 2017. № 1 (68). С. 212–216.

103. Інтенсивність емісії CO<sub>2</sub> з дерново-підзолистого ґрунту за різних доз меліорантів і удобрення ріпаку озимого у Західному Поліссі / Польовий В. М., Яценко Л. А., Ровна Г. Ф., Гук Б. В. *Агробіологія*. 2022. № 1. С. 36–42.

104. Сайко В. Ф. Проблеми забезпечення ґрунтів органічною речовиною. *Вісник аграрної науки*. 2002. № 11. С. 5–8.

105. Симбіотична азотфіксація та врожай / Г. М. Господаренко, В. І. Невлад, І. В. Прокопчук, С. В. Прокопчук; За заг. ред. Г. М. Господаренка. Умань : Видавець «Сочінський М. М.», 2017. 324 с.

106. Сябрук О. Сезонна динаміка продукування CO<sub>2</sub> та обсяги втрат вуглецю ґрунту за різних способів обробітку, систем землеробства та удобрення. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Агрономія*. 2013. № 17(1). С. 130–137. URL: <http://visnuk.kl.com.ua/joom/arkhiv-nomeriv/ahronomiia.html>.

107. Ткачук В. П., Трофименко П. І. Вміст гумусу за різного використання дерново-підзолистого супіщаного ґрунту та обсяги емісійних втрат CO<sub>2</sub>. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2020. № 2(84). URL: <https://doi.org/10.31548/dopovidi2020.02>.

108. Трофименко П. І. Газовий склад надґрунтового шару повітря атмосфери та його роль у формуванні обсягів емісії газів із ґрунту. *Таврійський науковий вісник*. Херсон, 2018. № 103. С. 227–235. URL: [http://tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/103\\_2018.pdf](http://tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/103_2018.pdf).

109. Трус О. М., Прокопенко Е. В., Поліщук Т. В. Біологічна активність ґрунту, її значення для родючості ґрунту і живлення рослин. *Вісник КрНУ імені М. Остроградського*. 2021. Вип. 5(130). С. 36–41.

110. Федорук Ю. В., Молоцький М. Я. Зміна біохімічного складу бульб картоплі залежно від сорту і добрив в умовах Центрального Лісостепу України. *Картоплярство*. Вип. 37. С. 194–212.

111. Хоменко Т. О., Тонха О. Л. Оцінка біологічної активності дерново-підзолистого ґрунту за застосування органічних технологій вирощування картоплі. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2024. Т. 6, № 106. URL: [https://doi.org/10.31548/dopovid6\(106\).2023.006.0](https://doi.org/10.31548/dopovid6(106).2023.006.0).

112. Ястремська Л. С., Малиновська І. М. Загальна мікробіологія і вірусологія. Київ : Національний авіаційний університет, 2017. 230 с.

**РОЗДІЛ 4****ОЦІНКА ПОЖИВНОГО РЕЖИМУ ДЕРНОВО-ПІДЗОЛИСТИХ ҐРУНТІВ  
ЗА ВНЕСЕННЯ БІОПРЕПАРАТІВ****4.1. Оцінка вмісту гумусу за застосування біопрепаратів**

Гумус – основний показник родючості, який інтегрує в собі практично всі властивості та процеси ґрунтів. Тому вплив органічної речовини на формування ґрунтової родючості, ріст і розвиток рослин – всебічний і багатофункціональний. Із гумусовими речовинами пов'язані основні умови життя та розвитку рослин, які відображаються в характеристиках ґрунтового профілю, як-от: потужність і багатство гумусового горизонту, реакція середовища, фізичні властивості ґрунтової маси, біологічна та мікробіологічна активність, фітосанітарний стан тощо. Тому, оцінюючи гумусовий стан ґрунтів, ми оцінюємо одночасно всі ґрунтові характеристики. Поряд з цим, відомо, що в різних ґрунтово-кліматичних зонах об'єм та якість органічної речовини природних біоценозів, які обумовлюють біологічний кругообіг, неоднакові [11, 18].

Результати наших досліджень свідчать [16], що застосування біопрепаратів позитивно впливає на накопичення вмісту гумусу в ґрунті. Так, за застосування біодеструктора стерні «Екостерн» (фон 2) простежується стійка тенденція до підвищення вмісту гумусу в ґрунті (табл. 4.1). Відносна частка зростання вмісту гумусу на контрольному варіанті на фоні 2 суттєво зросла (на 12,5%), порівнюючи з контрольним варіантом на фоні 1. У загальному по фоні 2 порівняно до фоні 1 відносна частка зростання вмісту гумусу склала лише 2,43%. Збільшення кількості внесень біологічних препаратів не призводить до суттєвого підвищення вмісту гумусу в ґрунті, тобто ефекти не сумуються.

Внесення в ґрунт біодеструктора та триразове фоліарне внесення біопрепаратів достовірно не вплинули на вміст гумусу в дерново-підзолистому ґрунті (табл. 4.1), різниця була в межах помилки досліджу.

**Вміст гумусу (%) в орному шарі дерново-підзолистого ґрунту  
за застосування біопрепаратів у ґрунт і триразового фоліарного внесення  
у головні фази росту та розвитку рослин картоплі  
(середнє за 2021–2023 рр.)**

Фактор А	Фактор Б	Показник, %
Фон 1. Гірчиця на сидерат з наступною її заробкою в ґрунт без біодеструктора	1. Без внесення (контроль)	0,95±0,06
	2. «Мікохелп» + «Агат 25К»	1,06±0,08
	3. «Мікохелп» + «Регоплант»	1,09±0,08
	4. «Мікохелп» + «Фітохелп»	1,09±0,07
	5. «Мікохелп» + «Стимпо»	1,08±0,06
Фон 2. Внесення біодеструктора «Екостерн» (1,2 л/га) по гірчиці на сидерат з наступною її заробкою в ґрунт	1. Без внесення (контроль)	1,09±0,06
	2. «Мікохелп» + «Агат 25 К»	1,1±0,08
	3. «Мікохелп» + «Регоплант»	1,11±0,07
	4. «Мікохелп» + «Фітохелп»	1,12±0,07
	5. «Мікохелп» + «Стимпо»	1,12±0,08

Показник реакції ґрунтового середовища має значний вплив на засвоєння поживних речовин корінням, а також їхній ріст і розвиток. Агрохімічні властивості ґрунтів залежать від реакції ґрунтового середовища, що своєю чергою відображається на рості рослин. Кислотність утворюється через присутність у ґрунтовому розчині і на колоїдах іонів  $H^+$ . Під обмінною кислотністю зазвичай розуміють кислотність, обумовлену іонами водню і алюмінію, які перебувають у поглиненому стані та здатні витіснятися у розчин при дії на ґрунти певної нейтральної солі.

Результати досліджень свідчать, що застосування біопрепарату «Екостерн» (фон 2) суттєво не змінювало рН сольової витяжки, порівнюючи з контрольним варіантом (фон 1). Спостерігається динаміка зміни обмінної



кислотності за вегетації картоплі зі зменшенням до фази дозрівання (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

**Зміна обмінної кислотності в орному шарі дерново-підзолистого ґрунту за застосування біопрепаратів у ґрунт і триразового фоліарного внесення їх у головні фази росту та розвитку рослин картоплі (середнє за 2021–2023 рр.)**

Фактор А	Фактор Б	Фази розвитку картоплі		
		сходи	цвітіння	достигання
Фон 1. Гірчиця на сидерат з наступною її заробкою в ґрунт без біодеструктора	1. Без внесення (контроль)	4,6±0,15	4,7±0,15	4,9±0,15
	2. «Мікохелп» + «Агат 25К»	4,7±0,15	4,9±0,15	5,2±0,15
	3. «Мікохелп» + «Регоплант»	4,7±0,15	4,9±0,15	5,0±0,15
	4. «Мікохелп» + «Фітохелп»	4,7±0,15	4,8±0,15	4,9±0,15
	5. «Мікохелп» + «Стимпо»	4,8±0,15	5,0±0,15	4,9±0,15
Фон 2. Внесення біодеструктора «Екостерн» (1,2 л/га) по гірчиці	1. Без внесення (контроль)	4,7±0,15	4,9±0,15	4,9±0,15
	2. «Мікохелп» + «Агат 25 К»	4,8±0,15	5,4±0,15	5,2±0,15
	3. «Мікохелп» + «Регоплант»	4,9±0,15	5,3±0,15	5,3±0,15
	4. «Мікохелп» + «Фітохелп»	5,0±0,15	5,4±0,15	5,3±0,15
	5. «Мікохелп» + «Стимпо»	5,2±0,15	5,4±0,15	5,4±0,15

На фоні 2, де вносили деструктор «Екостерн» внесення в ґрунт під культивування біопрепарату «Мікохелп» позитивно вплинуло і зменшувало кислотність, порівнюючи з контролем, показник рН збільшився на 0,4–0,7, що простежується у фазу сходів культури до фоліарного внесення біопрепаратів «Агат-25», «Регоплант», «Фітохелп» і «Стимпо». У фазу цвітіння і дозрівання

культури за фоліарного внесення біопрепаратів рН сольової витяжки було вищим на 0,3–0,4, якщо порівняти з контролем.

Проблема азоту в землеробстві тісно пов'язана із вмістом у ґрунті органічної речовини. У ній міститься 97–99 % усіх запасів азоту, вміст якого повністю визначається процесами гумусоутворення і біологічною активністю ґрунту [9]. Гострота проблеми азоту полягає у високому виносі його урожаєм, а також у тому, що доступні рослинам солі азотної кислоти та амонію легко вимиваються з ґрунту або переходять у газоподібну форму [4].

За результатами дослідження встановлено, що вміст мінерального азоту у фазу сходів культури за використання деструктора «Екостерн» у середньому за фактором А був нижчим на 5,34 мг/кг ґрунту, порівнюючи з варіантами, на яких не застосовували деструктор. Це явище пояснюється тим, що трансформація мікробного пулу ґрунту під впливом біодеструктора, активно сприяючи гуміфікації рослинних решток, могла спричинити іммобілізацію рухомих сполук азоту. Також частина мінерального азоту була засвоєна в процесі розвитку агрономічно цінного пулу мікроорганізмів, що є позитивним в умовах Західного Полісся (зона достатнього зволоження), оскільки сприяє закріпленню мінерального азоту у верхньому шарі та запобігає його вимиванню з ґрунту. Зниження мінерального азоту не мало жодного негативного впливу на схожість картоплі, сходи були дружніми на всіх варіантах дослідів. Зниження вмісту мінерального азоту в ґрунті прослідковувалося також і у фазі цвітіння та досягання відповідно на 1,26 і 2,6 мг/кг. Це було пов'язано із підвищеним засвоєнням поживного елемента в процесі росту та розвитку рослин картоплі, що і відобразилося у збільшенні вегетативної маси та урожайності культури.

Аналізуючи динаміку вмісту мінерального азоту в дерново-підзолистому ґрунті, слід відмітити поступове зниження його від сходів до кінця вегетації на обох фонах деструкції (табл. 4.3).

**Вміст мінерального азоту в орному шарі дерново-підзолистого ґрунту за внесення біопрепаратів у ґрунт і триразового фоліарного внесення їх у головні фази росту та розвитку рослин картоплі (середнє за 2021–2023 рр.)**

Фактор А	Фактор Б	Фаза розвитку картоплі		
		сходи	цвітіння	достигання
Фон 1. Гірчиця на сидерат з наступною її заробкою в ґрунт без біодеструктора	1. Без внесення (контроль)	27,9	20,6	11,1
	2. «Мікохелп» + «Агат 25К»	24,4	20,1	12,2
	3. «Мікохелп» + «Регоплант»	24,3	21,6	10,9
	4. «Мікохелп» + «Фітохелп»	23,2	19,6	9,7
	5. «Мікохелп» + «Стимпо»	23,1	16,8	10,1
Фон 2. Внесення біодеструктора «1,2 л/га» по гірчиці на сидерат	1. Без внесення (контроль)	23,8	21,2	8,7
	2. «Мікохелп» + «Агат 25 К»	18,8	19,4	8,9
	3. «Мікохелп» + «Регоплант»	18,2	15,8	7,9
	4. «Мікохелп» + «Фітохелп»	18,4	21,2	7,4
	5. «Мікохелп» + «Стимпо»	17,8	14,8	8,1

Якщо на початку вегетації кількість мінерального азоту в ґрунті була на середньому та підвищеному рівні, то у фазу цвітіння вміст його знизився на всіх варіантах дослідів і не перевищував середнього рівня забезпечення, що пов'язано із засвоєнням азоту рослинами картоплі для свого росту та розвитку. На кінець вегетації культури у фазу дозрівання простежувалось подальше зниження вмісту мінерального азоту в ґрунті до низького та дуже низького рівня. У проведених іншими науковцями дослідженнях на темно-сірому опідзоленому ґрунті вміст як амонійного, так і нітратного азоту також поступово знижувався протягом вегетації картоплі столової від фази бутонізації до збирання врожаю [17].

У фазу сходів культури (до фоліарної обробки рослин біопрепаратами), є можливість виявити вплив біопрепарату «Мікохелп», який вносили в ґрунт у

передпосівну культивуацію. Аналіз ґрунту показав, що вміст мінерального азоту у цю фазу розвитку картоплі як на фоні застосування деструктора «Екостерн», так і без внесення деструктора дещо знизився, порівнюючи з контролем. Це пояснюється іммобілізацією, яка спричинена трансформацією мікробного пулу ґрунту під впливом агрономічно цінних бактерій і грибів, їх інтенсивною діяльністю, спрямованою проти фітопатогенів.

Аналіз даних свідчить, що у фазу цвітіння на фоні, де не вносили деструктор, варіабельність вмісту мінерального азоту була низькою ( $V = 9 \%$ ). Математично достовірне зниження мінерального азоту було відмічено на варіанті 5, де проводили фоліарне підживлення біопрепаратом «Стимпо», і складало 16,8 мг/кг ґрунту за рівня на контролі 20,6 мг/кг ґрунту (табл. 4.3). На фоні, де вносили біодеструктор «Екостерн», варіабельність ( $V, \%$ ) вмісту мінерального азоту була середньою і складала 15 %. Істотне зниження вмісту мінерального азоту спостерігалось на варіантах 3 та 5, де проводили фоліарне підживлення біопрепаратами «Регоплант» і «Стимпо», і складало відповідно 5,4 та 6,4 мг/кг ґрунту.

На кінець вегетації у фазу дозрівання картоплі варіабельність вмісту мінерального азоту була низькою на обох фонах деструкції. Математично достовірної різниці в цю фазу між варіантами за фактором Б (внесення в ґрунт «Мікохелпу» та фоліарне підживлення біопрепаратами) виявлено не було.

На контрольних варіантах обох фонів (без «Екостерну» та з «Екостерном») у фазу цвітіння та досягання вміст мінерального азоту серед варіантів був найвищим, що пояснюється повільнішим ростом картоплі та слабшим засвоєнням цього елемента рослинами. Водночас на фоні з «Екостерном» (1,2 л/га) азоту було дещо менше, що пояснюється кращим його засвоєнням рослинами картоплі та підвищенням врожайності культури.

Застосування препаратів біологічного походження для підвищення урожайності сільськогосподарських культур є перспективним напрямом в сільському господарстві. За механізмом дії та їхнім складом такі препарати поділяють на певні групи: мікробні препарати для оптимізації живлення

культурних рослин, стимулятори ростових процесів, біофунгіциди, біоінсектициди та ін. [1]. За допомогою мікробних клітин, які входять до складу мікробіологічних препаратів, забезпечується оптимізація мікробного пулу в агроценозах і регулювання надходження поживних елементів із ґрунту до рослини. З одного боку, ґрунт утворює умови для розвитку мікрофлори, з іншого – вона впливає на швидкість і спрямованість окисно-відновних реакцій у ґрунті, процеси гумусоутворення та доступність елементів живлення [2, 13, 14]. Технологія застосування біопрепаратів є не шкідливою, стимулює оздоровлення ґрунту та рослин, а відповідно, і одержання екологічно безпечних продуктів [3, 4]. Втім, багато аспектів щодо комплексного застосування біологічних препаратів різної функціональності ще недостатньо вивчені, а отже, дослідження, спрямовані на удосконалення елементів живлення на основі біологізації технології вирощування картоплі залишаються актуальними.

Під мікробіологічними препаратами розуміють чисту культуру або суміш чистих культур штамів живих мікроорганізмів, відселекціонованих за корисними властивостями, адсорбованих на стерильному нейтральному субстраті. Вони дозволяють забезпечити необхідну концентрацію корисних мікроорганізмів (у грамі препарату міститься 1–5 і більше млрд клітин бактерій) у потрібному місці і в потрібний час [5, 6]. Внесені з різними формами біопрепарату мікробні клітини здатні скласти конкуренцію аборигенній мікрофлорі та заповнити екологічні ніші, надані їм рослиною. Використання біологічних препаратів у технології вирощування культур збільшує популяцію основних еколого-трофічних груп [7, 8, 9]. Мікроорганізми, які входять до складу біопрепаратів, симбіотичні. Вони покращують не тільки азотне, а й фосфорно-калійне живлення рослин, підвищуючи вміст рухомих форм фосфору і калію в ґрунті [10, 11]. Це відбувається внаслідок розкладання органічної речовини в ґрунті, переведення в розчинну форму фосфатів, закріплених у фосфаті кальцію ( $\text{Ca}_3 (\text{PO}_4)_2$ ), вивільнення ретроградованого фосфору, закріпленого вторинними мінералами, та вивільнення калію з гідролуд і мінералів монтморилонітової групи. Значний вплив у вирощуванні

сіськогосподарських культур займає використання біостимуляторів. Дослідженнями понад 30-ти науково-дослідних установ НААН виявлено істотний позитивний вплив регуляторів росту рослин на культурні ценози. Доведено, що нові рістрегулюючі речовини українського виробництва за своєю ефективністю відповідають кращим світовим препаратам, а за технологічними показниками і рівнем вартості мають значні переваги. Їхнє застосування збільшує біомасу коренів, транслокацію поживних речовин і активність ґрунтових ферментів. Дія стимуляторів на ґрунті призводить до збільшення росту культур через продукування гормонів і ферментів, прискорення розкладання матеріалів лігніну ґрунту та продукування неорганічних поживних речовин для рослин [12].

Фосфорне живлення відіграє важливу роль для росту і розвитку рослин. Фосфор бере участь у багатьох життєвих процесах рослин, насамперед в енергетичному обміні – у процесі фотосинтезу, синтезу вуглеводів, білків і жирів. Хоча фосфор не входить до складу жирів, вуглеводів та й багатьох найпростіших білкових молекул рослинних клітин, утворення цих органічних сполук без його участі є неможливим. Фосфор бере участь у більшості обмінних процесів у рослинах. Енергія сонячного світла й отримана внаслідок розщеплення утворених раніше органічних сполук акумулюється в рослинах як енергія фосфатних зв'язків (в АТФ), а згодом використовується культурами для поглинання поживних елементів, росту, розвитку, синтезу нових органічних речовин та їх транспортування. Фосфор впливає на формування кореневої системи, швидкість та якість кущення, на процес засвоєння інших поживних речовин, кількість і вагу насіння, і, що особливо актуально в умовах кліматичних змін, на стійкість рослини до впливу навколишнього середовища, зокрема низьких температур, дефіциту води та зараження грибними захворюваннями.

Фосфор – один з головних елементів у живленні картоплі. Він бере участь в енергетичному обміні, процесі фотосинтезу, синтезу вуглеводів, білків і жирів, але не входить до їхнього складу. Фосфор впливає на формування кореневої системи, процес засвоєння інших елементів живлення, стійкість рослини до

впливу навколишнього середовища, зокрема низьких температур, дефіциту води та зараження грибними захворюваннями, що особливо актуально для картоплі в умовах кліматичних змін [15].

За результатами дослідження встановлено, що динаміка вмісту рухомого фосфору в ґрунті впродовж вегетаційного періоду (від фази сходів картоплі до її дозрівання) у всіх варіантах досліду характеризувалася зростанням (табл. 4.4).

Таблиця 4.4

**Вміст рухомого фосфору в орному шарі дерново-підзолистого супіщаного ґрунту за застосування біопрепаратів (середнє за 2021–2023 рр.)**

Фактор А	Фактор Б	Фаза розвитку картоплі		
		сходи	цвітіння	достигання
Фон 1. Гірчиця на сидерат з наступною її заробкою в ґрунт без біодеструктора	1. Без внесення (контроль)	154	200	231
	2. «Мікохелп» + «Агат 25К»	160	206	236
	3. «Мікохелп» + «Регоплант»	160	205	226
	4. «Мікохелп» + «Фітохелп»	158	205	232
	5. «Мікохелп» + «Стимпо»	157	197	223
Фон 2. Із деструктором	1. Без внесення (контроль)	170	198	245
	2. «Мікохелп» + «Агат 25 К»	175	211	264
	3. «Мікохелп» + «Регоплант»	177	220	252
	4. «Мікохелп» + «Фітохелп»	175	216	251
	5. «Мікохелп» + «Стимпо»	172	212	246
НІР <sub>05</sub>	фактор А	7,5	10,7	13,7
	фактор Б	11,8	16,9	21,7
	фактор АБ	16,7	23,9	30,7

Це пов'язано з впливом біотичних і абіотичних чинників в агроценозах картоплі і є закономірним. Втім, відмічено низьку ( $V = 2-4\%$ ) варіабельність

фактора ємності фосфору впродовж вегетації як на фоні з деструктором, так і без нього. Комплекс мікроорганізмів, внесений з біодеструктором «Екостерн», сприяв ефективнішій деструкції біомаси сидерату завдяки підвищенню біогенності ґрунту, що мало значний вплив на інтенсивність проходження біохімічних і фізико-хімічних процесів. У середньому на фоні з деструктором «Екостерн» (фактор «А») уміст рухомого фосфору в ґрунті підвищився на 10,1 % під час сходів культури, 4,2 % у фазу цвітіння та 9,6 % при дозріванні, порівнюючи з варіантами фону, де не вносили біодеструктор.

Вплив мікроорганізмів, внесених у передпосівну культивуацію з біопрепаратом «Мікохелп», на забезпеченість доступним фосфором можна виявити у фазу сходів культури, коли фоліарні обробки іншими препаратами ще не проводились. Загалом відмічено чітку тенденцію до розширення фактора ємності на ділянках із внесенням «Мікохелп», порівнюючи з контролем, на обох фонах деструкції, хоча різниця між варіантами не перевищувала найменшої істотної різниці. Позитивні зміни в перегрупованні фосфорного фонду ґрунту під впливом біопрепарату зумовлені дією комплексу мікроорганізмів, який входить до складу «Мікохелп», і, окрім основного призначення – пригнічення фітопатогенів та стимуляції розвитку кореневої системи, пришвидшував деструкцію рослинних решток, впливав на процеси вивільнення ретроградованого фосфору.

Вплив фоліарного внесення біопрепаратів на вміст рухомого фосфору в ґрунті можна простежити від фази цвітіння до кінця вегетації культури. У фазу цвітіння, після першого фоліарного внесення біопрепаратів (до фази цвітіння), на фоні, де не застосовувався біодеструктор, вміст рухомого фосфору залишився в межах НР05, порівнюючи з фоновим варіантом, хоча спостерігається тенденція до його підвищення. На ділянці з біодеструктором «Екостерн» позакореневе підживлення препаратами «Регоплант», «Фітохелп» у фазу цвітіння забезпечило достовірне зростання вмісту рухомого фосфору відповідно на 11 і 9 %, порівнюючи з контролем (фоном). Розширення фактора ємності рухомого фосфору в ґрунті відбулось завдяки стимулюванню фізіологічних і



біохімічних процесів у рослині, що спонукає до її тіснішої взаємодії з мікробним ценозом ґрунту. Для забезпечення елементами живлення коренева система рослин впливала на ризосферні процеси через регуляцію фізіологічної активності коренів, зокрема виділення органічних сполук (кислот, вуглеводів, ферментів та інших сигнальних молекул), вивільнення протонів або зміну окислювально-відновного потенціалу. Біохімічні процеси, які відбувалися в ґрунті за взаємодії рослина-мікробний пул, чинили значний вплив на трансформацію ґрунтових запасів елементів живлення, їх мобілізацію й ефективне використання рослинами. Особливо виражено це спостерігалось на ділянках, де мікробний ценоз формувався під дією препарату «Екостерн». У фазу дозрівання картоплі достовірного зростання фактора ємності фосфорного фонду, порівнюючи з контрольними варіантами (фонами), не виявлено.

У живленні картоплі виключно важливого значення надають калію. Саме цей елемент живлення істотно позначається не лише на рівні врожайності цієї культури, а й на якості бульб. Якщо при вирощуванні рослин картоплі калію у ґрунті недостатньо, то погіршуються смакові якості бульб, вони гірше розварюються, оскільки в них знижується кількість крохмалю тощо. За результатами досліджень встановлено, що впродовж вегетаційного періоду відбувалось зниження вмісту рухомого калію від підвищеного рівня до середнього в ґрунті усіх варіантів. Від фази сходів до фази цвітіння зниження кількості рухомого калію було незначним, рівень забезпеченості не змінився, перебуваючи в межах підвищених значень. Збільшення споживання калію рослинами картоплі в період формування бульб спричинило звуження фактора ємності з підвищеного рівня у фазу цвітіння до середнього у фазу дозрівання на всіх варіантах дослідження на обох фонах деструкції. Виявлено, що за застосування біодеструктора вміст рухомого калію в ґрунті істотно підвищується, порівнюючи з фоном, де його не вносили. У середньому за фактором «А» фон із препаратом «Екостерн» підвищив уміст рухомого калію у ґрунті на 9,0 % під час сходів культури і цвітіння та на 8,0 % у період дозрівання, порівнюючи з варіантами фону, де не вносився біодеструктор (табл. 4.5). Зростання вмісту рухомого калію

було невисоким, оскільки дерново-підзолистий ґрунт має низький вміст мулистих часток, що визначає кількість необмінно фіксованих форм калію як джерела поповнення його рухомих форм.

За результатами досліджень встановлено, що впродовж вегетаційного періоду відбувалось зниження вмісту рухомого калію від високого рівня до підвищеного в ґрунті усіх варіантів. Від фази сходів до фази цвітіння зниження кількості рухомого калію було незначним, а рівень забезпеченості ним не змінився, перебуваючи в межах високих значень. Збільшення споживання калію рослинами картоплі в період формування бульб спричинило звуження фактора ємності з високого рівня у фазу цвітіння до підвищеного (фаза дозрівання) у всіх варіантах досліді на обох фонах деструкції.

Таблиця 4.5

**Вміст рухомого калію в орному шарі дерново-підзолистого супіщаного ґрунту за застосування біопрепаратів (середнє за 2021–2023 рр.)**

Фактор А	Фактор Б	Фаза розвитку картоплі		
		сходи	цвітіння	достигання
Фон 1	1. Без внесення (контроль)	126	122	105
	2. «Мікохелп» + «Агат 25К»	128	120	105
	3. «Мікохелп» + «Регоплант»	128	126	110
	4. «Мікохелп» + «Фітохелп»	128	118	105
	5. «Мікохелп» + «Стимпо»	127	115	102
Фон 2	1. Без внесення (контроль)	136	136	116
	2. «Мікохелп» + «Агат 25 К»	139	127	114
	3. «Мікохелп» + «Регоплант»	140	136	120
	4. «Мікохелп» + «Фітохелп»	140	131	112
	5. «Мікохелп» + «Стимпо»	140	127	108
НІР05	фактор А	5,2	7,3	5,6
	фактор Б	8,2	11,5	8,9
	фактор АБ	11,6	16,3	12,5

Слід відмітити, що за внесення у передпосівну культивуацію мікроорганізмів з біопрепаратом «Мікохелп» зміна вмісту рухомого калію у фазу сходів картоплі не була істотною, порівнюючи з контролем, як на фоні внесення «Екостерну», так і без деструктора. Це пов'язано з основною дією цього препарату, яка спрямована на пригнічення розвитку фітопатогенів і стимуляцію розвитку кореневої системи. Але простежується тенденція до підвищення доступності калію завдяки роботі мікробного пулу, що підсилювався мікроорганізмами, внесеними з біопрепаратом, які в процесі своєї життєдіяльності виділяють метаболіти (антибіотики, ферменти, вітаміни, карбонові кислоти, полімерні сполуки та ін.), сприяючи вивільненню необмінно фіксованого калію. У фазу цвітіння, після першого фоліарного внесення біопрепаратів, достовірна різниця між контролем та іншими варіантами була відсутня, хоча спостерігається тенденція зниження показника у більшості варіантів. Винятком був варіант 3, де вносився стимулятор росту «Регоплант». Тенденції зміни забезпеченості рослин обмінним калієм були однаковими за обох фонів деструкції. Імовірно, звуження фактора ємності калію в ґрунті відбувалося під впливом стимулювання фізіологічних і біохімічних процесів у рослинах, що спонукало їх до інтенсивнішого росту та збільшення потреби в поживних елементах, тіснішої взаємодії з мікробним ценозом ґрунту. Ріст коренів і ризосферні процеси чинили значний вплив на трансформацію ґрунтових запасів елементів живлення, їх мобілізацію й ефективніше засвоєння рослинами. У міру росту і розвитку рослин картоплі потреба в забезпеченні елементами живлення зростає, особливо калію, тому що картопля є калієфільною культурою. У фазу дозрівання культури за фоліарного внесення біопрепаратів спостерігається тенденція до зниження вмісту рухомої форми калію в ґрунті (в межах НР<sub>05</sub>), порівнюючи з контролем у більшості варіантів дослідів, на обох фонах деструкції. Це пов'язано з інтенсивнішим використанням калію для формування урожаю.

#### 4.2. Зміна агрофізичних показників дерново-підзолистого ґрунту під впливом біопрепаратів

За результатами дослідження встановлено, що фізичні властивості дерново-підзолистого ґрунту під впливом біопрепаратів дещо поліпшуються. Так, застосування біодеструктора «Екостерн» мало вплив на структурно-агрегатний стан ґрунту, вміст агрегатів оптимального розміру зростав на 0,8 %, порівнюючи з контрольним варіантом (табл. 4.6).

Таблиця 4.6

**Зміни вмісту агрегатів розміром 0,25–10 мм  
у дерново-підзолистому ґрунті за застосування біопрепаратів**

Фактор А	Фактор Б	Вміст агрегатів розміром 0,25–10 мм, %			
		у 2021 році	у 2022 році	у 2023 році	середнє
Фон 1. Без біодеструктора	1. Без внесення біопрепарату (контроль)	51,12	50,78	51,4	51,1
	2. «Мікохелп» + «Агат 25К»	51,31	50,79	51,5	51,2
	3. «Мікохелп» + «Регоплант»	51,31	50,79	51,5	51,2
	4. «Мікохелп» + «Фітохелп»	51,32	50,78	51,5	51,2
	5. «Мікохелп» + «Стимпо»	51,35	50,75	51,5	51,2
Фон 2. Із біодеструктором «Екостерн» (1,2 л/га)	1. Без внесення біопрепарату (контроль)	52,1	51,4	52,2	51,9
	2. «Мікохелп» + «Агат 25 К»	52,2	51,3	52,2	51,9
	3. «Мікохелп» + «Регоплант»	52,95	49,1	53,65	51,9
	4. «Мікохелп» + «Фітохелп»	52	49,7	54	51,9
	5. «Мікохелп + Стимпо	51,98	49,83	53,89	51,9

Загальна шпаруватість належить до загальних фізичних властивостей, і біопрепарати не мали впливу на загальну шпаруватість (табл. 4.7).

**Загальна шпаруватість дерново-підзолистого ґрунту  
за застосування біопрепаратів**

Фактор А	Фактор Б	Загальна шпаруватість, %			
		у 2021 році	у 2022 році	у 2023 році	середнє
Фон 1. Без біодеструктора	1. Без внесення біопрепарату (контроль)	43,68	43,82	44,66	44,06
	2. «Мікохелп» + «Агат 25К»	44,08	44,3	44,35	44,24
	3. «Мікохелп» + «Регоплант»	44,87	43,63	44,22	44,24
	4. «Мікохелп» + «Фітохелп»	44,62	44,79	43,28	44,24
	5. «Мікохелп» + «Стимпо»	43,26	44,99	44,45	44,24
Фон 2. Із біодеструктором «Екостерн» (1,2 л/га)	1. Без внесення біопрепарату (контроль)	44,41	44,41	44,43	44,39
	2. «Мікохелп» + «Агат 25 К»	42,97	45,73	44,5	44,39
	3. «Мікохелп» + «Регоплант»	44,62	44,41	44,22	44,39
	4. «Мікохелп» + «Фітохелп»	42,97	45,65	44,58	44,39
	5. «Мікохелп» + «Стимпо»	42,53	45,34	45,29	44,39

Позитивні зміни структурно-агрегатного стану ґрунту мали вплив на його водно-повітряний режим. Так, за застосування біодеструктора «Екостерн» простежується тенденція до підвищення загальної шпаруватості та шпаруватості аерації, при цьому капілярна вологемність зростає на 2,3 %, а повна вологемність – на 0,7 %, порівнюючи з контрольним варіантом (табл. 4.8). Застосування біопрепарату «Мікохелп» і фоліарні внесення біопрепаратів на фоні, де не застосовувався біодеструктор, мали тенденцію до підвищення капілярної та повної вологемності ґрунту, а на фоні, де застосовувався біодеструктор «Екостерн», такого поліпшення агрофізичних властивостей не спостерігалось.

## Повітряний і водний режими ґрунту за застосування біопрепаратів

Фактор А	Фактор Б	Загальна шпаруватість, %	Шпаруватість аерації, %	Капілярна вологоємність, %	Повна вологоємність, %
Фон 1. Без біо-деструк-гора	1. Без внесення біопрепарату (контроль)	45,53	44,06	28,8	32,52
	2. «Мікохелп» + «Агат 25К»	45,70	44,24	28,9	32,88
	3. «Мікохелп» + «Регоплант»	45,70	44,24	28,9	32,88
	4. «Мікохелп» + «Фітохелп»	45,70	44,24	28,9	32,88
	5. «Мікохелп» + «Стимпо»	45,70	44,24	28,9	32,88
Фон 2. Із біо-деструк-гором «Екостерн» (1,2 л/га)	1. Без внесення біопрепарату (контроль)	45,88	44,39	31,1	33,25
	2. «Мікохелп» + «Агат 25 К»	45,88	44,39	31,1	33,25
	3. «Мікохелп» + «Регоплант»	45,88	44,39	31,1	33,25
	4. «Мікохелп» + «Фітохелп»	45,88	44,39	31,1	33,25
	5. «Мікохелп» + «Стимпо»	45,88	44,39	31,1	33,25
НІР <sub>05</sub> Фактор А		0,73	0,74	2,66	0,89
Фактор В		1,15	1,18	4,21	1,41
Фактор АВ		1,63	1,66	5,95	2,00

В органічній технології вирощування картоплі застосування біодеструктора «Екостерн» поліпшує структурно-агрегатний стан ґрунту, знижуючи щільність твердої фази, щільність будови ґрунту та поліпшує його водно-повітряний режим. Це має значний вплив на мікробіологічну складову та проходження обмінних процесів у ґрунті. Завдяки позитивним змінам поліпшуються живлення [7], ріст і розвиток рослин, підвищується урожайність картоплі.

#### Висновки до розділу 4

1. В умовах Західного Полісся за органічної сівозміни на дерново-підзолистому ґрунті застосування біодеструктора «Екостерн» і заробляння сидерату гірчиці білої як попередника картоплі дозволяє підвищити уміст рухомого фосфору в ґрунті на 10 %, рухомого калію на 9–11 % і веде до зменшення кислотності: показник рН збільшився на 0,4–0,7, порівнюючи з варіантами фону, де не вносився біодеструктор.

2. Ґрунтове застосування біопрепарату «Мікохелп» і фоліарне застосування «Агату – 25 К», «Регоплант», «Фітохелп» та «Стимпо» істотно не впливало на вміст рухомих сполук фосфору та калію в ґрунті.

3. Внесення в ґрунт біодеструктора та триразове фоліарне внесення біопрепаратів достовірно не вплинули на вміст гумусу в дерново-підзолистому ґрунті, різниця була в межах помилки дослідів.

4. Математично достовірне зниження мінерального азоту було відмічено у варіанті 5, де проводилося фоліарне підживлення біопрепаратом «Стимпо» і складало 16,8 мг/кг ґрунту за рівня на контролі 20,6 мг/кг ґрунту.

5. Застосовувався біодеструктора «Екостерн» не призвело до суттєвого поліпшення агрофізичних властивостей і водно-фізичних властивостей дерново-підзолистого ґрунту.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 4**

1. Arafa A., Farouk S., Mohamed H. Effect of potassium fertilizer, biostimulants and effective microorganisms as well as their interactions on potato growth, photosynthetic pigments and stem anatomy. *Journal Plant Production, Mansoura University*. 2011. Vol. 2, № 8. P. 1017–1035.
2. Impact of potash mobilizing bacteria (KMB- seed treatment) on yield of potato crop / Badoni A., Chamoli V., Chandra M., Murugalatha N. *International Journal of Advanced Biological Research*. 2017. Vol. 7. № 3. P. 571–573.
3. Kaur G., Reddy M. S. Influence of P-solubilizing bacteria on crop yield and soil fertility at multilocational sites. *European Journal of Soil Biology*. 2014. Vol. 61. P. 35–40.
4. Kołodziejczyk M. Effectiveness of nitrogen fertilization and application of microbial preparations in potato cultivation. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 2014. Vol. 38. P. 299–310.
5. Phosphorus availability, root exudates, and microbial activity in the rhizosphere / Schilling G. et al. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*. 1998. Vol. 161. P. 465–478.
6. Rock phosphate-potassium and rocksolubilising bacteria as alternative, sustainable fertilisers / Non Renseigné, Hyo Shim Han, Jae Sung Jung, Kyung Dong Lee. *Agronomy for Sustainable Development*. 2006. Vol. 26, № 4, P. 233–240.
7. Towards Better Understanding of the Interactions and Efficient Application of Plant Beneficial Prebiotics, Probiotics, Postbiotics and Synbiotics / Vassileva M., FlorPeregrin E., Malusá E., Vassilev N. *Frontiers in Plant Science*. 2020. Vol. 11. P. 1068.
8. Vessey J. K. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilisers. *Plant Soil*. 2003. Vol. 255. P. 571–586.
9. 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: V Міжнародна науково-практична інтернет-конференція : м. Дніпро, 7–8 лютого 2019 року : тези доповіді. Дніпро, 2019. С. 202–206.

10. Козар С. Ф. Біологічна ефективність комплексного застосування мікробних препаратів. Міжвідомчий тематичний науковий збірник. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2005. Вип. 1–2. С. 86–94.

11. Лабільні органічні речовини як основа родючості чорноземів і продуктивності агроценозів / Балаєв А. Д., Тонха О. Л., Піковська О. В., Демиденко О. В. Київ : НУБіП України, 2019. 144 с.

12. Мікроорганізми і альтернативне землеробство / Патики В. П. та ін.; за ред. Патики В. П. Київ : Урожай, 1993. 176 с.

13. Функціонування мікробних ценозів в умовах антропогенного навантаження / Андреюк К. І. та ін. Київ : Обереги, 2001. 240 с.

14. Хоменко Т. О. Оцінка впливу біодеструктора на біологічне різноманіття ґрунту в умовах Західного Полісся. Інноваційні екологічнобезпечні технології рослинництва в умовах воєнного стану: II Всеукраїнська науково-практична конференція : м. Київ, 31 серпня 2023 року : тези доповіді. Київ, 2023. С. 178.

15. Хоменко Т. О. Фактор ємності фосфорного фонду дерново-підзолистого ґрунту за внесення біопрепаратів в органічній сівозміні. Шляхи інноваційного розвитку агровиробництва в Україні : Всеукраїнська науково-практична конференція, м. Рівне, 15 червня 2022 року. С. 14.

16. Хоменко Т., Пузняк О. Вплив біопрепаратів на агрофізичні властивості дерново-підзолистого ґрунту в органічній сівозміні. Державна наукова установа «Український науково-дослідний інститут прогнозування та випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва імені Леоніда Погорілого» (УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого), 2023. С. 178.

17. Тимко Л. В., Фурдига М. М., Верменко Ю. Я. Адаптивні властивості різних сортів картоплі в умовах Правобережного Полісся України. *Plant Varieties Studying and protection*. 2018. № 2. С. 224–229.

18. Цюк О. А., Центило Л. В., Мельник В. І. Зміни агрофізичних властивостей чорнозему типового під впливом застосування добрив і обробітку ґрунту. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2021. Вип. 5. URL: <https://doi.org/10.31548/dopovidi2021.05.007>.

**РОЗДІЛ 5****ОЦІНКА ВПЛИВУ ОРГАНІЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ  
НА ҐРУНТИ І ПРОДУКТИВНІСТЬ КАРТОПЛІ**

Європейська й українська спільноти і науковці шукають нові стратегії для зменшення впливу на навколишнє середовище та викидів вуглецю, покращення якості ґрунту та забезпечення основного доходу. Отже, за визначенням Madhu та ін. (2023), зростає інтерес до диверсифікованих, інтегрованих та альтернативних систем вирощування культур, що призводить до збільшення вмісту органічного вуглецю в ґрунті (SOC) [1], покращення здоров'я ґрунту і якості сільськогосподарської продукції [2], зменшення серйозних фінансових ризиків, збільшення врожайності [3] і зменшення, за дослідженнями Davis та ін. (2012), небезпечних зовнішніх впливів на навколишнє середовище [5].

За органічного землеробства хімічні пестициди замінюють на біопестициди з різним типом живих організмів. За визначенням Агентства з охорони навколишнього середовища (EPA), біопестициди «включають природні речовини, які контролюють шкідників (біохімічні пестициди), мікроорганізми, які контролюють шкідників (мікробні пестициди), і пестицидні речовини, вироблені рослинами, які містять доданий генетичний матеріал (засоби захисту, що містяться в рослинах) або PIP)». Біопестициди є життєздатною альтернативою традиційним пестицидам, оскільки вони недорогі, знищують вибірково і безпечні для нецільових організмів. Завдяки своїй здатності до біологічного розкладання вони не завдають шкоди навколишньому середовищу й абсолютно не забруднюють його. Хімічні пестициди, з іншого боку, є непомірно дорогими, порівнюючи з їхніми біопестицидами.

Застосування органічного землеробства, за даними Freibauer et al. (2004), покращує структуру ґрунту (ємність для утримання води, інфільтрацію води, стабільність агрегатів), здатність до катіонного обміну, біологічні властивості ґрунту, як-от збільшення складу поживних речовин, кругообіг води, зменшення деяких ґрунтових патогенів, та покращують хімічні властивості ґрунту, як,

наприклад, зниження його кислотності [6]. Водночас, за дослідженнями Fernandez et al. (2016), SOC зростає швидше за органічне землеробство, ніж за оранки надходжень [7]. Дослідженнями Messmer et al. (2012) було показано, що протягом чотирьох років органічна речовина (SOC) збільшилась на 44 % у шарі ґрунту 0–15 см, а при використанні традиційного обробітку ґрунту збільшились лише на 16 % [8]. Іншим важливим компонентом SOC є обробка ґрунту (Gattinger та ін., 2012).

Аналіз дослідження Lee et al. (2015) показав, що застосування органічного землеробства і біостимуляторів призводить до менших викидів парникових газів і є більш ефективними, порівнюючи з традиційним [9]. Поширення органічного землеробства в основному залежатиме від його здатності конкурувати з традиційними системами землеробства, урожайністю сільськогосподарських культур і різними обмеженнями з погляду технічної інфраструктури та ринку, вимог щодо сертифіката, методів виробництва та різноманітної державної політики (Forster та ін., 2013) [10–14].

Отже, технології органічного землеробства важливі для отримання якісної продукції, зменшення парникових газів і впливу на навколишнє середовище. Але вони потребують удосконалення за зменшення шкодочинності організмів, поширення хвороб і збільшення урожайності.

### **5.1. Морфолого-генетична оцінка ґрунтів за різних технологій вирощування**

Хоча профіль ґрунту формується більш ніж за 1000 років, важливим елементом ґрунтових досліджень є морфолого-генетичні дослідження ґрунтів. На усіх ділянках (переліг – рис. 5.1, інтенсивне землеробство – рис. 5.2, органічне землеробство – рис. 5.3) сформувався дерново-підзолистий легкосуглинковий ґрунт на флювіогляційних відкладах, які підстилаються карбонатним мергелем.

Профіль № 1 на перелозі наведено нижче (рис. 5.1).



HE (6–38 см) – світло-сірий, неоднорідний, слабоплямистий, дрібноплямистий, свіжий, легкосуглинковий, горіхувато-грудкувата, слабка структурованість, пухкий, багато тонкого коріння, корені в основному живі, перехід ясний, хвилястий.

Eh (38–49 см) – білястий, неоднорідний, плямистий, дрібноплямистий, сірі плями, легкосуглинковий, слабка структурованість, слабоущільнений, багато тонкого коріння, корені в основному живі, слабозкладені корені дерев, перехід ясний, хвилястий.

I (46–85) – бурий, неоднорідний, плямистий, дрібноплямистий, плями світло-жовтувато-бурі і темно сірі, свіжий, важкий суглинок, сланцювато-пластинчаста, ущільнений, затьоки гумусу і на півтора окислів алюмінію і заліза, перехід поступовий.

Ip (85–135 см) – світло-сірувато-бурий, в нижній частині зі світло-жовтими прошарками піску, середній суглинок у верхній частині і легкий суглинок у нижній частині профілю, різкий прямий перехід.

Rk (135–165 см) – світло-бурувато-жовтий, слабоплямистий, світло-буруваті плями, свіжий, флювіогляційні відклади піщані, пісок.

Rfkg1 (165 см і глибше) – темно-буро-жовті (залізисті) потужністю 1–3 см прошарки і ширші сірувато-сізі прошарки з бурими (залізистими) плямами, мергель оглесений.

Рис. 5.1. Профіль № 1, перелоги

Профіль № 2 (рис. 5.2) за інтенсивного землеробства під картоплю описано нижче.



Рис. 5.2. Профіль № 2, інтенсивне землеробство

HE (3–30 см) – світло-сірий, колір однорідний, свіжий, легкосуглинковий, горіхувато-грудкувата, слабка структурованість, пухкий до 15–20 см, ущільнений на 15–30 см, багато тонкого коріння, корені в основному живі, перехід ясний, хвилястий.

Eh (30–42 см) – білястий, неоднорідний, слабоплямистий, легкосуглинковий, слабка структурованість, слабоущільнений, багато тонкого коріння, мало тонкого коріння, перехід ясний, язичуватий.

I (42–70 см) – бурий, неоднорідний, середньоплямистий, свіжий, середній суглинок, сланцювато-пластинчаста, ущільнений, затьоки гумусу і на півтора окислів алюмінію і заліза, перехід поступовий.

Ip (70–105 см) – світло-сірувато-бурий, у нижній частині зі світло-жовтими прошарками піску, середній суглинок у верхній частині і легкий суглинок у нижній частині профілю, різкий прямий перехід.

Rk (105–170 см) – світло-бурувато-жовтий, слабоплямистий, світло-буруваті плями, свіжий, флювіогляційні відклади піщані, пісок.

Rfkg1 (170 см і глибше) – неоднорідний, перемежуються білувато-сірі, жовті прошарки потужністю 3–10 см і темно-буро-жовті (залізисті) прошарки потужністю 1–3 см, свіжий, глина сланцева. Дерново-підзолистий легкосуглинковий на флювіогляційних відкладах, які підстилаються мергелем.

## Профіль № 3 (рис. 5.3) за органічного землеробства.



HE (3–30 см) світло-бурувато-сірий, колір однорідний, свіжий, легкий суглинок, горіхувато-дрібнотрудкувата, пухкий до 15–20 см, ущільнений на 15–30 см, багато тонкого коріння, корені в основному живі, перехід різкий хвилястий.

Eh (30–50 см) – білястий, неоднорідний, легкосуглинковий, слабка структурованість, слабоущільнений, багато тонкого коріння, перехід ясний, язичкуватий.

I (50–65 см) – світло-бурий, неоднорідний, середньоплямистий, свіжий, важкий суглинок, сланцювато-пластинчаста, ущільнений, затьоки гумусу і на півтора окислів алюмінію і заліза, перехід поступовий.

Ip (65–95 см) – світло-жовтувато-бурий, у нижній частині зі світло-жовтими прошарками піску, легкий суглинок у верхній частині та легкий суглинок у нижній частині профілю, різкий прямий перехід.

Rk (95–165 см) – світло-бурувато-жовтий, слабоплямистий, світло-буруваті плями, свіжий, флювіогляційні відклади піщані, шарами супісок і важкий суглинок.

Рис. 5.3. Профіль № 3, органічне землеробство

Rfkg1 (165 см і глибше) – неоднорідний, перемежуються білувато-сірі, жовті прошарки потужністю 3–10 см і темно-буро-жовті (залізисті) прошарки потужністю 1–3 см, свіжий, глина сланцева.

Отже, як на перелозі, так і за інтенсивного й органічного землеробства сформувались дерново-підзолисті ґрунти, але на перелозі верхній (гумусово-елювіальний) горизонт більший.

Коренева система рослин на перелозі стабілізує реакцію ґрунтового середовища (рис. 5.4) у верхньому шарі, порівнюючи з оброблюваними ділянками, де показники різко кислі (4,6–4,8 од. рН).

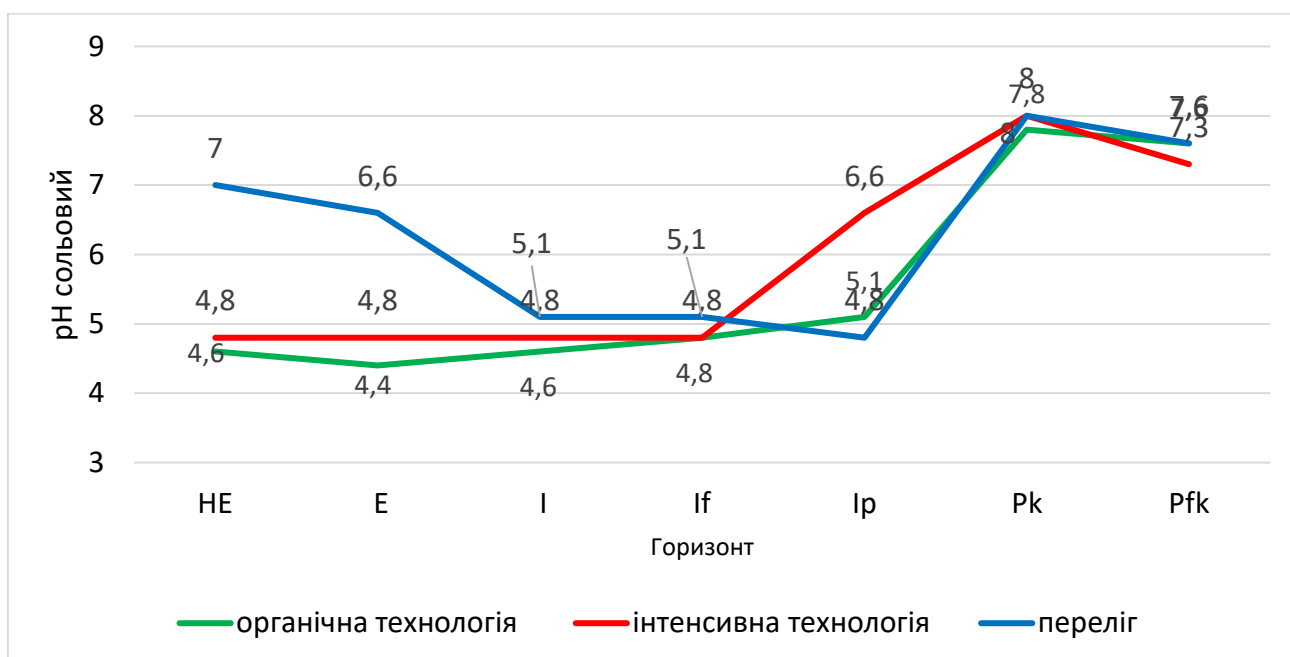


Рис. 5.4. Вплив технології вирощування картоплі на реакцію ґрунтового середовища за профілем дерново-підзолистого ґрунту

Вміст гумусу на перелозі більший у 2 рази, якщо порівняти з оброблюваними ділянками, і становить 2,23 % (рис. 5.5). Різниця між інтенсивною та органічною технологіями за вмістом гумусу не перевищувала 5 %.

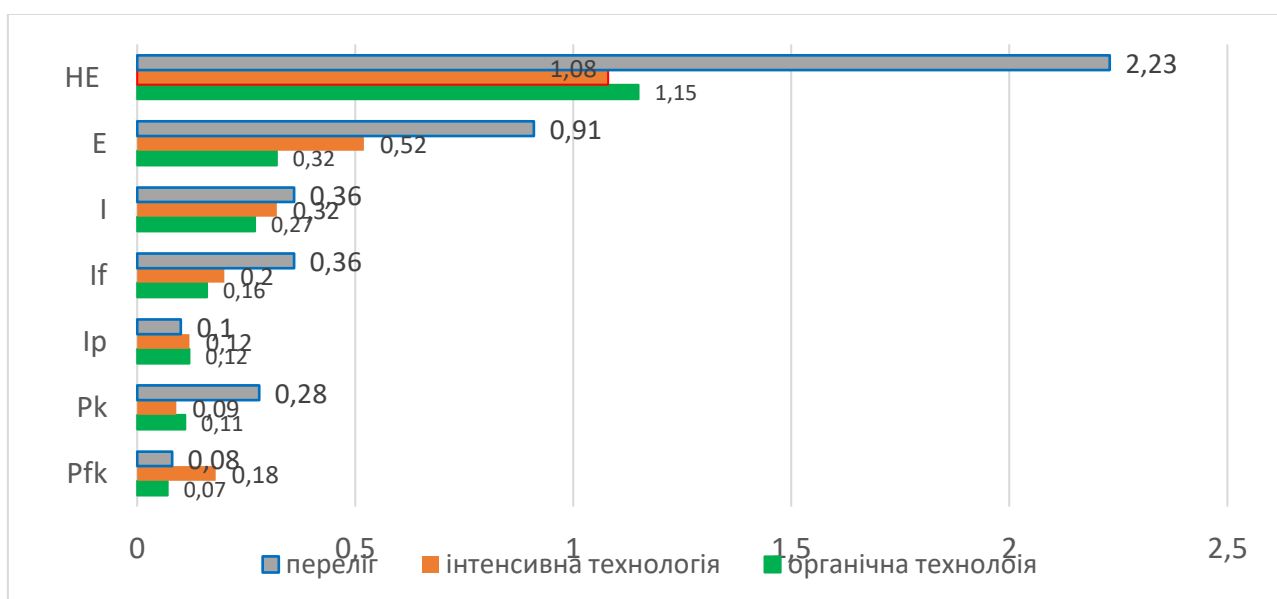


Рис. 5.5. Вміст гумусу на перелозі й оброблюваних ділянках дерново-підзолистого ґрунту



Профіль спадаючий, з різким зменшенням вмісту гумусу в елювіальному і наступних горизонтах. Вміст лужногідролізованого азоту, рухомого фосфору і калію також найвищий на перелозі (рис. 5.6–5.8). Вміст рухомого калію в гумусоелювіальному горизонті за використання органічного землеробства був на 46 % вищим, ніж за використання інтенсивних технологій.

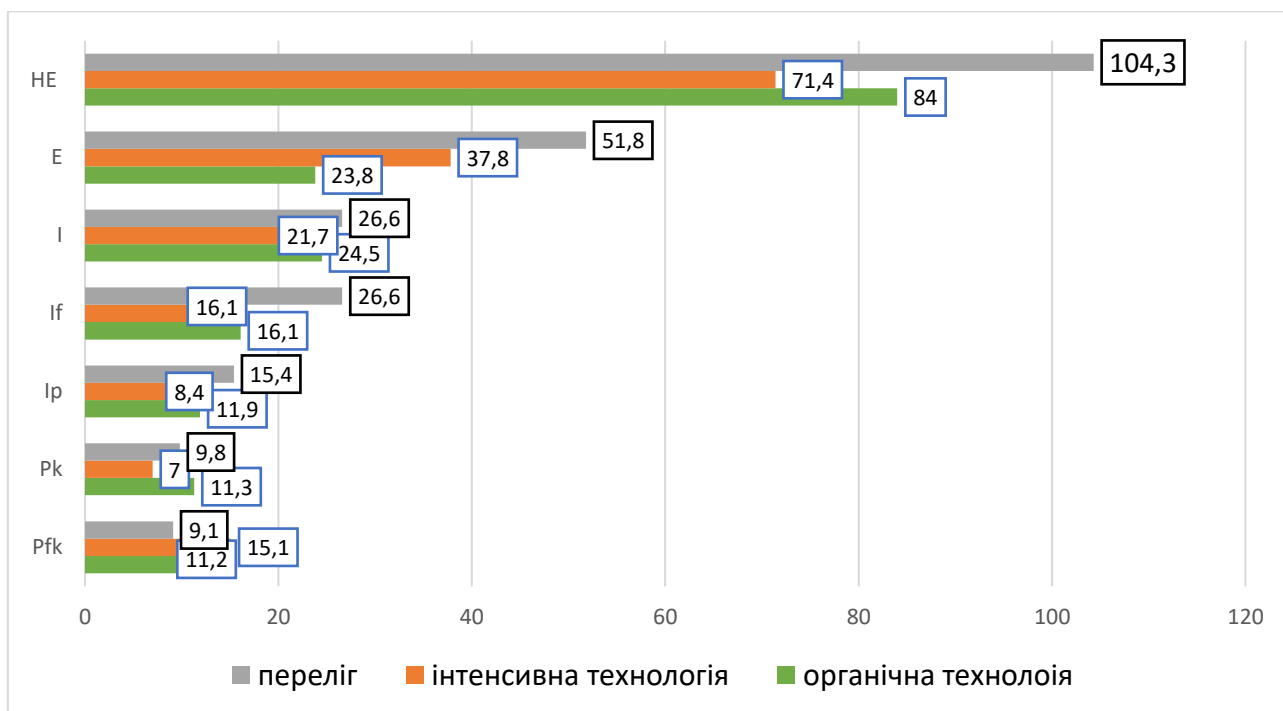


Рис. 5.6. Вплив технології вирощування картоплі на вміст лужногідролізованого азоту в профілі дерново-підзолистого ґрунту, мг/кг

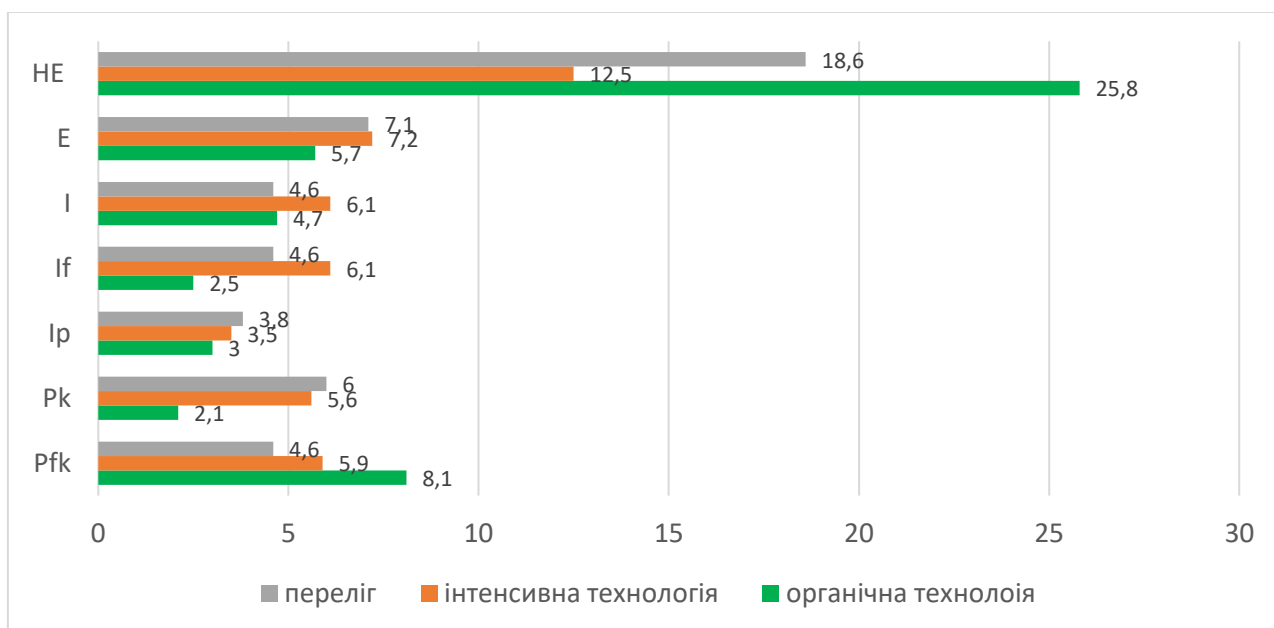


Рис. 5.7. Вплив технології вирощування картоплі на вміст мінерального азоту в профілі дерново-підзолистого ґрунту

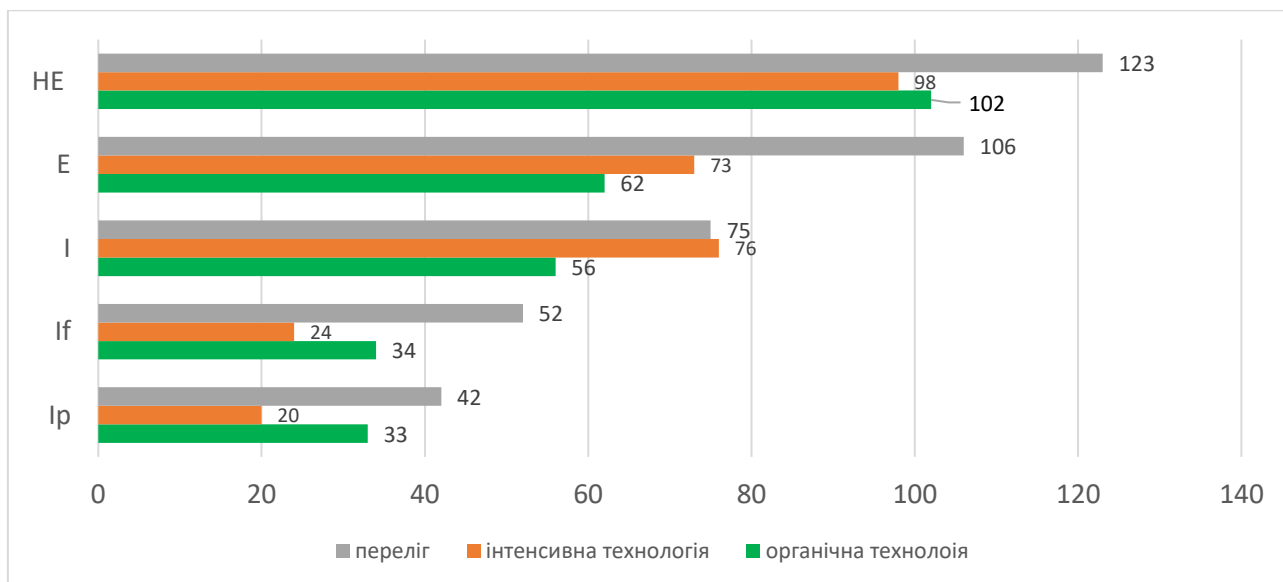


Рис. 5.8. Вплив технології вирощування картоплі на вміст рухомого фосфору в профілі дерново-підзолистого ґрунту, мг/кг

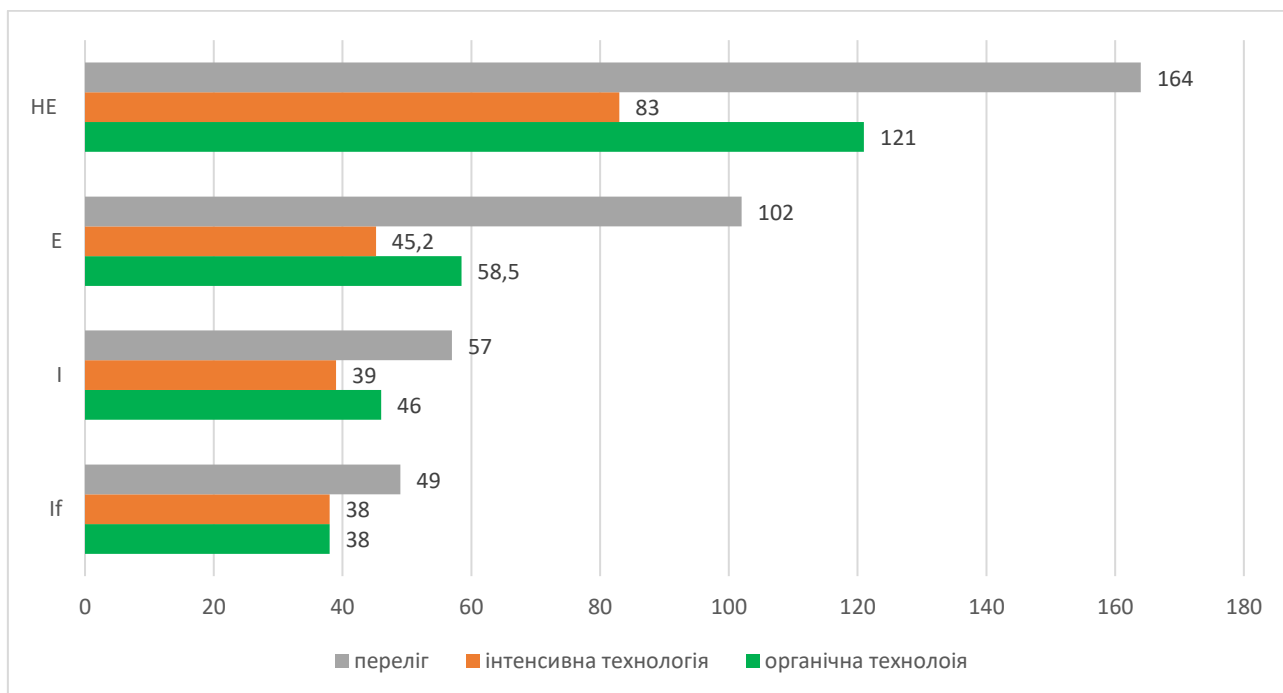


Рис. 5.9. Вплив технології вирощування картоплі на вміст рухомого калію в профілі дерново-підзолистого ґрунту

Отже, на перелозі формується більш розвинутий профіль із потужнішим гумусово-елювіальним горизонтом, реакція ґрунтового середовища стає близькою до нейтральної, збільшуються на 106 % вміст гумусу і забезпечення елементами живлення. Застосування органічного землеробства сприяло збільшенню рухомих форм калію за інтенсивної технології на 46 %.

## **5.2. Оцінка біологічної активності дерново-підзолистого ґрунту за застосування органічних технологій вирощування картоплі**

Інтенсивне агровиробництво (обробіток ґрунту, удобрення, пестициди, регулятори та стимулятори росту рослин тощо) призводить до зниження продуктивності земельних ресурсів, розвитку деградаційних процесів у ґрунтах, порушення структурно-функціональних зв'язків між окремими об'єктами агроєкосистеми. Під впливом цих процесів структура мікробіоти ґрунту трансформується в часі, на це накладається сезонна динаміка та сукцесійні зміни кількісного і якісного складу, спрямованості й інтенсивності мікробних процесів [19, 20].

Трендом останніх років, за дослідженнями Wang та ін. (2023), є екологізація землеробства, яка передбачає заборону застосування мінеральних добрив і хімічних засобів, раціональне використання природних ресурсів. За таких умов відбувається відновлення біологічної активності ґрунту, збільшення вмісту органічної речовини, азоту і фосфору [22, 35]. Потреба культур в елементах живлення забезпечується завдяки родючості ґрунту та використанню мікробіологічних препаратів, стимуляторів росту.

При цьому важливо оцінити біологічну активність ґрунту за органічних технологій вирощування картоплі й підібрати заходи із забезпечення формування максимальної біопродуктивності. Ґрунт є основним самовідновлюваним ресурсом, в якому формується біологічне різноманіття живих організмів. За дбайливого й оптимізованого його використання можна без зайвих витрат збільшити врожайність і поліпшити якість вирощеної продукції [23].

Важливою складовою ґрунту, яка сприяє його здоров'ю є мікроорганізми. Ґрунтова мікробіота відіграє фундаментальну роль у постачанні екосистеми і є відповідальною за виконання багатьох важливих функцій, серед яких вивільнення поживних речовин з органічної речовини ґрунту, формування та підтримання структури ґрунту, вплив на хімізм і родючість ґрунту [15–21].

Мікробні угруповання ґрунту є складними системами організмів які взаємодіють між собою, надзвичайно різноманітними й численними за кількістю видів, функціональною складовою та екологічною роллю в навколишньому природному середовищі [24].

За впливу природних та антропогенних чинників ґрунтовий мікробіом постійно перебуває в динаміці, внаслідок чого відбувається зміна біорізноманіття, його структури, швидкості та вектора біохімічних процесів, які вони здійснюють. Використання земель як сільськогосподарських угідь супроводжується багаторазовими механічними обробками та проходами важкої енергонасиченої техніки, водно-хімічними меліораціями й іншими техногенними навантаженнями, що призводять до фізичної деградації – переуцільнення ґрунту, а це спричиняє порушення в роботі ґрунтових мікроорганізмів [25].

Для підтримки біологічної активності ґрунту, яка є визначальним показником екологічного стану агроєкосистем, активно впроваджуються елементи біологізації, серед яких внесення органічних добрив, застосування сидератів, підбір сівозмін і внесення біопрепаратів на основі мікроорганізмів [25–27]. Одним із основних елементів біологізації сучасного землеробства є застосування біодобрив, основу яких складають живі культури і продукти метаболізму мікроорганізмів. Вони екологічно безпечні, оскільки створені на основі мікроорганізмів і виділені із природних об'єктів [28, 40-43].

На сьогодні в Україні розроблено широкий спектр біологічних препаратів на основі корисних мікроорганізмів з різними механізмами дії, зростає кількість пропонувананих біологічних препаратів, спрямованих на підвищення родючості ґрунту, захист від шкідників та отримання високих врожаїв [27, 29, 30].

Дослідженнями Гончар та ін. показано позитивний вплив бактерій *Bacillus subtilis* на фотосинтетичний апарат пшениці озимої, стимуляцію системи життєдіяльності рослин, виявлення фосфатазної активності, фіксацію азоту атмосфери, покращення фітосанітарних умов вирощування і гальмування розвитку фітопатогенних мікроорганізмів [29].

У наукових працях Сметанко О. В., 2018 представлено, що застосування біопрепаратів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур сприяє зниженню норм мінеральних добрив, зростанню продуктивності рослин, поліпшенню якості продукції [32].

Робота Козар С. Ф. (2005) демонструє дані щодо збільшення популяції основних еколого-трофічних груп мікроорганізмів і поліпшення поживного режиму ґрунту внаслідок використання біологічних препаратів у технології вирощування зернових культур [33]. Біологічні препарати містять живі бактерії, які здатні розмножуватися в ґрунті та на коренях рослин, поліпшують їхній ріст і розвиток, підвищують врожайність та якість зерна [27, 28–31].

Застосування корисного фітомікробіому в ґрунт, за дослідженням Yang et al. (2020), сприяло підвищенню врожайності пшениці та дало змогу зменшити кількість хімічних добрив, підвищити доступність фосфору та калію в ґрунті [36]. У науковій роботі Erdemci (2021) продемонстрував, що інокуляція насіння пшениці корисними штамми мікроорганізмів призвела до покращення її росту і збільшення врожайності. Також за використання біодобрив отримано зменшення патогенної мікрофлори в посівах рису, пшениці та кукурудзи [37]. Однак, за дослідженнями Vessey (2003), незважаючи на те, що екзогенні мікробні інокуляції збільшують вміст поживних речовин у ґрунті до 90 днів, їхній сприятливий вплив може зменшитися з часом [38].

Як відомо, біологічний потенціал сільськогосподарських культур оптимально реалізовується залежно від того, наскільки задовольняються їхні потреби в елементах живлення, теплі, волозі тощо. З огляду на погіршення клімату останніми роками для підвищення продуктивності зернових та інших культур необхідно розробити такі прийоми, які б давали змогу підвищувати інтенсивність технологій вирощування відповідно до вимог культури з урахуванням ґрунтових і погодно-кліматичних умов [20].

Отже, зважаючи на актуальність і нагальність питання збереження здоров'я ґрунту, оптимізації ґрунтових процесів, підтримки ґрунтового біорізноманіття у процесі проведення дисертаційних досліджень було вивчено

вплив біодеструктора «Екостерн класичний» в органічній технології вирощування картоплі в умовах Західного Полісся на числовий індекс активності та біорізноманіття ґрунтових мікроорганізмів.

Індекс Biotrex є показником як активності, так і біорізноманіття мікробіому. Інтерпретація індексу здійснюється разом з екофізіологічним індексом біорізноманіття. Для кожного показника Biotrex існує очікуваний діапазон біорізноманіття – бали мікробної ефективності: 410,000–500,000 – дуже високий, 320,000–410,000 – високий, 260,000–320,000 – помірний, 200,000–260,000 – низький, 140,000–200,000 – дуже низький. Індекс екофізіологічного різноманіття характеризує рівномірність використання субстрату з лунок пластини мікроорганізмами, походить від відомого індексу Шеннона. Чим вище число, тим рівномірніше субстрати споживаються мікробіомом. Максимальний індекс – 10, але це не можливо в природному ґрунті, оскільки відображає ідеальне використання всіх субстратів. Якщо субстрат (ґрунт) не використовується, індекс дорівнюватиме 0 (стерильний ґрунт). Загальний науковий консенсус полягає в тому, що чим більший індекс різноманітності, тим стабільнішим, стійкішим і здоровішим є мікробіом ґрунту.

Згідно з результатами тесту Biotrex було відмічено збільшення біорізноманіття ґрунтів за застосування препарату «Екостерн». У зразках ґрунту № 1 (без «Екостерн») індекс екофізіологічного різноманіття становив 6,84, а з біодеструктором (зразок № 2) – 7,23 (рис. 5.10).



Рис. 5.10. Індекс екофізіологічного біорізноманіття

Це підтверджує позитивний вплив біодеструктора на ґрунтове біорізноманіття, яке стимулюватиме розкладання рослинних решток, активізуватиме гумусотворення та сприятиме накопичуванню поживних

речовин у ґрунті. Оцінка Biotrex 31 презентує міру мікробної активності ґрунту, отриману на основі аналітичних результатів. Ця шкала продуктивності (рис. 5.11) була встановлена на основі аналізу понад 20 000 зразків ґрунту. Впроваджено систему інтерпретації з кольоровим кодуванням, щоб результати були легко зрозумілими.

**BIOTREX Score scale**

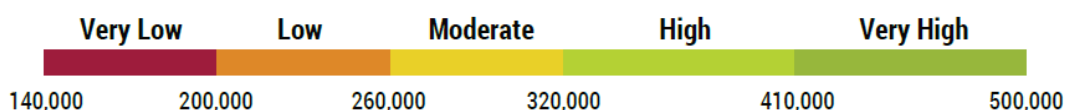


Рис. 5.11. Шкала Biotrex 31

*Дуже високий показник Biotrex (410 000–500 000) – чудовий стан ґрунту.*

*Високий показник Biotrex (320 000–410 000) – ґрунт має здоровий баланс мікробної активності.*

*Помірний показник Biotrex (260 000–320 000) – ґрунт середнього рівня здоров'я, що сигналізує про необхідність проведення відновлювальних робіт для його поліпшення.*

*Низький показник Biotrex (200 000–260 000) – низька мікробна активність, тип ґрунту, який часто зустрічається в інтенсивному сільському господарстві, перебуває під загрозою подальшої деградації.*

*Дуже низький показник Biotrex (140 000–200 000) – ґрунт з бідним ґрунтовим біорізноманіттям мікроорганізмів, передбачає складний сценарій, який вимагає довгострокових регенеративних підходів.*

Згідно з оцінкою Biotrex помітно, що застосування біодеструктора знизило біологічну активність ґрунтових мікроорганізмів: показник за дії біодеструктора знизився на 69,373 бали, порівнюючи з контролем (рис. 5.12), що може пояснюватися зменшенням активності патогенних мікроорганізмів під впливом біодеструктора «Екостерн».



Рис. 5.12. Графік ґрунтової мікробної ефективності (індекс Biotrex)

Для кожного показника Biotrex існує діапазон показників біорізноманіття:

1. Очікуване біорізноманіття;
2. Неочікувано високе біорізноманіття;
3. Неочікувано низьке біорізноманіття.

На підставі отриманих результатів було розраховано діапазон біорізноманіття за внесення біодеструктора «Екостерн». Спостерігалася тенденція до зростання від діапазону очікуваного біорізноманіття до високого біорізноманіття (рис. 5.13).

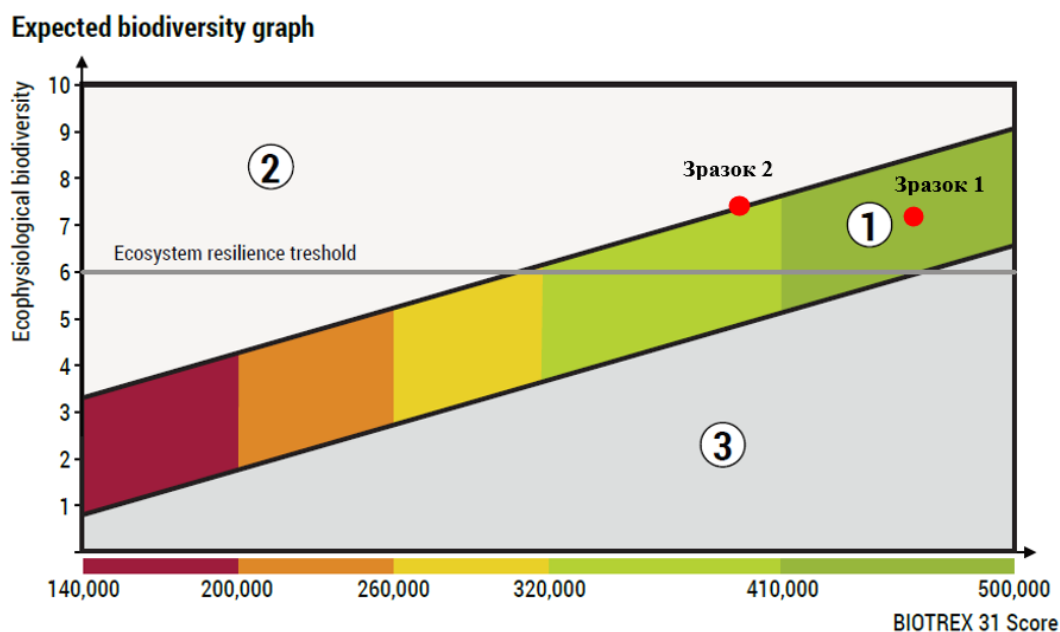


Рис. 5.13 Графік очікуваного біорізноманіття

Чисельність мікроорганізмів (показник біогенності ґрунту) суттєво змінюється під впливом навколишнього середовища упродовж незначних проміжків часу залежно від його температури, вологості, стану рослинного



покриву тощо. Склад і кількість мікроорганізмів тісно пов'язані із середовищем їхнього існування та глибиною досліджуваного шару ґрунту [24].

Оцінка і прогнозування біологічного стану ґрунту являють собою одну з основних частин аналізу родючості. Чисельність основних фізіологічних груп мікроорганізмів у дерново-підзолистому супіщаному ґрунті за використання біодеструктора наведено у табл. 5.1.

Таблиця 5.1

**Зміна чисельності основних фізіологічних груп мікроорганізмів у дерново-підзолистому супіщаному ґрунті за використання біодеструктора (середнє за 2021–2023 рр.), млн КУО в 1 г а.с.г.**

Показник	Варіант	Стадія розвитку картоплі		
		сходи	цвітіння	достигання
Загальна кількість бактерій	1	23,12±1,15	11,29±0,89	10,96±0,56
	2	16,13±1,03	12,38±0,73	12,11±0,64
Спороутворюючі	1	0,77±0,09	0,51±0,07	0,34±0,04
	2	0,72±0,11	0,54±0,04	0,38±0,04
Azotobacter	1	0,52±0,09	1,11±0,23	1,23±0,18
	2	1,53±0,14	2,3±0,18	1,68±0,14
Оліготрофи	1	22,94±0,43	36,09±0,43	18,75±0,28
	2	16,15±0,23	17,42±0,24	27,29±0,3
Педотрофи	1	12,46±0,23	12,84±0,21	19,01±0,28
	2	21,51±0,31	35,64±0,43	18,06±0,34
Амоніфікуючі	1	3,42±0,28	10,84±0,09	12,7±0,28
	2	3,42±0,19	14,67±0,28	14,69±0,23
Амілолітичні	1	9,95±0,34	14,49±0,31	3,83±0,41
	2	5,89±0,26	12,31±0,14	6,66±0,18

Аналізуючи динаміку чисельності основних фізіологічних груп мікроорганізмів у дерново-підзолистому супіщаному ґрунті, необхідно зазначити, що для загальної кількості споруутворюючих бактерій найвищі значення на 33–92 % отримано у фазу сходів, якщо порівняти з цвітінням і досяганням. Решта показників (чисельність *Azotobacter*, оліготрофів, педотрофів, амоніфікуючих, амілолітичних) мали найвищі значення у фазу цвітіння.

Бактерії *Azotobacter* є вільноживучими діазофітами, які здатні фіксувати атмосферний азот, але зазвичай не вступають у симбіотичні відносини з рослинами [25]. Використання біодеструктора «Екостерн» (варіант 2) мало достовірний вплив на чисельність *Azotobacter*, підвищення, порівнюючи з варіантом без біодеструктора у фазу сходів картоплі становило 192 %, у фазу цвітіння – 107 % і 41 % у фазу досягання.

Чисельність педотрофів у дерново-підзолистому ґрунті за використання біодеструктора збільшувалась у фазу сходів на 72 %, у фазу цвітіння на 181 %, а у фазу досягання різниця між варіантами не перевищувала 5 %. Зростання кількості амоніфікуючих становило 16–36 %, амілолітичних тільки у фазу досягання (72 %).

### **5.3. Оцінка молекулярно-біологічного різноманіття дерново-підзолистого ґрунту**

Використання молекулярно-біологічних методів дослідження та метагеноміки, що базуються на виділенні тотальної ДНК із ґрунту та подальшому аналізі геному, дає змогу відстежити дію інокулянта на біологічну активність ґрунту. Нові межі біостимуляторів рослин мають вплив на ріст і розвиток рослин завдяки корисним асоціаціям мікроорганізмів і природних сполук [44–48].

Інтерес до біологічно активних сполук у сучасному сільському господарстві є результатом тенденції пошуку природних речовин, які

можуть зменшити застосування синтетичних агрохімікатів у сільському господарстві, таким чином обмежуючи залишки пестицидів у харчових продуктах, відповідно до стратегії «Від ферми до виделки» Європейської зеленої стратегії [45], а також сприяти більш сталому і стійкому розвитку сільського господарства.

Біоактивні сполуки – гідролізати рослинних білків та інші рослинні екстракти – при застосуванні в невеликих кількостях можуть відігравати важливу роль у вирощуванні сільськогосподарських культур, сприяючи вегетативному росту, поглинанню поживних речовин і стійкості рослин до абіотичних стресів не тільки безпосередньо через активність сигнальних молекул, але також опосередковано, змінюючи мікробну спільноту у філосфері [46, 47].

Також мікробний біом і метагеном біоценозу ґрунту зумовлюють основну функціональну роль у кругообігу речовин та енергії і є ключовими складовими елементами трансформації органічних решток, як-от мінералізація та іммобілізація біогенних елементів. Процеси синтезу і накопичення органічної речовини в агроценозах насамперед залежать від структури, різноманіття та активності мікробіоти. Водночас вона має прямий взаємозв'язок з умовами самого ґрунтового середовища. Тому дослідження біому ґрунтових мікроорганізмів є науковою основою для розробки заходів, що спрямовані на розширене відтворення родючості чорноземів [49].

З огляду на це важливо дослідити молекулярно-біологічними методами структуру мікробного комплексу та біорізноманіття дерново-підзолистого ґрунту, зміни домінуючих угруповань мікробіоти під впливом використання деструктора стерні «Екостерн», оцінити біомасу за кількістю тотальної ДНК ґрунтових організмів [49].

Порівнюючи кількість загальної ДНК ґрунтових мікроорганізмів у контрольних варіантах, виявили, що найвище значення спостерігалось за використанням деструктора стерні у нормі 0,63 мг/мл (рис. 5.14), що є

передумовою збереження рівноваги екосистеми під впливом зовнішніх факторів.

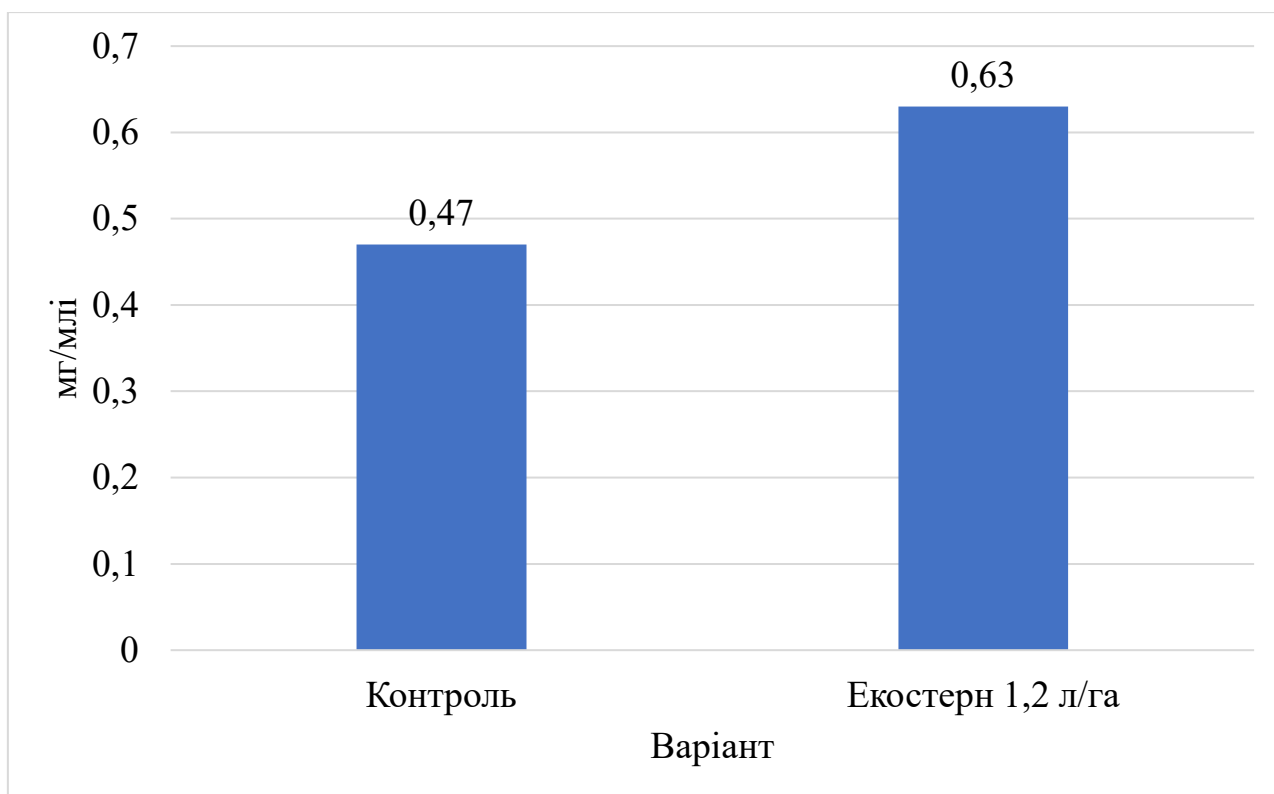


Рис. 5.14. Кількість загальної ДНК ґрунтових мікроорганізмів у дерново-підзолистому ґрунті за використання деструктора стерні (середні дані, Волинська дослідна станція Інституту сільського господарства Західного Полісся НААН)

Аналіз прокаріотного комплексу профілів tRFLP, отриманих зі зразків дерново-підзолистого ґрунту, дає змогу зрозуміти зміни біорізноманіття мікробного комплексу ґрунту внаслідок застосування деструктора стерні.

На контролі відбувалось формування мікробоценозів, які склалися з 6 основних кластерів, 5 підкластерів, 43 видів, відповідали п'яти доміантним генотипам, що належать до представників філотипів *Proteobacteria*, *Acidobacteria*, *Actinobacteria*, *Firmicutes*, значну частину з яких становлять некультивовані види ґрунтових бактерій (рис. 5.15).

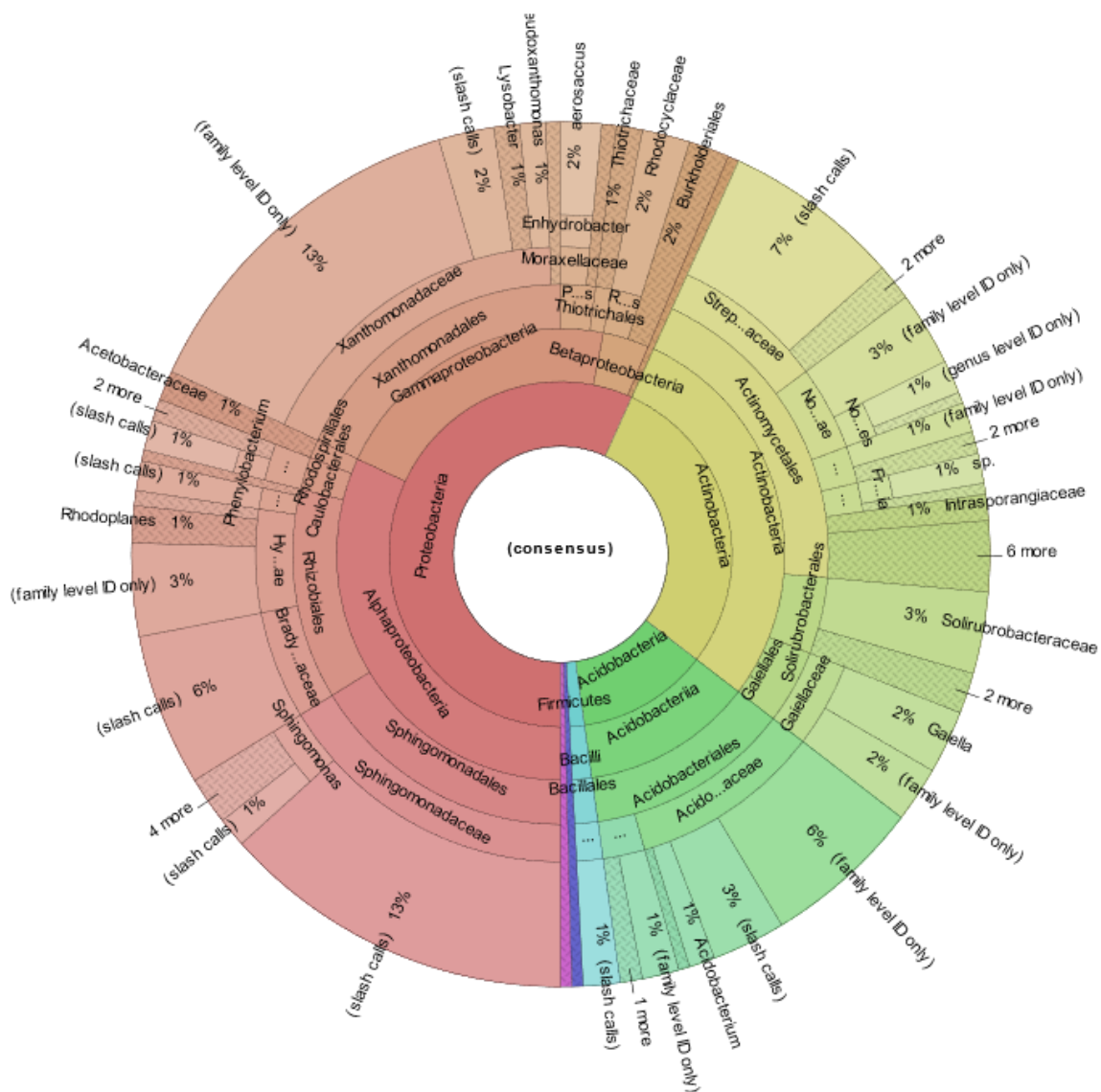


Рис. 5.15. Молекулярно-біологічне різноманіття дерново-підзолистого ґрунту на контролі

За застосування деструктора стерні відбувалось формування мікробоценозів, які склалися з 7 основних кластерів, 10 підкластерів, 59 видів, відповідали п'яти доміантним генотипам, що належать до представників філотипів *Proteobacteria*, *Acidobacteria*, *Actinobacteria*, *Firmicutes*, значну частину з яких становлять некультивовані види ґрунтових бактерій (рис. 5.16).

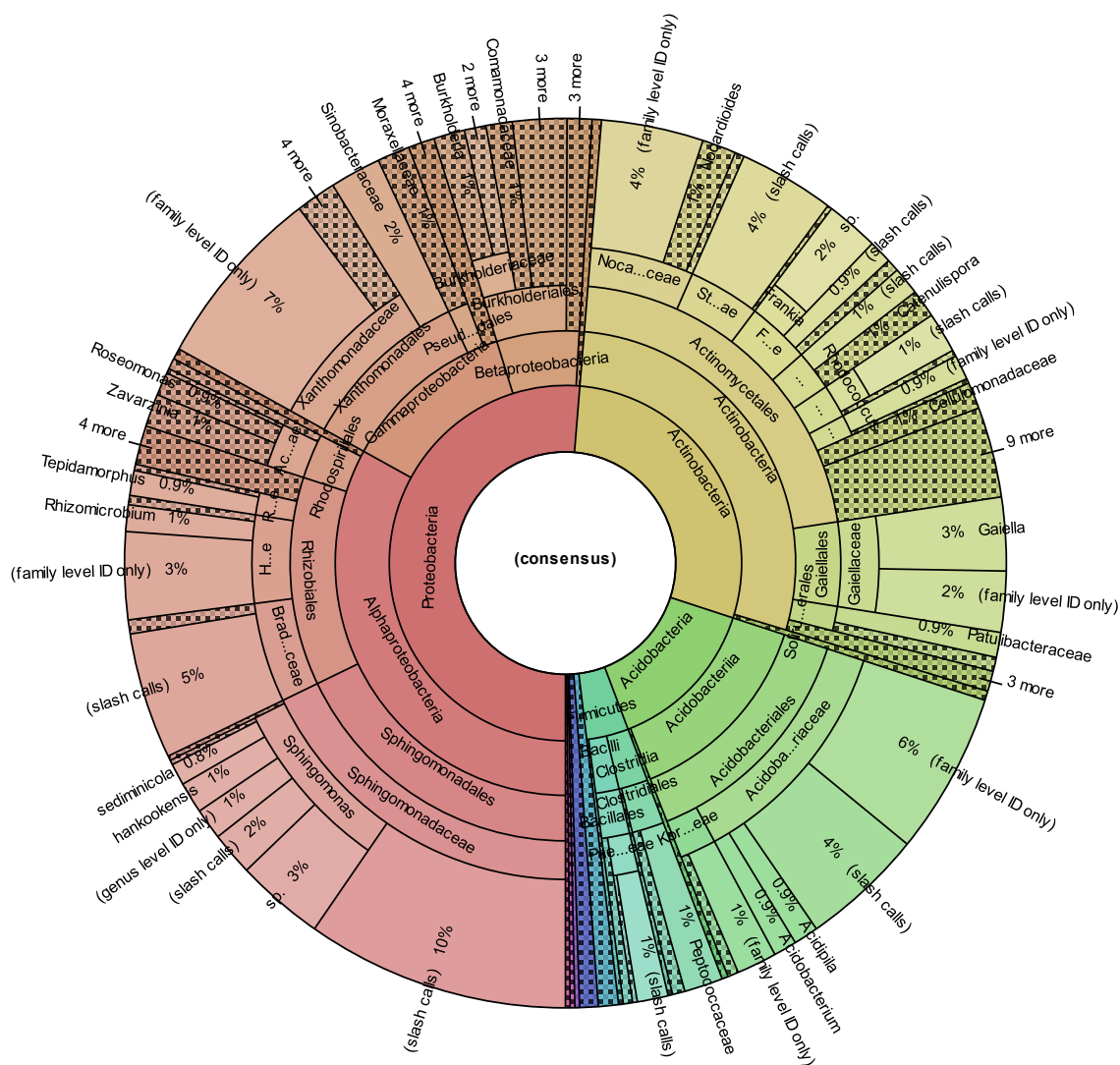


Рис. 5.16 Молекулярно-біологічне різноманіття дерново-підзолистого ґрунту із застосуванням біодеструктора «Екостерн»

Отже, застосування деструктора стерні «Екостерн» формує на 37 % ширше молекулярно-біологічне різноманіття, порівнюючи з контролем.

## Висновки до розділу 5

1. На перелозі формується більш розвинутий профіль з потужнішим гумусово-елювіальним горизонтом, реакція ґрунтового середовища стає близькою до нейтральної, збільшуються на 106 % вміст гумусу і забезпечення елементами живлення. Застосування органічного землеробства сприяло збільшенню рухомих форм калію за інтенсивної технології на 46 %.

2. Застосування біодеструктора «Екостерн» сприяло зростанню індексу екофізіологічного біорізноманіття, що позитивно сприятиме процесам керованої деструкції органічних решток, гумусоутворенню, вивільненню поживних речовин у ґрунт.

3. Показник біологічної активності ґрунтових мікроорганізмів у дерново-підзолистому ґрунті за дії біодеструктора знизився на 69,373 бали та на 30 % від загальної кількості бактерій у фазу сходів, порівнюючи з контролем, що може пояснюватися зменшенням активності патогенних мікроорганізмів. За дії біодеструктора спостерігалася тенденція до зростання від діапазону очікуваного біорізноманіття до високого біорізноманіття.

4. Застосування біодеструктора «Екостерн» сприяло підвищенню чисельності вільноживучих діазотрофів, які здатні фіксувати атмосферний азот на 41–192 %, педотрофів на 72–181 % і мікроорганізмів, які використовують органічні форми азоту, – на 16–36 %.

6. За застосування деструктора стерні відбувалось формування мікробоценозів, які склалися з 7 основних кластерів, 10 підкластерів, 59 видів, відповідали п'яти домінантним генотипам, що належать до представників філотипів *Proteobacteria*, *Acidobacteria*, *Actinobacteria*, *Firmicutes*, значну частину з яких становлять некультивовані види ґрунтових бактерій.

7. Перспективним напрямом дослідження є подальший розвиток використання біостимуляторів позакоренево для підвищення біологічної активності ґрунту і продуктивності картоплі.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 5**

1. Impact of organic farming on soil health and nutritional quality of crops / Rani M., Kaushik P., Bhayana S., Kapoor S. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 2023. Vol. 22, Issue 8. P. 560–569. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2023.07.002>.
2. Organic farming, soil health, and food quality: considering possible links / Reeve J. R., Hoagland L. A., Villalba J. J., et al. *Adv. Agronomy*. 2016. Vol. 137. P. 319–367.
3. Voluntary guidelines for sustainable soil management: global action for healthy soils / Baritz R., Wiese L., Verbeke I., Vargas R. *International Yearbook of Soil Law and Policy*, 2017. Springer, Cham, Switzerland, 2018. P. 17–36.
4. Meeting the demand for crop production: the challenge of yield decline in crops grown in short rotations / Bennett A. J., Bending G. D., Chandler D., et al. *Biol. Rev. Camb. Philos. Soc.* 2012. Vol. 87. P. 52–73.
5. Increasing cropping system diversity balances productivity, profitability and environmental health / Davis A. S., Hill J. D., Chase C. A., et al. *PLoS One*. 2012. Vol. 7. P. 47149.
6. Carbon sequestration in the agricultural soils of Europe Geoderma / Freibauer A., Rounsevell M. D. A., Smith P., Verhagen J. 2004. Vol. 122. P. 1–23.
7. Associations between soil bacterial community structure and nutrient cycling functions in long-term organic farm soils following cover crop and organic fertilizer amendment / Fernandez A. L., Sheaffer C. C., Wyse D. L. *Sci. Total Environ.* 2016. Vol. 566. P. 949–959.
8. Nutrient management in organic farming and consequences for direct and indirect selection strategies / Messmer M., Hildermann I., Thorup-Kristensen K., Rengel Z. *Organic Crop Breeding* / E. T. Lammerts van Buren, J. R. Myers (Eds.). Wiley-Blackwell, Oxford, UK, 2012. P. 15–38.
9. Lee K. S., Choe Y. C., Park S. H. Measuring the environmental effects of organic farming: a meta-analysis of structural variables in empirical research *J. Environ. Manag.* 2015. Vol. 162. P. 263–274.



10. Yield and economic performance of organic and conventional cotton-based farming systems-results from a field trial in India / Forster D., Andres C., Verma R., et al. *PLoS One*. 2013. Vol. 8. P. 81039.

11. Nitrogen soil surface balance of organic versus conventional cash crop farming in the Seine watershed / Anglade J., Billen G., Gamier J. *Agr. Syst.* 2015. Vol. 139. P. 82–92.

12. Biological nitrogen fixation of legumes crops under organic farming as driven by cropping management / Barbieri P., Starck T., Voisin A. S., Nesme T. *Agr. Syst.* 2023. Vol. 205. P. 103579.

13. Brussaard L., Ruiters P. C., Brown G. G. S. Biodiversity for agricultural sustainability. *Agr. Ecosyst. Environ.* 2007. Vol. 121. P. 233–244.

14. Manipulating the soil microbiome to increase soil health and plant fertility / Chaparro J. M., Shefflin A. M., Manter D. K., Vivanco J. M. *Biol. Fertil. Soils*. 2012. Vol. 48. P. 489–499.

15. Drinkwater L. E., Snapp S. S. Nutrients in agroecosystems: rethinking the management paradigm. *Adv. Agron.* 2007. Vol. 92. P. 163–186.  
URL: [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(04\)92003-2](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(04)92003-2).

16. Enhanced topsoil carbon stocks under organic farming / Gattinger A., Muller A., Haeni M., et al. *PNAS*. 2012. Vol. 109. P. 18226–18231.

17. Effects of pesticides on environment / Mahmood I., Imadi S. R., Shazadi K., Gul A., Hakeem K. R. *Plant, Soil and Microbes*. 2016. Vol. 1. P. 253–269.

18. Mitigation of osmotic stress in cotton for the improvement in growth and yield through inoculation of rhizobacteria and phosphatesolubilizing bacteria coated diammonium phosphate / Majid M., Ali M., Shahzad K., et al. *Sustainability*. 2020. Vol. 12. P. 10456.

19. Environmentally friendly management as an intermediate strategy between organic and conventional agriculture to support biodiversity / Marja R., Herzog I., Viik E., et al. *Biol. Conserv.* 2014. Vol. 178. P. 146–154.

20. Тонха О. Л., Балаєв А. Д., Піковська О. В. Мікробіологічна оцінка чорнозему реградованого за різних систем удобрення. Рослинництво та ґрунтознавство. 2019. Т. 10, № 2. С. 54–61.

21. Features of the formation of the structural and functional composition of the microbiome of chernozem virgin in the Steppe of Ukraine / N. V. Palyka, V. N. Sinchenko, A. N. Honchar, T. I. Palyka. *Mikrobiolohichnyi Zhurnal*. 2019. Vol. 81, Issue 4. P. 90–106.

22. Ecological Stoichiometry and Stock Distribution of C, N, and P in Three Forest Types in a Karst Region of China / Wang Wancai, Yuanying Peng, Yazhen Chen, et al. *Plants*. 2023. Vol. 12. URL: <https://doi.org/10.3390/plants12132503>.

23. Van der Heijden M. G. A., Bardgett R. D., van Straalen N. M. The unseen majority: soil microbes as drivers of plant diversity and productivity in terrestrial ecosystems. *Ecol. Lett.* 2008. № 11(3). P. 296–310.

24. Писаренко П. В., Тараненко С. В., Тараненко А. О. Вибір, обґрунтування та характеристика індикаторів біологічного різноманіття ґрунту. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2013. № 1. С. 20–23.

25. The rhizosphere: a playground and battlefield for soilborne pathogens and beneficial microorganisms / Raaijmakers J. M., Paulitz T. C., Steinberg C., et al. *Plant Soil*. 2009. Vol. 321. P. 341–361.

26. Berendsen R. L., Pieterse C. M. J., Bakker P. A. H. M. The rhizosphere microbiome and plant health. *Trends Plant Sci*. 2012. Vol. 17, No 8. P. 478–486.

27. Агроекологічна інженерія в біоконтролі ризосфери рослин та формуванні здоров'я ґрунту / Гадзало Я. М., Пати́ка М. В., Зари́шняк А. С., Пати́ка Т. І. *Мікробіологічний журнал*. 2017. Т. 79. № 4. С. 88–109.

28. Palyka N. V., Kolodjzhnyi A. Yu., Borko Yu. P. Evaluation of metagenome and detection of the functionally significant polymorphisms of procaryotes of soil with using the method of pyrosequencing. *Microbial Biodiversity: current problems and solutions : Intern. Scientific-practical. Conf. Astana*, 2016. P. 96–101.

29. Гончар А. М., Пати́ка М. В. Вплив бактерій *Bacillus subtilis* на стан і активність фотосинтетичного апарату рослин пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.). *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2022. Вип. 36. С. 28–35.
30. Кіроянц М. О. Формування мікробного комплексу чорнозему типового в агрофітоценозі ячменю ярого за різних систем землеробства. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2019. № 30. С. 39–48.
31. Пати́ка В. П. Напрямки і координація наукових досліджень з ґрунтової мікробіології. *Вісник аграрних наук*. 1996. № 6. С. 5–10.
32. Сметанко О. В., Бурикiна С. І., Кривенко А. І. Вплив елементів біологізації вирощування пшениці озимої на різних фонах мінерального живлення в умовах Південного Степу України. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 8(785). С. 33–37.
33. Козар С. Ф. Біологічна ефективність комплексного застосування мікробних препаратів. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2005. Вип. 1–2. С. 86–94.
34. Повх О. В. Стан мікробіоценозу дерново-підзолистого супіщаного ґрунту під впливом органічних добрив та мікробіологічних препаратів. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2013. Вип. 3. С. 61–64.
35. Чайковська В. В. Комплексні мікробні препарати для інтегрованих систем землеробства. *Мікробіологія і біотехнологія*. 2007. № 1. С. 75–81.
36. Effects of compound microbial fertilizer on soil characteristics and yield of wheat (*Triticum aestivum* L) / Yang W. L., Gong T., Wang J. W., et al. *Soil Sci Plant Nutr*. 2020. Vol. 20(4). URL: <https://doi.org/10.1007/s42729-020-00340-9>.
37. Erdemci I. Effects of seed microbial inoculant on growth, yield, and nutrition of durum wheat (*Triticum durum* L). *Commun Soil Sci Plant Anal*. 2021. Vol. 52(7). P. 792–801. URL: <https://doi.org/10.1080/00103624.2020.1869764>.
38. Vessey J. K. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant Soil*. 2003. Vol. 255(2). P. 571–86. URL: <https://doi.org/10.1023/A:1026037216893>.

39. Експериментальна ґрунтова мікробіологія / В. В. Волкогон, О. В. Надкернична, Л. М. Токмакова та ін.; за ред. В. В. Вокогона. Київ : Аграрна наука, 2010. 464 с.

40. Екостерн класичний – деструктор стерні. URL: <https://btu-center.com/promisloviy-sektor/roslinitstvo/b-odestruktori/ekostern/>.

41. Кордулян Ю. В., Гунчак М. В., Соломійчук М. П. Вплив біопрепаратів на показники урожайності та рентабельності картоплі. *Картоплярство*. 2019. Вип. 44. С. 51–159.

42. Kass D. L., Drosdoff M., Alexander M. Nitrogen Fixation by *Azotobacter paspali* in Association with Bahiagrass (*Paspalum notatum*). *Soil Science Society of America Journal*. 1971. Vol. 35. P. 286–289.

43. Хоменко Т. О., Тонха О. Л., Піковська О. В. Вплив біопрепаратів на мікробіологічну активність дерново-підзолистого ґрунту за вирощування картоплі столової. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2022. Т. 13. No 31.

44. Identification of Beneficial Microbial Consortia and Bioactive Compounds with Potential as Plant Biostimulants for a Sustainable Agriculture / Tabacchioni S., Passato S., Ambrosino P., et al. *Microorganisms*. 2021. Vol. 9(2). URL: <https://doi.org/10.3390/microorganisms9020426>.

45. Communication from the Commission of the European Parliament, the Council, the European economic and social committee and the committee of the regions. A Farm to Fork Strategy: For a Fair, Healthy and Environmental-Friendly Food System. 2020. Brussels COM(2020) 381 Final. URL: [https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/communication-annex-farm-fork-green-deal\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/communication-annex-farm-fork-green-deal_en.pdf).

46. Biostimulant Action of a Plant-Derived Protein Hydrolysate Produced through Enzymatic Hydrolysis / Colla G., Rouphael Y., Canaguier R., et al. *Front. Plant Sci*. 2014. Vol. 5. P. 448.

47. Application of Vegetal-Derived Bioactive Compounds Stimulates the Growth of Beneficial Bacteria and Enhances Microbiome Biodiversity in Lettuce / Luziatelli F., Ficca A. G., Colla G., et al. *Front. Plant Sci*. 2019. Vol. 9. P. 105.

48. The Use of a Plant-Based Biostimulant Improves Plant Performances and Fruit Quality in Tomato Plants Grown at Elevated Temperatures / Francesca S., Arena C., Hay Mele B., et al. *Agronomy*. 2020. Vol. 10. P. 363.

49. Effect of Long-Term Farming Practices on Agricultural Soil Microbiome Members Represented by Metagenomically Assembled Genomes (MAGs) and Their Predicted Plant-Beneficial Genes / Nelkner J., Henke C., Lin T. W., et al. *Genes*. 2019. Vol. 10. P. 424.

## РОЗДІЛ 6

ВПЛИВ БІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ НА РІСТ,  
РОЗВИТОК ТА УРОЖАЙНІСТЬ КАРТОПЛІ

## 6.1. Вплив біопрепаратів на фітопатологічний стан рослин картоплі

Картопля (*Solanum tuberosum* L.) є важливою сільськогосподарською культурою, яка характеризується високим потенціалом врожайності, а також є джерелом мінералів, вітамінів, антиоксидантів, білка та клітковини [12]. Споживання картоплі у світі становить близько 35 кг на особу на рік (Deguchi, et al., 2016) [6], тоді як в Україні – 139 кг, як зазначає Артюх та ін. [28]. Однак хвороби, які розвиваються на рослинах картоплі під час вегетації рослин та зберігання бульб, є одним із головних факторів, який обмежує урожайність і погіршує її якість [4, 5, 21, 22, 24]. Часто для захисту картоплі від хвороб застосовують хімічні засоби, що призводить до збільшення пестицидного навантаження на біосфери [22, 26]. Тому важливим є пошук можливостей захисту картоплі від хвороб з урахуванням агроекологічних аспектів. При цьому перспективним є використання біологічних засобів контролю патогенів [9].

Фітофтороз (збудник *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) та альтернаріоз (зб. *Alternaria solani* (Ell. et Mart.) Sor.) вважаються одними з найпоширеніших хвороб картоплі в усьому світі [9, 20]. Сьогодні є низка наукових публікацій, які засвідчують ефективність засобів біологічного контролю хвороб картоплі за допомогою різноманітних мікроорганізмів. Зокрема, ізоляти бактерій *Bacillus amyloliquefaciens* і *Bacillus subtilis* проявляли протигрибну активність (понад 50 %) проти широкого спектра фітопатогенних грибів, включно з *Alternaria alternata*, *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum* і *Fusarium verticillioides*, а також сприяли росту рослин [2].

Унаслідок випробувань у теплицях і польових умовах оцінено ефект обробки агентами біологічного контролю (*Pythium oligandrum*, *Polygandron*,

*Bacillus subtilis*, Serenade) проти ранньої альтернативної плямистості картоплі. Засоби застосовували окремо або в комбінації один з одним або з синтетичними фунгіцидами. В умовах теплиці застосування цих агентів призвело до зниження ураження грибом *A. solani* на 50–95 %, однак ефект був набагато меншим у польових випробуваннях [24].

Штам *Bacillus subtilis* H17-16, вилучений із здорових коренів картоплі, пригнічував ріст міцелію, проростання спорангіїв і патогенність збудника фітофторозу – *Phytophthora infestans*, індукував стійкість картоплі до хвороби та сприяв її росту. Крім того, польове та післязбиральне застосування H17-16 може ефективно зменшити появу фітофторозу картоплі, а комбінація H17-16 з хітозаном або хімічними фунгіцидами мала кращий ефект, ніж один H17-16 (Zhang, et al., 2023). Також з'ясовано антагоністичний потенціал нового штаму, ідентифікованого як *Bacillus subtilis* EG21, проти збудників хвороб картоплі – *Phytophthora infestans* і *Rhizoctonia solani in vitro*. Зокрема, метаболіти EG21 виявляли сильну зооспорецидну дію на *P. infestans*. Інгібуючий ефект проти інфекції *P. infestans* і *R. solani* було підтверджено на листках і бульбах картоплі відповідно [1].

Антагоністичний потенціал штамів *Trichoderma spp.* проти *P. infestans* був оцінений *in vitro*. У подвійній культурі ріст *P. infestans* пригнічувався у діапазоні від 53 до 95 % [1].

Загалом штами *Pseudomonas spp.* проявляли різні рівні активності біоконтролю *P. infestans* у біотестах бульб картоплі. Зокрема, штами *P. orientalis* і *P. yamanorum* показали значне зниження захворювання, водночас штами *P. synxantha* не могли ефективно пригнічувати ріст патогену [17].

Також проведені дослідження (експерименти в горщиках) для вивчення ефективності трьох агентів біоконтролю, а саме *Trichoderma viride*, *Bacillus subtilis* і *Pseudomonas fluorescens*, окремо або в консорціумі, щодо стимулювання росту рослин і активації захисних реакцій у картоплі проти *A. solani*. Результати

засвідчили покращення параметрів росту рослин, оброблених консорціумом потрійних мікробів, порівняно з іншими способами лікування. У картоплі відсоток захворюваності був значно знижений на рослинах, оброблених потрійним мікробним консорціумом, порівняно з необробленими контрольними рослинами, зараженими *A. solani* [14].

Встановлено потенціал *Trichoderma* spp. проти *A. solani* у чистій культурі, в теплиці та в польових умовах. Встановлено, що вибір одного штаму *Trichoderma* може сильно вплинути на результат і що навіть штами одного виду демонструють різну ефективність. Однак, значне зменшення раннього фітофторозу в полі спостерігалось лише в один із чотирьох років польових випробувань. Значну кореляцію між *in vitro*, *in vivo* та польовими показниками протягом одного року виявити не вдалося, що підкреслює важливість випробувань у природних умовах для визначення ефективності на практичних полях [20]. Мета досліджень – встановити вплив біологічних препаратів на розвиток фітофторозу й альтернаріозу картоплі.

Аналіз результатів впливу застосування біологічних препаратів на картоплю засвідчив, що на фоні 1 (внесення в ґрунт «Мікохелпу», 2,0 л/га, та триразове обприскування рослин різними біологічними засобами) розвиток фітофторозу на досліджуваних варіантах був у діапазоні 6,8–9,2 %, що на 5,0–7,4 % менше, порівнюючи з контролем (табл. 6.5). Зниження розвитку альтернаріозу картоплі становило 6,6–9,4 % за інтенсивності ураження рослин у контролі – 17,5 %. Технічна ефективність досліджуваних біопрепаратів проти фітофторозу становила 35,2–52,1 %. Цей показник проти альтернаріозу досягав 37,7–53,7 %.



**Ефективність застосування біопрепаратів проти хвороб картоплі  
(Волинська державна сільськогосподарська дослідна станція  
Інституту сільського господарства Західного Полісся НААН,  
середнє за 2021–2023 рр.)**

№ з/п	Варіант дослідю	Розвиток хвороби, %		Технічна ефективність, %	
		фітофтороз	альтернаріоз	фітофтороз	альтернаріоз
<b>Фон 1. Внесення в ґрунт «Мікохелп», 2,0 л/га</b>					
1.	Контроль (без обприскування рослин біопрепаратами)	14,2	17,5	-	-
2.	«Агат 25 К», 100 мл/га	7,9	10,5	44,0	40,0
3.	«Регоплант», 50 мл/га	9,2	10,9	35,2	37,7
4.	«Фітохелп», 1,0 л/га	6,8	8,1	52,1	53,7
5.	«Стимпо», 15 мл/га	8,9	10,8	37,3	38,3
НІР <sub>05</sub>		1,16	1,34		
<b>Фон 2. «Екостерн», 1,2 л/га. Внесення в ґрунт «Мікохелп», 2,0 л/га</b>					
1.	Контроль (без обприскування рослин біопрепаратами)	12,8	14,1	-	-
2.	«Агат 25 К», 100 мл/га	6,5	8,1	49,2	42,5
3.	«Регоплант», 50 мл/га	7,9	8,5	38,3	39,7
4.	«Фітохелп», 1,0 л/га	5,5	5,8	54,7	58,8
5.	«Стимпо», 15 мл/га	7,8	8,4	39,0	40,0
НІР <sub>05</sub>		1,09	1,28		

У випадку фоліарного застосування різних біологічних препаратів на фоні 2 («Екостерн», 1,2 л/га, внесення в ґрунт «Мікохелп», 2,0 л/га) ступінь розвитку фітофторозу картоплі знижувався на 4,9–7,3 % (табл. 6.5). У контролі цей показник становив 12,8 %. Зменшення інтенсивності ураження рослин альтернаріозом досягало 5,6–8,3 %, порівнюючи з варіантом (контролем), на якому обприскування рослин не проводили. Технічна ефективність біологічних препаратів проти фітофторозу була в межах 38,3–54,7 %, а проти альтернаріозу картоплі – 39,7–58,8 %.

Застосування біологічних препаратів на різних фонах забезпечувало зростання врожайності бульб картоплі (табл. 3). Зокрема на фоні з внесенням у ґрунт «Мікохелпу», 2,0 л/га, та обприскуванням рослин різними біологічними засобами показник збереження урожаю становив 1,71–2,02 т/га. Застосування біопрепаратів на фоні внесення «Екостерн», 1,2 л/га, та «Мікохелп», 2,0 л/га, сприяло зростанню врожайності у різних варіантах на 1,6–2,21 т/га.

Таким чином, наведені результати вказують, що застосування біопрепаратів на різних фонах призводить до зниження інтенсивності розвитку фітофторозу й альтернаріозу картоплі, а також сприяє збереженню врожаю. Нижчий розвиток хвороб і вищу ефективність біопрепаратів відмічено на фоні, де вносили біодеструктор «Екостерн», 1,2 л/га, біопрепарат «Мікохелп», 2,0 л/га та здійснювали триразові обприскування рослин різними біологічними препаратами: «Агатом 25К», «Регоплант», «Фітохелп» і «Стимпо». При цьому найвищою технічною ефективністю характеризувався «Фітохелп» (на основі бактерій *B. subtilis*) з нормою витрати 1,0 л/га.

Загалом у науковій літературі наведено результати про різний потенціал біопрепаратів у підвищенні продуктивності рослин (Khomenko, et al., 2022) та обмеженні розвитку хвороб картоплі, що залежить від багатьох факторів, які потребують подальшого вивчення [21].

## **6.2. Вплив біопрепаратів на формування біометричних показників і динаміку розвитку фотосинтетичного апарату картоплі**

У процесі вирощування кожної культури важливе значення має оцінка ростових процесів, на які впливають природні й агротехнічні чинники, зокрема: агрокліматичні умови, природна родючість ґрунту, застосування біопрепаратів, попередники та ін. Сучасним напрямом підвищення врожайності та якості сільськогосподарських культур є впровадження у виробництво енергозберігаючих технологій із застосуванням біологічних препаратів нового покоління. Органічні технології вирощування картоплі заборони використання хімічних препаратів мають можливість щодо збільшення продуктивності лише за дії біопрепаратів.

Нове покоління біологічних препаратів містить комплекс біологічно активних речовин, які сприяють посиленню обмінних процесів у ґрунті та додатковому використанню закладених у них потенційних можливостей продуктивності. Відомо, що на ріст і розвиток рослин впливає багато чинників: природна родючість ґрунту, погодні умови, агротехнічні заходи, попередник, застосування біопрепаратів тощо. Здатність сортів утворювати стебла прямо залежить від маси садивних бульб: чим більша маса бульб, тим більше утворюється паростків і стебел. За збільшення маси садивних бульб від 15–30 до 150–181 г кількість стебел у сорту Каскад Поліський зростала у 2,3 раза, у сорту Радомишльська – у 2,1, Ікар – 2,5 раза. Продуктивність рослин сорту Каскад Поліський зростала з 505 г при садінні дрібними до 706 г з куща при садінні великими бульбами; сорту Радомишльська відповідно із 613 до 810 г і у сорту Ікар – з 558 до 754 г. Однак, продуктивність одного стебла зі зростанням маси бульб і кількості стебел у кущі знижувалась [16].

Проведеними дослідженнями встановлено, що застосування різних біопрепаратів не вплинуло на кількість стебел, але не значно більші показники отримано у 2022 році (табл. 6.1).

**Вплив біопрепаратів на кількість стебел  
з куща картоплі, шт. (2021–2023 рр.)**

Фактор А	Фактор Б	2021 рік	2022 рік	2023 рік	Середнє
Фон 1 (без внесення біодеструктора)	1. Контроль (без внесення)	3	3	3	3
	2. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Агат 25» (100 мл/га) (3 рази)	3,2	3,5	3,3	3,3
	3. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Регоплант» (50 мл/га) (3 рази)	3,3	3,5	3,1	3,3
	4. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)	3,4	3,4	3,2	3,3
	5. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Стимпо» (15 мл/га) (3 рази)	3,4	3,4	3,2	3,3
Фон 2 (із внесенням «Екостерну», 1,2 л/га)	1. Контроль (без внесення)	3,1	3,1	3,2	3,1
	2. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Агат 25» (100 мл/га) (3 рази)	3,3	3,3	3,4	3,3
	3. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Регоплант» (50 мл/га) (3 рази)	3,2	3,2	3,3	3,2
	4. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)	3,3	3,3	3,4	3,3
	5. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Стимпо» (15 мл/га) (3 рази)	3,3	3,3	3,3	3,3

Висота утворених стебел є важливою оцінкою ростових процесів кожної культури. Найвища середня висота стеблостою була сформована за використання деструктора «Екостерн» і 4 варіанта («Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)) і становила 48 см, що на 9 % більше, якщо порівняти з контролем (табл. 6.2).

## Вплив біопрепаратів на висоту рослин картоплі, см (2021–2023 рр.)

Фактор А	Фактор Б	2021 рік	2022 рік	2023 рік	Середнє
Фон 1 (без внесення біодеструктора)	1. Контроль (без внесення)	45,8	41,6	41,5	43,0
	2. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Агат 25» (100 мл/га) (3 рази)	46,1	43	43,2	44,1
	3. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Регоплант» (50 мл/га) (3 рази)	46	45	45,2	45,4
	4. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)	46,2	45,6	45,4	45,7 (+6 %)
	5. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Стимпо» (15 мл/га) (3 рази)	45,9	45,9	45,7	45,8 (+6 %)
Фон 2 (із внесенням «Екостерну», 1,2 л/га)	1. Контроль (без внесення)	44,9	44,9	42,7	44,2
	2. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Агат 25» (100 мл/га) (3 рази)	46,2	46	45,6	45,9
	3. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Регоплант» (50 мл/га) (3 рази)	47,4	47,7	45,8	47,0
	4. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)	48,1	48,6	47,4	48,0 (+9 %)
	5. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Стимпо» (15 мл/га) (3 рази)	46,7	47,4	45,9	46,7 (+6 %)

Як на фоні 1, так і на фоні 2 препарати «Фітохелп» і «Стимпо» мали позитивний ефект на висоту рослин і становили 6–9 %, порівнюючи з контролем.

Одним із важливих біометричних показників є величина асиміляційної поверхні, яка характеризує вплив біопрепаратів на збільшення залистяності рослин картоплі. Рівень розвитку вегетативної маси характеризується масою бадилля, кількістю стебел, площею листків, фотосинтетичним потенціалом і особливістю куща. Розвиток листкового апарату рослин картоплі переважно є результатом більш повного використання сприятливих умов живлення,

вологи ґрунту і повітря. Для активної фотосинтетичної діяльності сільськогосподарських культур, отримання високих і сталих врожаїв картоплі необхідно сформувати оптимальний за розмірами фотосинтетичний апарат. Оптимальною площею листової поверхні для ефективної фотосинтетичної діяльності картоплі є 40–50 тис. м<sup>2</sup>/га. Основний фактор, що обумовлює поглинання і використання зеленою рослиною енергії сонячної радіації – розмір листової поверхні. Саме за рахунок добрив, біопрепаратів можна впливати на розмір листової поверхні і регулювати його. Необхідно відзначити, що і в цьому випадку абсолютні величини асиміляційної поверхні були більшими при обробці бульб перед посадкою та триразовим їх застосуванням протягом вегетації (табл. 6.3).

Таблиця 6.4

**Вплив біопрепаратів на асиміляційну поверхню з 1 куща картоплі  
сорту Парнер, см<sup>2</sup> (2021–2023 рр.)**

Фактор А	Фактор Б	2021 рік	2022 рік	2023 рік	Середнє
Фон 1 (без внесення біодеструктора)	1. Контроль (без внесення)	3208	3103	3008	3106
	2. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Агат 25» (100 мл/га) (3 рази)	3681	3667	3664	3670 (+18 %)
	3. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Регоплант» (50 мл/га) (3 рази)	3803	3723	3732	3752 (+21 %)
	4. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)	4296	3997	3894	4063 (+31 %)
	5. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Стимпо» (15 мл/га) (3 рази)	4421	4012	3912	4115 (+33 %)
Фон 2 (із внесенням «Екостерну», 1,2 л/га)	1. Контроль (без внесення)	3473	3469	3454	3466
	2. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Агат 25» (100 мл/га) (3 рази)	3798	3789	3696	3761 (+8,5 %)
	3. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Регоплант» (50 мл/га) (3 рази)	4101	3767	3667	3845 (+11 %)
	4. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)	4282	4183	4088	4184 (+21 %)
	5. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Стимпо» (15 мл/га) (3 рази)	4231	4216	4175	4207 (+21 %)

Найбільші величини асиміляційної поверхні на варіанті без біодеструктора формувались за застосування «Фітохелпу» – 4063 см<sup>2</sup> і «Стимпо» – 4115 см<sup>2</sup>. Ці показники перевищували контроль на 31–33 %. Також аналогічні залежності отримано на фоні «Екостерн» (1,2 л/га), де біометричні показники перевершували контрольні за кількістю стебел у кущі, їхній висоті та величині асиміляційної поверхні і на 21% за використання «Фітохелпу» і «Стимпо» перевищували контрольні.

### **6.3. Вплив біопрепаратів на процес проходження індукції флуоресценції хлорофілу в листках картоплі**

Згідно з результатами аналізу кривих Каутського листків картоплі сорту Партнер за комплексного впливу біопрепаратів було визначено ряд показників ІФХ та коефіцієнтів, які дають змогу оцінити вплив препаратів на стан рослин і надати детальний аналіз показників, які характеризують перебіг світлових фаз фотосинтезу й ефективність фотохімічних процесів для темнових фаз засвоєння енергії світла [46].

Одним із сучасних та інформативних методів визначення впливу різних факторів на фізіологічний стан сільськогосподарських культур є застосування експресного методу індукції флуоресценції хлорофілу [19]. Оскільки біохімічні реакції зумовлюють фотосинтез і флуоресценцію хлорофілу та є основними каналами перетворення синтезованої енергії через поглинання світлової енергії і передавання її до реакційних центрів фотосинтезу, оперативна діагностика фізіологічного стану рослин дає змогу отримати важливу інформацію про стан фотосинтетичного апарату рослин, який впливатиме на майбутню врожайність культури [2, 3]. Таким чином, метою досліджень було встановити комплексний вплив біологічних препаратів різної функціональності залежно від способів їх внесення на показники ІФХ картоплі за органічної технології вирощування.

Відповідно до результатів аналізу кривих Каутського листків картоплі сорту Партнер за комплексного впливу біопрепаратів було визначено ряд показників ІФХ та коефіцієнтів, які дають змогу оцінити вплив препаратів на стан рослин та надати детальний аналіз показників, які характеризують перебіг світлових фаз фотосинтезу й ефективність фотохімічних процесів для темнових фаз засвоєння енергії світла [16].

Показник фонові флуоресценції ( $F_0$ ) характеризує кількість неактивного хлорофілу, який не має функціонального зв'язку з реакційними центрами, тобто виступає початковим рівнем ІФХ. Він залежить від втрат енергії збудження під час міграції пігментною матрицею. З даних таблиці 6.4 видно, що застосування біодеструктора в органічній технології вирощування стимулювало зростання показника  $F_0$  у рослин картоплі. Таке явище можна пояснити структурною зміною пігментного комплексу рослин за дії біодеструктора «Екостерн».

Таблиця 6.5

**Зміна параметрів індукції флуоресценції хлорофілу листків картоплі  
за комплексного впливу біологічних добрив**

Фактор А	Фактор Б	Показники ІФХ, у. о.					
		$F_0$	$F_{max}$	$F_{st}$	$(F_{max} - F_{st})/F_{st}$	$F_v$	$F_v/F_{max}$
Фон 1 (без внесення біодеструктора)	1. Без біопрепаратів (контроль)	669,00	1394,33	1207,67	0,15	725,33	0,52
	2. «Мікохелп» + «Агат 25К»	645,00	1377,00	1109,00	0,24	732,00	0,53
	3. «Мікохелп» + «Регоплант»	832,00	1720,00	1424,00	0,21	888,00	0,52
	4. «Мікохелп» + «Фітохелп»	521,33	1296,00	1114,67	0,16	774,67	0,60
	5. «Мікохелп» + «Стимпо»	561,67	1472,00	1168,00	0,26	910,33	0,62



Фон 2 (із біодеструктором «Екостерн» (1,2 л/га))	1. Без біопрепаратів (контроль)	821,33	1786,67	1514,67	0,18	965,33	0,54
	2. «Мікохелп» + «Агат 25 К»	883,00	1859,00	1656,33	0,12	976,00	0,53
	3. «Мікохелп» + «Регоплант»	564,67	1492,67	1116,67	0,34	928,00	0,62
	4. «Мікохелп» + «Фітохелп»	568,33	1736,33	1290,33	0,35	1168,00	0,67
	5. «Мікохелп» + «Стимпо»	928,67	2480,67	2055,33	0,21	1552,00	0,63

Встановлено значне зростання показника максимального значення флуоресценції хлорофілу ( $F_{max}$ ) в листках картоплі за застосування біодеструктора. У контрольному значенні (без внесення біодеструктора та біопрепаратів) цей показник становив 1394,33 у.о., а з внесенням біодеструктора він зріс до 1786,67 у.о. (рис. 6.1).

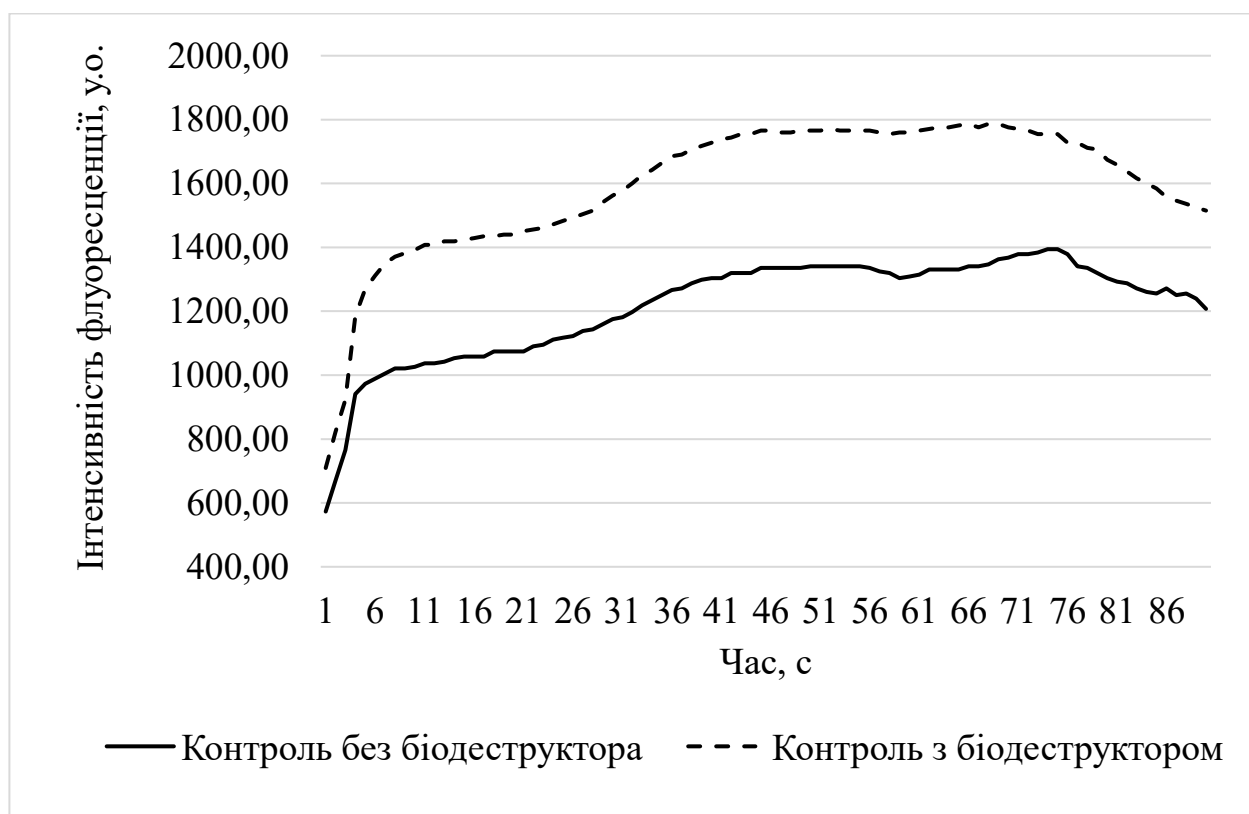


Рис. 6.1. Індукційні криві флуоресценції хлорофілу рослин картоплі за дії біодеструктора «Екостерн класичний»

У середньому в листках рослин за комплексного внесення біопрепаратів і деструктора  $F_{\max}$  перевищувало значення показника у варіантах з біопрепаратами без деструктора на 29 %. Такі дані свідчать про адаптивні зміни в структурі пігментного комплексу за дії біопрепаратів.

Для оцінювання індукції флуоресценції хлорофілоносних тканин використовують розрахунковий параметр  $F_v$  – змінну флуоресценції хлорофілу, що виражається як різниця показника найвищого рівня флуоресценції і фонові флуоресценції ( $F_{\max} - F_o$ ), інформуючи про величину амплітуди змін кривої Каутського [16]. Виявлено зростання цього показника за комплексного внесення біопрепаратів і біодеструктора «Екостерн». Показник у середньому зріс на 59 %, порівнюючи з контролем (без застосування біопрепаратів і деструктора). Такі дані свідчать про позитивний вплив біопрепаратів і біодеструктора на функціонування фотосинтетичного апарату рослин картоплі.

Показники  $F_v/F_{\max}$  залежать від ефективності фотохімічних реакцій ФС 2 [10]. Цей коефіцієнт у темно-адаптованих рослин відображає потенційну квантову ефективність ФС 2, що використовують як індикатор продуктивності фотосинтезу, оптимальне значення якого для більшості видів рослин, за умов насичуючої інтенсивності збуджуючого світла, не перевищує значення 0,83 [17]. У рослин картоплі він знаходився в межах 0,52–0,67 у.о. (рис. 6.2), що свідчить про відповідність оптимальним значенням. За даними досліджень, показник  $F_v/F_{\max}$  зростав за дії біопрепаратів, що демонструє стимулюючий ефект щодо продуктивності фотосинтезу в рослин картоплі. Відмічено значне зростання цього показника за застосування деструктора «Екостерн» у комплексі з біопрепаратами, порівнюючи з біопрепаратами без деструктора. Найвищий рівень продуктивності фотосинтезу ( $F_v/F_{\max} = 0,67$  у.о.) досягнуто за комплексного застосування біодеструктора «Екостерн» + «Мікохелп» + «Фітохелп», тоді як у контрольному варіанті, без біопрепаратів і деструктора, він становив 0,52 у.о.

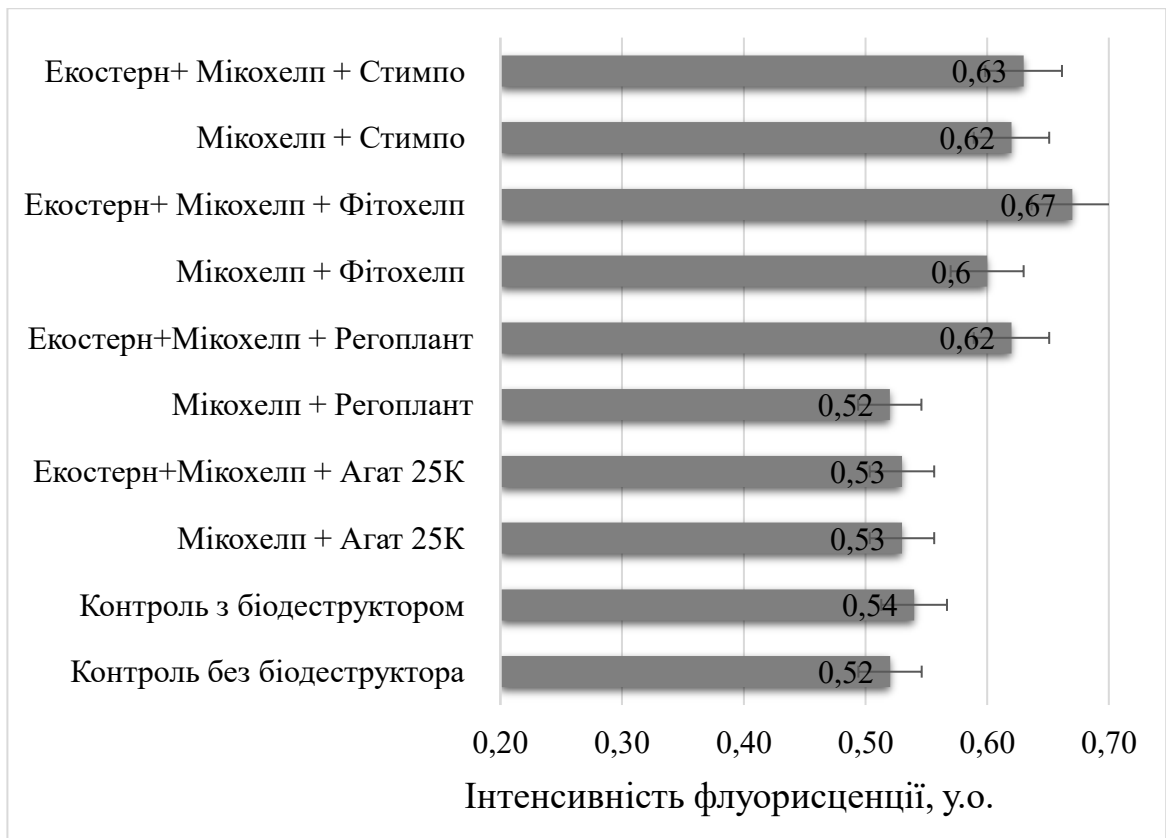


Рис. 6.2. Оцінка впливу біопрепаратів на показник  $F_v/F_{max}$  у листках рослин картоплі (польовий дослід, 2021–2023 рр.,  $n=3$ )

Ефективність фотохімічного перетворення енергії в ФС 2 розраховували за формулою  $(F_{max} - F_{st})/F_{st}$ , яка характеризує швидкість лінійного транспорту електронів і є інтегрованим показником процесу фотосинтезу [19]. Цей показник у досліджуваних рослин змінювався від 0,12 до 0,35 у.о., зростання показника було відмічено за застосування біопрепаратів «Екостерн» + «Мікохелп» + «Регоплант» – 0,34 у.о., «Екостерн» + «Мікохелп» + «Фітохелп» – 0,35 у.о., тоді як у контрольному варіанті, без внесення біопрепаратів, він становив 0,15 у.о.

Отже, комплексне застосування біодеструктора з біопрепаратами зумовило покращення проходження фотосинтетичних процесів. Встановлено зростання показників  $F_{max}$ ,  $F_v$ ,  $F_v/F_{max}$ ,  $(F_{max} - F_{st})/F_{st}$  відносно контролю. Відмічено найкращі результати щодо показника продуктивності фотосинтезу ( $F_v/F_{max}$ ) від внесення біодеструктора «Екостерн» (1,2 л/га) в комплексі з внесенням у ґрунт «Мікохелпу» (2,0 л/га) та фоліарно «Фітохелпу» (1,0 л/га).

#### **6.4. Вплив біопрепаратів на динаміку наростання врожаю та його структуру**

Проводячи дослідження з біоконверсії органічних відходів, А. В. Бикін [3] зробив висновок, що використання вермикомпосту (6 т/га) забезпечує найвищу продуктивність овочевої сівозміни (34,8 т/га при 18,9 на контролі). У порівнянні із застосуванням еквівалентної дози мінеральних добрив встановлено достовірний приріст врожаю та покращення біологічної цінності цибулі ріпчастої, огірка, капусти і помідорів.

Трембіцька О. та ін. [32] встановили, що використання біогумусу в дозі 2–4 т/га під картоплю на дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах під культивування підвищує врожай бульб сорту Луговська на 41–65 ц/га. Врожай кукурудзи на силос сорту Одеська-80 на лучно-чорноземних легкосуглинкових ґрунтах при внесенні 15 т/га біогумусу зростає на 74 ц/га зеленої маси, сприяючи більш раціональному використанню елементів живлення з ґрунту та знижуючи рухомість свинцю, кадмію та радіонуклідів у ґрунтовому вбирному комплексі.

Відомо, що складовими, які характеризують групу стиглості та рівень продуктивності є визначення динаміки наростання бульб відповідно до певних періодів розвитку рослин окремого сорту.

Наукові джерела засвідчують, що на формування бульб впливає багато чинників: сортові особливості, метеорологічні умови року проведення досліджень, ріст і накопичення вегетативної маси, розвиток кореневої системи, рівень живлення, фітопатологічний стан та ін.

Проведені у 2021 р. дослідження показали, що накопичення врожаю відбувається поступово за застосування препаратів «Агат», «Регоплан». Внесення препаратів «Фітохелп», «Мікохелп» та «Стимпо» (табл. 6.5) сприяє досягненню більш швидкого формування врожаю.

**Динаміка накопичення врожаю залежно від способів  
застосування біопрепаратів, 2021 р.**

Фактор А	Фактор Б	10 липня		20 липня		30 липня		При збиранні, т/га
		г	%	г	%	г	%	
Фон 1 (без внесення біодеструктора)	1. Контроль (без внесення)	97	28,5	221	83,8	263	99,6	9,50
	2. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Агат 25» (100 мл/га) (3 рази)	103	30,7	272	77,0	324	97,1	12,22
	3. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Регоплант» (50 мл/га) (3 рази)	110	31,7	265	81,3	321	97,8	11,83
	4. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)	107	29,8	288	80,6	357	97,6	13,12
	5. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Стимпо» (15 мл/га) (3 рази)	113	30,9	271	88,9	338	96,1	12,67
Фон 2 (із внесенням «Екостерну», 1,2 л/га)	1. Контроль (без внесення)	103	28,2	276	75,7	336	98,0	9,80
	2. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Агат 25» (100 мл/га) (3 рази)	110	28,6	309	79,7	367	95,6	10,97
	3. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Регоплант» (50 мл/га) (3 рази)	109	27,4	318	79,9	378	95,1	11,36
	4. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)	113	29,9	312	82,4	365	96,4	10,82
	5. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Стимпо» (15 мл/га) (3 рази)	111	29,1	323	84,6	366	95,6	10,91
НІР <sub>0,5</sub>		8		14		16		

При проведенні першого визначення динаміки наростання бульб (10 липня) у варіанті з обробкою бульб «Фітохелп» 1,0 л/т і триразовим внесення цього препарату в дозі 1,0 л/га було сформовано до 33,0 % врожаю з абсолютною

величиною 4,79 т/га. У варіанті із застосуванням біопрепарату «Мікохелп» отримано майже ідентичні показники, а саме: відсоток сформованих бульб складав 32,3 % з абсолютною величиною 4,21 т/га. Деяко нижчі показники формування врожаю були при застосуванні «Стимпо», відповідно 31,7 % та 4,32 т/га, а також «Фітохелп» з фоновим внесенням «Мікохелп» в ґрунт у дозі 2,0 л/га – 31,7 % та 3,96 т/га. За другого (20 липня) і третього (30 липня) строків визначення динаміки урожай бульб зріс на 29,7–33,0 % до 96,1–97,9 % з фізичними показниками від 3,71–4,79 т/га до 11,57–14,15 т/га (табл. 6.5).

За визначення динаміки накопичення врожаю на фоні з «Екостерном» (1,2 л/га) отримано результати, які мають певні відмінності, порівнюючи з результатами на фоні без біодеструктора. Зокрема, на фоновому внесенні в ґрунт препарату «Мікохелп» (2,0 л/га) та з обробкою рослин протягом вегетації «Агат-25», «Регоплант», «Фітохелп» і «Стимпо» відсоток формування бульб був майже ідентичний і становив загалом 95,6–97,0 відсотків, проте абсолютно кількісна величина була нижчою, якщо порівняти з фоном без біодеструктора, що складало 3,14–3,71 т/га.

Визначення структури врожаю є важливим чинником, який дає змогу визначити рівень реалізації продуктивності окремого сорту, його цінне господарське призначення.

Проведені за 2021–2023 рр. дослідження показали, що найшвидше формувався врожай на фоні з внесенням «Екостерн». При проведенні першого визначення динаміки наростання бульб (10 липня) різниця між варіантами була незначною: варіабельність на фоні без біодеструктора складала 3,7 %, а на фоні із застосуванням «Екостерн» – 3,0 %. Переважання інтенсивності наростання бульб картоплі в середньому на фоні з внесення «Екостерн», якщо порівняти з фоном, де не вносився біодеструктор, складало 1,6 % (табл. 6.6).

**Динаміка накопичення врожаю залежно від застосування  
біопрепаратів у ґрунт і триразового фоліарного внесення  
у головні фази розвитку, 2021–2023 рр.**

Фактор А	Фактор Б	Маса бульб з 1 куща, г								
		10 липня			20 липня			30 липня		
		2021	2022	2023	2021	2022	2023	2021	2022	2023
Фон 1 (без внесення біодеструктора)	1. Контроль (без внесення)	97	95	97	221	211	211	263	260	265
	2. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Агат 25» (100 мл/га) (3 рази)	103	101	103	272	242	273	324	305	304
	3. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Регоплант» (50 мл/га) (3 рази)	110	108	107	265	240	240	321	221	271
	4. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)	107	104	105	288	268	268	357	255	285
	5. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Стимпо» (15 мл/га) (3 рази)	113	103	104	271	271	271	338	293	293
Фон 2 (із внесенням «Екостерну», 1,2 л/га)	1. Контроль (без внесення)	103	100	101	276	201	215	336	250	272
	2. Мікохелп (2,0 л/га) + «Агат 25» (100 мл/га) (3 рази)	110	104	103	309	247	277	367	309	319
	3. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Регоплант» (50 мл/га) (3 рази)	109	107	108	318	243	243	378	230	272
	4. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)	113	105	108	312	256	276	365	254	292
	5. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Стимпо» (15 мл/га) (3 рази)	111	104	104	323	241	271	366	297	299

За другого строку визначення динаміки наростання бульб картоплі (20 липня) спотерігалася така ж тенденція підвищення інтенсивності наростання

бульб картоплі (+1,6 %). За третього строку визначення динаміки наростання бульб картоплі (30 липня) інтенсивність наростання на фоні з внесенням «Екостерну» зростає до 2,5 %, порівнюючи з фоном, де не вносився деструктор.

За варіантами дослідження наростання бульб картоплі у перший строк відбору було значним. У другий строк відбору найвища маса бульб формувалася на варіантах 2, 4, 5 на обох фонах деструкції. У третій строк відбору кращими виявилися варіанти 2 («Мікохелп» + «Агат 25К») та 4 («Мікохелп» + «Фітохелп»).

Отримані результати проведених досліджень показали, що на структуру врожаю у 2021 році, крім показників, як-от: природна родючість ґрунту, погодні умови, агротехніка, попередник, важливою складовою є види і способи застосування біологічних препаратів. Зокрема, аналізуючи результати дослідження, необхідно зауважити, що внесення в ґрунт біодеструктора «Екостерн» зменшувало на 3 % культивість дрібної фракції бульб (до 50 г), підвищувало на 4 % середньої фракції і в межах контролю (без внесення деструктора) великої фракції бульб (табл. 6.7).

Внесення в ґрунт «Мікохелпу» та фоліарні підживлення біопрепаратами «Агат 25 К», «Реґоплант», «Фітохелп» і «Стимпо» знижувало кількість дрібної фракції бульб на 1–4 % та підвищувало кількість великої фракції на 3–6 % на обох фонах деструкції. Оптимальним розподілом бульб на дрібну середню та велику фракції характеризувався варіант, де вносився «Мікохелп» і проводилися фоліарні підживлення біопрепаратом «Фітохелп», відсоток бульб відповідно становив 36 %, 21 і 43 %.

У сучасному землеробстві екологічна складова набуває дедалі більшого значення. Збереження родючості ґрунтів за умов недостатнього внесення органічної речовини тваринного походження та вирощування екологічно чистої продукції є одним із способів розвитку економічно ефективного картоплярства [3, 4]. Ученими доведено, що одним із високоефективних способів біологізації технології, ефективного оздоровлення ґрунту, зниження його хімічного забруднення та одержання екологічно чистої продукції є застосування сидератів [5].



Таблиця 6.8

**Структура врожаю картоплі залежно від застосування біопрепаратів у ґрунт і триразового фоліарного внесення у головні фази розвитку, 2021–2023 рр.**

Фактор А	Фактор Б	Фракції бульб від загальної маси, г/%								
		дрібна (<50 г)			середня (50–80 г)			велика (>80 г)		
		2021 р.	2022 р.	2023 р.	2021 р.	2022 р.	2023 р.	2021 р.	2022 р.	2023 р.
Фон 1 (без біодеструктора)	1. Контроль (без внесення)	534/49	511/49	487/40	286/27	276/27	256/21	258/24	244/24	482/39
	2. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Агат 25 (100 мл/га) (3 рази)	543/35	545/40	524/38	427/28	228/17	228/17	562/37	576/43	626/45
	3. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Регоплант» (50 мл/га) (3 рази)	500/37	486/39	446/37	354/26	254/21	244/21	491/37	490/40	500/42
	4. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)	488/31	569/38	545/36	422/27	322/21	322/21	667/42	626/41	646/43
	5. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Стимпо» (15 мл/га) (3 рази)	489/39	527/39	537/39	351/28	317/23	217/16	400/33	508/38	616/45
Фон 2 (із екостерном, 1,2 л/га)	1. Контроль (без внесення)	536/38	525/37	525/37	369/26	357/25	357/25	514/36	523/38	523/38
	2. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Агат 25 (100 мл/га) (3 рази)	580/34	574/34	572/34	425/25	375/22	378/23	709/41	727/44	728/43
	3. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Регоплант» (50 мл/га) (3 рази)	623/38	570/36	566/35	351/21	361/23	360/23	670/41	658/41	658/42
	4. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)	620/33	613/36	614/36	470/25	363/21	361/21	795/42	725/43	727/43
	5. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Стимпо» (15 мл/га) (3 рази)	583/36	592/36	588/36	492/30	362/22	364/22	554/34	668/42	669/42

Їхня ефективність за впливом на продуктивність картоплі не поступається 20–30 т/га гною [6]. Заорювання злаково-бобової суміші підвищує врожайність картоплі на 5–6 т/га завдяки збагаченню ґрунту органічними речовинами, поліпшенню його водно-фізичних властивостей, зниженню ураженості бульб паршею звичайною тощо [5]. Застосування біологічних технологій вирощування рослин дає змогу уникнути зазначених вище недоліків, а завдяки високим цінам на чисті продукти сприяє покращенню економічної ефективності галузі картоплярства [7–9].

У 2022 році застосування біопрепаратів зменшувало вміст дрібної фракції на 3–11 %, порівнюючи з фонами 1 і 2. Отримано збільшення великої фракції картоплі на фоні 1 на 14–19 відсотних % від загальної маси картоплі (101–157 абсолютних %) і на фоні 2 на 13–16 % (26–39 %), порівнюючи з контролем.

У 2023 р. на структуру врожаю, крім погодних умов, впливали біологічні препарати. Внесення в ґрунт біопрепарату «Мікохелп» (2,0 л/га) без біодеструктора та триразове застосування препаратів «Агат-25», «Регоплант», «Фітохелп» і «Стимпо» у відповідних нормах сприяли утворенню дещо збільшеної дрібної фракції бульб, абсолютне значення яких добігало 19,0–22,0 відсотків. Проте, при обробці бульб і застосуванні вищезгаданих препаратів протягом вегетації значною мірою зменшувало цей показник до рівня 16,0–18,0 відсотків. Подібна закономірність відслідковувалась по фракції 30–50 г, де відсоток сформованих бульб у варіантах з фоновим внесенням сягає на контролі 26,0 %, по інших – в межах 15,0–19,0 відсотків. Крім того, за цими варіантами фракція більше 100 г була сформована в межах 7,0–16,0 відсотків (табл. 6.7).

Аналізуючи результати дослідження по фоні 2, менше 1/4 бульб складала дрібна фракція (до 30 г), а також фракція 30–50 г. Однак, фракція більше 100 г. по всіх варіантах, порівнюючи з дослідом 1, складала значно вищу абсолютну величину – 14,0–20,0 % – за всіма варіантами досліду незалежно від способу застосування біопрепаратів.

Таблиця 6.9

**Загальна маса і кількість бульб картоплі з куща залежно від застосування біопрепаратів у ґрунт і триразового фоліарного внесення у головні фази розвитку, 2021–2023 рр.**

Фактор А	Фактор Б	Загальна маса з 1 куща, г			Кількість бульб з 1 куща, шт.		
		2021 р.	2022 р.	2023 р.	2021 р.	2022 р.	2023 р.
Фон 1 (без біодеструктора)	1. Контроль (без внесення)	1078	1031	1225	23	22	23
	2. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Агат 25» (100 мл/га) (3 рази)	1532	1349	1381	29	28	29
	3. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Регоплант» (50 мл/га) (3 рази)	1345	1230	1190	25	24	28
	4. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)	1577	1517	1513	31	30	30
	5. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Стимпо» (15 мл/га) (3 рази)	1240	1352	1370	25	24	28
Фон 2 (із «Екостерном», 1,2 л/га)	1. Контроль (без внесення)	1419	1405	1405	28	28	26
	2. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Агат 25» (100 мл/га) (3 рази)	1714	1676	1678	31	31	30
	3. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Регоплант» (50 мл/га) (3 рази)	1644	1589	1584	30	30	30
	4. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)	1885	1701	1702	33	32	31
	5. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Стимпо» (15 мл/га) (3 рази)	1629	1622	1621	30	30	29

Таким чином, узагальнюючи результати досліджень щодо впливу біопрепаратів на динаміку накопичення врожаю та його структуру, можна зробити висновок, що застосування біопрепаратів призвело до істотного збільшення великої фракції картоплі на 20–159 %, порівнюючи з контролем.

Найшвидше формувався врожай за оброблення бульб і триразового внесення по вегетації біопрепаратів «Фітохелп» (1,0 л/га), «Мікохелп» (2,0 л/га і 100 мл/т) та «Стимпо» (15 мл/га), відсоток формування у яких складав 31,7–33,0 %, з фізичною величиною 4,0–4,8 т/га.

Біостимулятори мали позитивний вплив на загальну масу куща і кількість бульб картоплі. Так, у середньому за 2021–2023 рр. на фоні 1 (без деструктора) маса куща збільшувалась на 13–38 % і на фоні 2 відповідно на 14–25 %, порівнюючи з контролем. Найбільші показники отримано за використання біодеструктора «Екостерн» (1,2 л/га), внесення «Мікохелп» (2,0 л/га) та «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази) і становили 1763 г/куща, що більше на 652 г/куща (58 %), порівнянюючи з контролем. Відповідно, отримано збільшення кількості бульб на фоні 1 на 13–30 %, фоні 2 – 11–19 %. Найвищі показники також отримано за використання «Фітохелпу» і становить 31 бульбу з куща.

### **6.5. Врожай та якісні показники картоплі залежно від застосованих біопрепаратів**

Картопля – цінна технічна, продовольча і кормова культура. Вуглеводи у вигляді крохмалю є головним харчовим компонентом. Дослідженнями в різних країнах встановлено, що гумінові кислоти, амінокислоти мають стимулювальну дію, збільшують стійкість рослин до негативного впливу гербіцидів, прискорюють синтез сполук, які надають позитивний вплив на якість і технологічні властивості продукції [27].

Амінокислоти, що входять до складу препаратів, безпосередньо засвоюються рослинами, тому метаболічний цикл синтезу білків скорочується і рослини на додаткове живлення реагують швидше [28].

Усе більшу увагу привертають до себе фізіологічно активні речовини рослинного походження та препарати на їх основі. До таких препаратів належить «Стимпо», активною речовиною якого є комплекс біологічно-активних сполук: продукти життєдіяльності грибів-мікроміцетів – 1 г/л (насичені і ненасичені жирні кислоти (C<sub>14</sub>–C<sub>28</sub>), полісахариди, 15 амінокислот, аналоги фітогормонів цитокінінової та ауксинової природи), комплекс біогенних мікроелементів – 0,014 г/л, а також аверсектин С – продукт життєдіяльності актиноміцету *Streptomyces avermytilis* [13].

Як наслідок, у рослинах активізуються процеси фотосинтезу, транспорту й обміну речовин, відбувається їх накопичення в запасальних тканинах, знижується витрата енергії, що забезпечує швидке наростання біомаси, підвищує стійкість рослин до несприятливих екологічних факторів, як-от посуха, заморозки, збудники хвороб [27].

Дослідження Головатюк та ін. (2021) показали, що передсадивна обробка бульб картоплі «Вермистимом» у нормі 8 л/т та дворазове обприскування «Вермистимом» у фазах бутонізації і цвітіння в нормі 12–14 л/га підвищило врожайність бульб картоплі, порівнюючи з контролем, на 49,6–61,8 ц/га, або на 16,9–21,0 %, для сорту Рокко – на 61,8–71,7 ц/га, або на 19,6–22,7 % для сорту Пікассо [8].

Аналізуючи результати проведених нами досліджень, необхідно відзначити, що застосування біопрепаратів та погодні умови року мають значний позитивний вплив на врожай картоплі (табл. 6.9, додатки Є–К).

За результатами досліджень (2021–2023 рр.) встановлено, що внесення біодеструктора «Екостерн» позитивно впливало на урожайність картоплі: приріст складав 0,84 т/га, або 7,9 %. У середньому на фоні з деструктором «Екостерн» (фактор А) урожайність підвищилася на 0,92 т/га, або на 7,6 %, порівнюючи з варіантами фону, де не вносився біодеструктор (табл 6.9).

**Урожайність картоплі сорту Партнер за органічної технології  
вирощування на дерново-підзолистому ґрунті, т/га**

Фактор А	Фактор Б	Урожайність, т/га			Середнє за 2021–2023 рр., т/га	± до контролю
		2021 р.	2022 р.	2023 р.		
Фон 1. Без біодеструктора	1. Контроль (без внесення)	10,5	10,6	10,76	10,62	-
	2. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Агат 25» (100 мл/га) (3 рази)	12,4	12,4	12,25	12,35	1,73
	3. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Регоплант» (50 мл/га) (3 рази)	12,3	12,4	12,3	12,33	1,71
	4. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)	12,7	12,7	12,52	12,64	2,02
	5. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Стимпо» (15 мл/га) (3 рази)	12,4	12,5	12,36	12,42	1,8
Фон 2. «Екостерн» (1,2 л/га)	1. Контроль (без внесення)	11,4	11,5	11,49	11,46	-
	2. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Агат 25» (100 мл/га) (3 рази)	13	13,1	13,15	13,08	1,62
	3. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Регоплант» – (50 мл/га) (3 рази)	13,3	13,4	13,46	13,39	1,93
	4. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)	13,8	13,6	13,6	13,67	2,21

	5. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Стимпо» (15 мл/га) (3 рази)	12,9	13,4	13,09	13,06	1,6
НІР <sub>05</sub>	Фактор А	0,13	0,09	0,07	0,10	
	Фактор Б	0,34	0,15	0,11	0,27	
	АБ	0,52	0,21	0,15	0,36	

Врожай картоплі на всіх варіантах дослідів (на фоні без біодеструктора), що вивчались, був у межах 12,33–12,64 т/га за рівня  $U_k$ , де він становив 10,62 т/га, з приростом від 1,71 до 2,02 т/га, порівнюючи з контролем. Найвищу продуктивність (12,64 т/га) отримано при внесенні в ґрунт біопрепарату «Мікохелп» і триразового фоліарного підживлення біопрепаратом «Фітохелп»: приріст склав 2,02 т/га (табл. 3.9).

Аналізуючи результати врожайності на фоні з «Екостерном» (1,2 л/га) встановлена ідентична залежність з отриманими даними на фоні без «Екостерну». Найвищу продуктивність ( $U_p$ ) – 13,67 т/га – забезпечив варіант 4 («Мікохелп» + «Фітохелп»), що більше, порівнюючи з контролем, на 2,21 т/га.

Загалом погодні умови суттєво не впливали на урожайність картоплі, за винятком 2022 року, коли на фоні із застосуванням «Екостерну», внесенням «Мікохелпу» (2,0 л/га) + «Стимпо» (15 мл/га) (3 рази) було отримано 13,4 т/га.

Відомо, що одним із важливих чинників інтенсивності фотосинтезу, крім сонячної інсоляції, відносної вологості повітря і ґрунту, удобрення тощо, є збереження зеленої листової поверхні. Тому найвищий врожай на варіанті фоліарного підживлення біопрепаратом «Фітохелп» був отриманий завдяки його високій ефективності у зниженні шкодочинної дії на рослини картоплі фітофторозу.

Агрокліматичні умови вегетаційного періоду, а саме: температура повітря, відносна вологість ґрунту, тривалість і активність освітлення, кількість та

розподіл опадів мали істотний вплив не тільки на ріст, розвиток та врожайність картоплі, але і на її якість.

За результатами аналізу якісних показників встановлено, що вміст сухої речовини зростав з 20,08 % на фоні без використання біодеструктора до 21,6 % за використання біодеструктора «Екостерн» (табл. 6.10).

Таблиця 6.11

**Суша речовина картоплі залежно від застосування біопрепаратів у ґрунт і триразового фоліарного внесення в головні фази розвитку**

Фактор А	Фактор Б	Суша речовина						Середнє за 2021–2023 рр., %
		2021 р.		2022 р.		2023 р.		
		%	т/га	%	т/га	%	т/га	
Фон 1. Без біодеструктора	1. Контроль (без внесення)	19	2	20,1	2,13	20,1	2,2	19,7
	2. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Агат 25» (100 мл/га) (3 рази)	19,16	2,38	20,6	2,55	20,5	2,5	20,1
	3. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Регоплант» (50 мл/га) (3 рази)	19,21	2,36	20,8	2,58	20,6	2,5	20,2
	4. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)	18,93	2,4	19,6	2,49	19,7	2,5	19,4
	5. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Стимпо» (15 мл/га) (3 рази)	21,15	2,62	21,75	2,72	21,2	2,6	21,4
Фон 2. «Екостерн» (1,2 л/га)	1. Контроль (без внесення)	21,05	2,4	21,6	2,48	21,6	2,5	21,4
	2. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Агат 25» (100 мл/га) (3 рази)	22,15	2,88	22,4	2,93	22,4	2,9	22,3



	3. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Регоплант» – (50 мл/га) (3 рази)	21,65	2,88	22,08	2,96	22,3	3	22,0
	4. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)	20,95	2,89	21,1	2,87	21,4	2,9	21,2
	5. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Стимпо» (15 мл/га) (3 рази)	21,1	2,72	22	2,9	22,1	2,9	21,7
НІР <sub>05</sub>	Фактор А	0,14		0,10		0,09		0,12
	Фактор Б	0,18		0,12		0,11		0,16
	АБ	0,26		0,16		0,13		0,22

У середньому за 2021–2023 рр. на фоні без біодеструктора вміст сухої речовини складав від 19,7 % на контролі до 21,4 % при внесенні в ґрунт «Мікохелп» та фоліарному підживленні «Стимпо» з абсолютними кількісними показниками, відповідно 2,3 т/га та 2,61 т/га. Вміст сухої речовини на фоні застосування «Екостерн» коливався в межах 21,4–22,3 %. Найвищий показник сухої речовини отримано за застосування «Екостерн» в нормі 1,2 л/га у варіанті «Мікохелп» + «Агат 25 К» і становив 22,3%.

За вмістом крохмалю та збору в розрахунку з 1 га відмічено його підвищення за використання біодеструктора «Екостерн» до 2,1–2,4 % (табл. 6.11). У середньому за фактором А – на 1,45 %. Слід відмітити, що коливання вмісту крохмалю на фоні без біодеструктора було незначним і в межах похибки досліду. На фоні застосування біодеструктора «Екостерн» внесення в ґрунт «Мікохелп» та фоліарні підживлення біопрепаратами «Агат 25 К», «Регоплант», «Фітохелп» «Стимпо» знижували вміст крохмалю в бульбах картоплі від –0,3 % до –1,61 %.

У всіх варіантах відзначено низький вміст нітратів, які не перевищували допустимі норми – 120 мг/кг, з показниками 22,0–25,7 мг/кг.

Таблиця 6.12

## Вміст крохмалю і нітратів у картоплі за використання біопрепаратів

Фактор А	Фактор Б	Крохмаль						NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/кг			
		2021 р.		2022 р.		2023 р.		2021 р.	2022 р.	2023 р.	Середнє
		%	т/га	%	т/га	%	т/га				
Фон 1. Без біодеструктора	1. Контроль (без внесення)	14,55	1,53	16,1	1,71	16,11	1,7	21,2	22,41	22,38	22,0
	2. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Агат 25» (100 мл/га) (3 рази)	13,99	1,73	15,9	1,97	16,14	2	21,93	23,09	22,48	22,5
	3. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Регоплант» (50 мл/га) (3 рази)	14,4	1,77	16	1,98	16,09	2	21,54	22,85	22,45	22,3
	4. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)	14,99	1,9	16,3	2,07	16,18	2	22,87	23,47	23,27	23,2
	5. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Стимпо» (15 мл/га) (3 рази)	16,82	2,09	17,1	2,14	16,12	2	22,16	23,06	23,15	22,8
Фон 2. «Екостерн» (1,2 л/га)	1. Контроль (без внесення)	18,2	2,07	18,3	2,1	18,18	2,1	23,18	23,31	23,3	23,3
	2. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Агат 25» (100 мл/га) (3 рази)	17,18	2,23	17,68	2,32	17,85	2,4	25,37	26,15	25,14	25,6
	3. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Регоплант» (50 мл/га) (3 рази)	15,79	2,1	16,2	2,17	16,57	2,2	24,45	25,38	25,08	25,0
	4. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)	18,17	2,51	18,9	2,57	17,84	2,4	25,34	26,21	25,41	25,7
	5. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Стимпо» (15 мл/га) (3 рази)	16,86	2,17	17,4	2,3	17,46	2,3	24,48	25,63	25,53	25,2

## **6.6. Економічна ефективність вирощування органічної продукції за різного застосування біопрепаратів**

Останніми роками, незважаючи на збільшення обсягів виробництва сільськогосподарської продукції, спостерігається погіршення фінансового стану сільських товаровиробників [3]. Загальні питання розвитку картоплярства, а також проблеми організації ефективного виробництва та збуту картоплі сільськогосподарськими підприємствами та господарствами населення є предметом дослідження багатьох науковців, як-от: Ю. Білан, Ю. Баранчук, В. Горкавий, Л. Ігнатенко, П. Киценко, В. Кононученко, В. Куценко, В. Макаренко, М. Мартинишин, Л. Мех, А. Погорілий, О. Положенець, П. Теслюк, Ю. Цимбалюк та ін [3]. Однак багато питань функціонування картоплярства ще залишаються невирішеними, зокрема, і розвиток органічного землеробства та біологічних методів захисту картоплі.

Економічна ефективність показує кінцевий корисний ефект від застосування засобів виробництва і живої праці, а також сукупних їх вкладень. Знаючи велику цінність картоплі – незамінного продукту як у харчовому, так і в промисловому виробництві – і враховуючи, що Волинська дослідна станція Інституту сільського господарства Західного Полісся НААН спеціалізується на вирощуванні органічної картоплі, питанню збільшення обсягів її виробництва, а також покращення якості, необхідно приділяти значну увагу.

Для цього слід здійснювати комплекс технологічних та організаційних заходів з поліпшення якості посадкового матеріалу; це стосується, зокрема, системи захисту та удобрення, механізації трудомістких процесів. Як відомо, природно-економічні умови, в яких веде свою діяльність будь-яке господарство, забезпечують лише умови для розвитку тієї чи іншої галузі, а саме правильність їх використання свідчить уже про стан розвитку галузі. Економічна ефективність виробництва картоплі означає одержання максимального обсягу продукції з одного гектара за найменших витрат на одиницю продукції.

Основними показниками, що характеризують рівень економічної ефективності виробництва картоплі, є: урожайність, умовно чистий прибуток на 1 га, рівень рентабельності.

У 2021 році вартість продажу картоплі органічної була такою: дрібної – 5 грн/кг, середньої – 6 грн/кг, великої – 8 грн/кг, у 2022 р., у 2023 р. відповідно 7 грн/кг, 8 і 9,5 грн/кг. Витрати на насіннєвий матеріал, обробіток, органічні добрива, сидерат і його загортання в ґрунт, збирання становили: у 2021 році 55,4 тис. грн/га, у 2022 р. – 61,4 тис. грн/га і у 2023 р. – 71,5 тис. грн/га. Чистий прибуток розраховували з урахуванням витрат на реалізацію продукції – 3 тис. грн/га.

Економічну ефективність вирощування органічної картоплі сорту Партнер за використання біопрепаратів у 2021 р. наведено в табл. 6.12. Необхідно зазначити, що найбільший умовно чистий дохід (26,1 тис. грн/га) і рівень рентабельності (45,3 %) отримано на варіанті без біодеструктора за використання «Мікохелпу» (2,0 л/га) + «Фітохелпу» (1,0 л/га) (3 рази), що більше в 5 разів, порівнюючи з контролем. Використання біодеструктора незначно зменшувало показники, але на цьому ж варіанті вони були більші за інші. На контролі без внесення деструктора отримано найменший рівень рентабельності 8,1%, використання деструктора збільшило даний показник до 17,6%.

У 2022 році використання біодеструктора (табл. 6.13) суттєво збільшило умовно чистий дохід: 5,8 тис. грн/га (за використання «Агату»); 7,5 тис. грн/га (за використання «Регоплану»); 6,8 тис. грн/га (за використання «Фітохелпу»); 5,9 тис. грн/га (за використання «Стимпо»). Найвищий рівень рентабельності (Рп = 55,7 %) отримано на варіанті з біодеструктором за використання «Мікохелпу» (2,0 л/га) + «Фітохелпу» (1,0 л/га) (3 рази), що більше в 1,63 раза, порівнюючи з контролем. Без деструктора показники умовно чистого доходу були менші, ніж за його використання, і становили 11,1–29,1 тис. грн. Менші показники доходу у 2022 році за більшої урожайності були отримані у зв'язку зі збільшенням цін на пальне.

У 2023 році використання біодеструктора суттєво збільшило умовно чистий дохід (табл. 6.14).

**Економічна ефективність вирощування органічної картоплі сорту Партнер  
за використання біопрепаратів, 2021 р.**

Фактор А	Фактор Б	Урожайність, т/га			Вартість урожаю, тис. грн/га				Витрати, тис. грн/га		Умовно чистий дохід, тис. грн/га	Рівень рентабельності, %
		дрібна	середня	велика	дрібна	середня	велика	загалом	зокрема на біостимулятори	усього		
Фон 1. Без біодеструктора	1. Контроль (без внесення)	5,15	2,84	2,52	25,7	17,0	20,2	62,9		55,4	4,5	8,1
	2. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Агат 25» (100 мл/га) (3 рази)	4,52	3,61	4,77	22,6	21,7	38,2	82,4	1,49	56,9	22,5	39,6
	3. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Регоплант» (50 мл/га) (3 рази)	4,63	3,25	4,63	23,1	19,5	37,0	79,6	1,521	56,9	19,7	34,6
	4. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)	4,12	3,59	5,59	20,6	21,5	44,7	86,8	2,325	57,7	26,1	45,3
	5. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Стимпо» (15 мл/га) (3 рази)	4,95	3,56	4,19	24,8	21,3	33,5	79,6	1,42	56,8	19,8	34,9
Фон 2. «Екостерн» (1,2 л/га)	1. Контроль (без внесення)	4,14	2,83	3,92	20,7	17,0	31,4	69,1	0,8	56,2	9,9	17,6
	2. Мікохелп (2,0 л/га) + «Агат 25» (100 мл/га) (3 рази)	4,25	3,13	5,13	21,3	18,8	41,0	81,0	2,3	57,7	20,3	35,2
	3. Мікохелп (2,0 л/га) + Регоплант – (50 мл/га) (3 рази)	4,79	2,65	5,17	23,9	15,9	41,3	81,1	2,3	57,7	20,4	35,4
	4. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)	4,32	3,28	5,50	21,6	19,7	44,0	85,3	3,1	58,5	23,8	40,7
	5. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Стимпо» (15 мл/га) (3 рази)	4,46	3,72	4,22	22,3	22,3	33,7	78,4	2,2	57,6	17,8	30,8

**Економічна ефективність вирощування органічної картоплі сорту Партнер  
за використання біопрепаратів, 2022 р.**

Фактор А	Фактор Б	Урожайність, т/га			Вартість урожаю, тис. грн/га				Витрати, тис. грн/га		Умовно чистий дохід, тис. грн/га	Рівень рентабельності, %
		дрібна	середня	велика	дрібна	середня	велика	загалом	зокрема на біоци- мулятори	усього		
Фон 1. Без біодеструктора	1. Контроль (без внесення)	5,19	2,86	2,54	31,2	21,5	22,9	75,5		61,4	11,1	18,1
	2. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Агат 25» (100 мл/га) (3 рази)	4,96	2,11	5,33	29,8	15,8	48,0	93,6	1,49	62,9	27,7	44,0
	3. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Регоплант (50 мл/га) (3 рази)	4,84	2,60	4,96	29,0	19,5	44,6	93,2	1,521	62,9	27,3	43,3
	4. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)	4,83	2,67	5,21	29,0	20,0	46,9	95,8	2,325	63,7	29,1	45,7
	5. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Стимпо» (15 мл/га) (3 рази)	4,88	2,88	4,75	29,3	21,6	42,8	93,6	1,42	62,8	27,7	44,2
Фон 2. «Екостерн» (1,2 л/га)	1. Контроль (без внесення)	4,26	2,88	4,37	25,5	21,6	39,3	86,4	0,8	62,2	21,2	34,1
	2. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Агат 25» (100 мл/га) (3 рази)	4,45	2,88	5,76	26,7	21,6	51,9	100,2	2,3	63,7	33,5	52,6
	3. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Регоплант» (50 мл/га) (3 рази)	4,82	3,08	5,49	28,9	23,1	49,4	101,5	2,3	63,7	34,8	54,6
	4. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)	4,90	2,86	5,85	29,4	21,4	52,6	103,4	3,1	64,5	35,9	55,7
	5. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Стимпо» (15 мл/га) (3 рази)	4,75	2,90	5,54	28,5	21,8	49,9	100,2	2,2	63,6	33,6	52,8

Таблиця 6.15

## Економічна ефективність вирощування органічної картоплі за використання біопрепаратів, 2023 р.

Фактор А	Фактор Б	Урожайність, т/га			Вартість урожаю, тис. грн/га				Витрати, тис. грн/га		Умовно чистий дохід, тис. грн/га	Рівень рентабельності, %
		дрібна	середня	велика	дрібна	середня	велика	загалом	зокрема на біопрепарати	усього		
Фон 1. Без біодеструктора	1. Контроль (без внесення)	4,30	2,26	4,20	30,1	18,1	39,9	88,1		71,5	13,6	19,0
	2. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Агат 25» (100 мл/га) (3 рази)	4,66	2,08	5,51	32,6	16,7	52,4	101,6	1,9	73,4	25,2	34,4
	3. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Регоплант» (50 мл/га) (3 рази)	3,20	2,58	6,52	22,4	20,7	61,9	105,0	2,0	73,5	28,5	38,7
	4. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)	3,38	2,63	6,51	23,7	21,0	61,8	106,5	2,8	74,3	29,2	39,4
	5. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Стимпо» (15 мл/га) (3 рази)	3,46	2,84	6,06	24,2	22,7	57,5	104,5	1,9	73,4	28,1	38,3
Фон 2. «Екостерн» (1,2 л/га)	1. Контроль (без внесення)	2,99	2,87	5,63	20,9	23,0	53,5	97,4	1,3	72,8	21,6	29,6
	2. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Агат 25» (100 мл/га) (3 рази)	3,29	2,89	6,97	23,0	23,1	66,2	112,5	2,8	74,2	35,3	47,2
	3. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Регоплант» (50 мл/га) (3 рази)	2,83	3,10	7,54	19,8	24,8	71,6	116,2	2,8	74,3	38,9	52,3
	4. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)	3,40	2,86	7,34	23,8	22,8	69,8	116,4	3,6	75,1	38,3	51,0
	5. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Стимпо» (15 мл/га) (3 рази)	3,93	2,88	6,28	27,5	23,0	59,7	110,2	2,7	74,2	33,0	44,5

Так, збільшення умовно чистого доходу у 2023 р. за використання біодеструктора становило: 10,1 тис. грн/га (за використання «Агат»); 10,4 тис. грн/га (за використання «Регоплан»); 9,1 тис. грн/га (за використання «Фітохелп»); 4,9 тис. грн/га (за використання «Стимпо»). Найвищий рівень рентабельності (52,3%) отримано на варіанті з біодеструктором за використання «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Регоплант» (50 мл/га) (3 рази) і 51 % «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази), що більше в 1,6–1,8 раза, порівнюючи з контролем. Без деструктора показники умовно чистого доходу були менші, ніж за його використання і становили 10,6–13,61 тис. грн. Менші показники доходу у 2023 році за більшої урожайності, ніж у 2021 р., були отримані у зв'язку зі збільшенням цін на пальне.

Усередньому за 2021-2023 рр. порівняно з контролем умовно чистий дохід зріс на 10,0–22,6 тис. грн, рентабельність – на 15,4–33,7%. Найбільший умовно чистий дохід (32,3 тис. грн/га), забезпечила технологія вирощування картоплі з використанням «Мікохелп» (внесення в ґрунт 2,0 л/га) та «Фітохелп» (триразова фоліарна обробка по 1,0 л/га) на фоні обробки рослинних решток сидерату біодеструктором «Екостерн» (1,2 л/га) за рівня рентабельності 48,8 %, що відповідно в 3,3 та 3,2 рази більше, порівняно з контролем.

## **Висновки до розділу 6**

1. Застосування біологічних препаратів під час вирощування картоплі призводило до зменшення розвитку фітофторозу й альтернаріозу. Нижчий розвиток захворювань відмічено у варіантах, де вносили біодеструктор «Екостерн» (1,2 л/га) та біопрепарат «Мікохелп» (2,0 л/га) з подальшим обприскуванням рослин у різні фази вегетації препаратами «Агат 25», «Регоплант», «Фітохелп» і «Стимпо». Найвищою технічною ефективністю характеризувався «Фітохелп» з нормою витрати 1,0 л/га.

2. Найвища середня висота стеблостою, величина асиміляційної поверхні та маса куща були сформовані за використання деструктора «Екостерн» і



варіанта 4 («Мікохелп», 2,0 л/га + «Фітохелп», 1,0 л/га (3 рази)) і становили відповідно 48 см, 4063 см<sup>2</sup> та 1763 г/куща.

3. Комплексне застосування біодеструктора з біопрепаратами зумовило покращення проходження фотосинтетичних процесів. Встановлено зростання показників  $F_{max}$ ,  $F_v$ ,  $F_v/F_{max}$ ,  $(F_{max} - F_{st})/F_{st}$  відносно контролю. Відмічено найкращі результати щодо показника продуктивності фотосинтезу ( $F_v/F_{max}$ ) внаслідок внесення біодеструктора «Екостерн» (1,2 л/га) в комплексі з внесенням у ґрунт «Мікохелп (2,0 л/га) та фоліарно «Фітохелп» (1,0 л/га).

4. Застосування біопрепаратів призвело до істотного збільшення великої фракції картоплі – на 20–159 %, порівнюючи з контролем. У середньому за фактором А урожайність картоплі на фоні, де застосовувався «Екостерн» (1,2 л/га) була вищою на 0,92 т/га, або на 7,6 %, порівнюючи з фоном, на якому не застосовувався біодеструктор.

5. Біостимулятори збільшували загальну масу куща на 13–38 % і кількість бульб картоплі. Урожай картоплі на всіх варіантах дослідів (на фоні без біодеструктора), що вивчались, був у межах 12,33–12,64 т/га за рівня на контролі 10,62 т/га, з приростом від 1,71 до 2,02 т/га, якщо порівняти з контролем. Найвищу продуктивність (12,64 т/га) отримано внаслідок внесення в ґрунт біопрепарату «Мікохелп» і триразового фоліарного підживлення біопрепаратом «Фітохелп», приріст склав 2,02 т/га.

6. Найвищий показник сухої речовини отримано за застосування «Екостерн» (1,2 л/га) на варіанті «Мікохелп» + «Агат», він становив 22,3 %. Щодо вмісту крохмалю, відмічено його підвищення за використання біодеструктора «Екостерн» на 2,07 %.

7. У середньому за 2021-2023 рр. порівняно з контролем умовно чистий дохід зріс на 10,0–22,6 тис. грн, рентабельність – на 15,4–33,7%. Найбільший умовно чистий дохід (32,3 тис. грн/га), забезпечила технологія вирощування картоплі з використанням «Мікохелп» (внесення в ґрунт 2,0 л/га) та «Фітохелп»

(триразова фоліарна обробка по 1,0 л/га) на фоні обробки рослинних решток сидерату біодеструктором «Екостерн» (1,2 л/га) за рівня рентабельності 48,8 %, що відповідно в 3,3 та 3,2 рази більше, порівнюючи з контролем.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 6

1. Disease Inhibiting Effect of Strain *Bacillus subtilis* EG21 and Its Metabolites Against Potato Pathogens / Alfiky Alsayed, L'Haridon Floriane, Abou-Mansour Eliane et al. *Phytophthora infestans* and *Rhizoctonia solani*. *Phytopathology*. 2022. Vol. 112. URL: <https://doi.org/10.1094/PHTO-12-21-0530-R>.
2. Characterization and survival of broad-spectrum biocontrol agents against phytopathogenic fungi / Saba A., Syed A., Neelam J., et al. *Revista Argentina de Microbiología*. 2022. Vol. 54. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ram.2021.10.005>.
3. Berhan M. Review on epidemiology, sampling techniques, management strategies of late blight (*Phytophthora infestans*) of potato and its yield loss. *Asian J. Adv. Res.* 2021. Vol. 7. P. 9–17.
4. Biochemical changes in affected potato tubers / Bomok S., Taktaiev B., Pikovskyi M., Marieva O. *Quarantine and Plant Protection*. 2020. Vol. 1, P. 9–12. URL: <https://doi.org/10.36495/2312-0614.2020.01.9-12>.
5. Bomok S. K., Pikovskyi M. Y. Symptomatology of fusarium dry rot of potato tubers. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2019. № 5 (81). URL: <https://doi.org/10.31548/dopovidi2019.05.006>.
6. Deguchi T., Iwama K., Haverkort A. J. Actual and Potential Yield Levels of Potato in Different Production Systems of Japan. *Potato Res.* 2016. Vol. 59. P. 207–225.
7. Ефективність застосування відновлюваних місцевих ресурсів за органічного землеробства: науково-методичні рекомендації Вінниця : ТОВ «ВТОРИ», 2020. 48 с.
8. Efficiency of complex microfertilizers and biostimulants application in potato growing in the Western Forest-Steppe of Ukraine / Golovatiuk R. Y., Mialkovsky R. O., Bezhikovny P. V. *Taurian Scientific Herald*. 2021. № 119. С. 28–34. URL: <http://dx.doi.org/10.32851/2226-0099.2021.119>.
9. Identification of endophytic *Bacillus velezensis* ZSY-1 strain and antifungal activity of its volatile compounds against *Alternaria solani* and *Botrytis cinerea* / Gao Z., Zhang B., Liu H. Et al. *Biol Control*. 2017. Vol. 105. P. 27–39.

10. Genty B., Briantais J.-M., Baker N. R. The relationship between quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. *Biochimica et Biophysica Acta*. Vol. 990, Issue 1. P. 87–92. URL: [https://doi.org/10.1016/S0304-4165\(89\)80016-9](https://doi.org/10.1016/S0304-4165(89)80016-9).
11. Khomenko T., Tonkha O., Pikovska O., Achasov A. The influence of biological preparations on the microbiological activity of sod-podzolic soil for the cultivation of food potatoes. *Plant and Soil Science*. 2022. Vol. 13(1). P. 60–66. URL: [https://doi.org/10.31548/agr.13\(1\).2022.60-66](https://doi.org/10.31548/agr.13(1).2022.60-66).
12. Koch M., Naumann M., Pawelzik E. et. The Importance of Nutrient Management for Potato Production Part I: Plant Nutrition and yield. *Potato research*. 2020. 63. P. 97-119. <https://doi.org/10.1007/s11540-019-09431-2>.
13. Індукція флуоресценції хлорофілу листків у представників роду *Clematis* L. в умовах Києва / Ковалишина І. Б., Пінчук А. П., Таран М. В., Швець Р. Л. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Лісівне і садово-паркове господарство*. 2016. Т. 238. С. 176–184.
14. Microbial consortium mediated acceleration of the defense response in potato against *Alternaria solani* through prodigious inflation in phenylpropanoid derivatives and redox homeostasis / Kumar S., Chandra R., Behera L. et al. *Heliyon*. 2023. Vol. 10. URL: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e22148>.
15. Kyryk M. M., Pikovskyi M. Y., Azaiki S. Diagnostic signs of diseases of vegetable crops and potato. 2012. Kyiv: Phoenix. 175 p.
16. Kytaiev O., Klochan P., Romanov V. Proceedings of conference reports on the integrated program of fundamental researches of NAS of Ukraine in the field of sensor systems and technologies, 2–3 February 2005, Kyiv: thesis. Kyiv, 2005. 59 p.
17. Léger G., Novinscak A., Biessy A. Et al. In Tuber Biocontrol of Potato Late Blight by a Collection of Phenazine-1-Carboxylic Acid-Producing *Pseudomonas* spp. *Microorganisms*. 2021. Vol. 9. 2525. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9122525>.

18. Maxwell K., Johnson G. N. Chlorophyll fluorescence – a practical guide. *Journal of experimental botany*. 2000. Vol. 51(345). P. 659–668. URL: <https://doi.org/10.1093/jexbot/51.345.659>.
19. Спосіб визначення фізіологічного стану рослинметодом індукції флуоресценції хлорофілу : пат. IPC A01N 4/00 / Шерер В. О., Шарахан Є. В. № u200612341; заявл. 24.11.2006; опубл. 25.07.2007, Бюл. № 11.
20. Metz N., Hausladen H. Trichoderma spp. As potential biological control agent against *Alternaria solani* in potato. *Biological Control*. 2021. Vol. 166. URL: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2021.104820>.
21. Antagonistic bioagent mechanisms of controlling potato soft rot / Osei R., Yang C., Cui L. et al. *Plant Protection Science*. 2022. Vol. 58 (1). P. 18–30.
22. Management of Early Blight of Potato (*Solanum tuberosum* L.) caused by *Alternaria solani* [(Ellis & Martin) Jones & Grout] through Fungicides and its Impact on Yield / Rajendra Sh., Patel J., Patel D., Patel R. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2020. Vol. 9(3). P. 1683–1693.
23. Solomiychuk M., Pikovskyi M. Influence of biostimulants and biostimulating complexes on the growth and development of soybeans in the Western Forest-steppe of Ukraine. *Interdepartmental Thematic Scientific Collection of Phytosanitary Safety*, 2021. Vol. 67. P. 251–269. URL: <https://doi.org/10.36495/1606-9773.2021.67.251-269>.
24. Reduced efficacy of biocontrol agents and plant resistance inducers against potato early blight from greenhouse to field / Stridh Linnea & Mostafanezhad Hadis & Andersen Christian et al. *Journal of Plant Diseases and Protection*. 2022. Vol. 129. URL: <https://doi.org/10.1007/s41348-022-00633-4>.
25. The study of the productivity potential of grape varieties according to the indicators of functional activity of leaves / Vasylenko O., Kondratenko T., Havryliuk O. et al. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. 2021. Vol. 15. P. 639–647. URL: <https://doi.org/10.5219/163/>.
26. Yuen J. Pathogens which threaten food security: Phytophthora infestans, the potato late blight pathogen. *Food Secur.* 2021. Vol. 13(2). P. 247–53.

27. Андрюшко А., Сологуб Ю. Загальні аспекти сучасних технологій вирощування картоплі. *Агроном*. 2014. С. 10–12.

28. Артюх Т., Безсмертна О., Мельник Д. Проблеми та перспективи розвитку ринку картоплі в Україні з врахуванням зональної спеціалізації галузі. *Економіка та суспільство*. 2022. Вип. 39. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-39-54>.

29. Ефективність біологізованої технології вирощування картоплі за краплинного зрошення в умовах Півдня України / Г. Балашова, В. Нетіс, С. Юзюк та ін. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 5(818). С. 60–64. URL: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202105-08>.

30. Баранчук Ю. В., Молоцький М. Я. Вплив маси садивних бульб, площ та рівнів живлення на ріст і розвиток картоплі. *Картоплярство*. 2000. Вип. 30. С. 94–102.

31. Біохімічні зміни в уражених бульбах картоплі / Бомок С. К., Тактаєв Б. А., Піковський М. Й., Мар'єва О. М. *Захист і карантин рослин*. 2020. № 1. С. 9–11.

32. Трембіцька О., Клименко Т., Федорчук С. Вплив регуляторів росту на якість бульб картоплі. *Збірник наукових праць ЛОГОΣ. Integración de las ciencias fundamentales y aplicadas en el paradigma de la sociedad Post-industria European Scientific Platform*. 2020. P. 93–95. URL: <http://dx.doi.org/10.36074/24.04.2020.v1.33>.

33. Гнатюк І. М. Залежність урожаю та якості картоплі від схем садіння, норм добрив і маси садивних бульб в умовах західного Лісостепу України : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.09. УААН, Ін-т цукр. буряків. Київ, 1997. 18 с.

34. Гончаренко О. П., Нечипоренко Г. Т., Мартищенко О. П. Стеблоутворююча здатність бульб різної маси та оптимальний стеблостій для картоплі сортів Каскад Поліський, Радомишльська, Ікар. *Картоплярство*. 2014. Вип. 25. С. 57–61.

35. Данилюк В, Лагуш Н, Мруць О. Ефективність удобрення картоплі в умовах Малого Полісся. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Серія: Агронія*. 2011. № 15 (2). С. 47–51

36. Демкович Я. Б., Верменко Ю. Я. Продуктивність сортів картоплі в умовах південної частини Полісся України. *Картоплярство*. 2006. Вип. 34–35. С. 93–109.

37. Єремєєва С. П., Савостяник О. С. Урожайність картоплі залежно від системи удобрення при краплинному зрошенні. *Наукові праці. Екологія*. Миколаїв. 2015. Вип. 244. Т. 256. С. 66–69.

38. Косилович, Г., Голячук, Ю. С.; Панахид, О. Захист ранньостиглих сортів картоплі від грибних хвороб. Сучасні технології вирощування екологічно безпечної плодоовочевої продукції : II Міжнародна науково-практична конференція, присвячена 90-річчю від дня народження видатної селекціонерки часнику Лідії Ліщак, м. Львів, 28–29 березня 2024 року : тези доповіді / уклад. і ред. : Стефанюк С. В, Підлубенко І. М. Львів : ЛНУП, 2024. С. 136.

39. Мазур О. В., Миронова Г. В. Економічна та енергетична ефективність вирощування насінневої картоплі в умовах Лісостепу Правобережного. *Сільське господарство та лісівництво*. 2022. № 2(25). С. 99–116. URL: <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2022-2-8>.

40. Адаптивні властивості різних сортів картоплі в умовах Лісостепу Західного / М'ялковський Р. О., Безвіконний П. В., Кравченко В. С., Яценко А. О. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2020. № 2. С. 38–41.

41. Методичні рекомендації щодо проведення досліджень з картоплею / За ред. В. В. Кононученка. Немішаєве: ІК УААН, 2002. 183 с.

42. Пархуць І. М. Рекомендації щодо удобрення картоплі на дерново-підзолистих і темно-сірих опідзолених ґрунтах. Вчені Львівського національного аграрного університету виробництву: каталог наукових розробок. 2017. Вип. 7. С. 83–84.

43. Наукові основи формування збалансованих агрофітоценозів та підвищення екологічно безпечних та високопродуктивних систем органічного землеробства за вирощування картоплі у зоні Західного Полісся : методичні рекомендації / Пузняк О. М., Дуць І. З., Гонта Н. А. та ін. Луцьк, 2023. 82 с.

44. Рогач В. В. Рогач Т. І. Вплив синтетичних стимуляторів росту на морфофізіологічні характеристики та біологічну продуктивність культури картоплі. *Biosystems Diversity*. 2015. Т. 23, № 2. URL: <https://doi.org/10.15421/011532>.

45. Хоменко Т. О. Якісні показники бульб картоплі за органічної технології вирощування в умовах Західного Полісся. Поєднання науки, освіти, практичного виробництва і справедливого продажу якісної органічної продукції: XIV Міжнародна науково-практична конференція, м. Вінниця, 1 червня 2023 року: тези доповіді. Вінниця, 2023. С. 49.

46. Хоменко Т. О., Пузняк О. М. Вплив біопрепаратів на урожайність картоплі за органічної технології вирощування в умовах Західного Полісся. Поєднання науки, освіти, практичного виробництва і справедливого продажу якісної органічної продукції: XIII Міжнародна науково-практична конференція, м. Вінниця, 23 червня 2022 року: тези доповіді. Вінниця 2022. С. 156.

47. Хоменко Т. О., Тонха О. Л., Пузняк О. М., Гаврилюк О. С. Оцінка комплексного впливу біопрепаратів на процес проходження індукції флуоресценції хлорофілу в листках картоплі за органічної технології вирощування. Наукові доповіді НУБіП України. 2023. Т. 6, № 106. URL: [http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi6\(106\).2023.006](http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi6(106).2023.006).

48. Явтушенко Т. М. Залежність між урожайністю та площею листків у різних за стиглістю сортів картоплі. *Картоплярство*. 2017. Вип. 36. С. 145–153.



## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі наведено теоретичне узагальнення та нове вирішення актуальної проблеми, пов'язаної із дослідженням впливу біодеструктора і біостимуляторів росту рослин на біологічну активність дерново-підзолистого ґрунту та його родючість, метагеном та чисельність мікроорганізмів різних фізіологічних і таксономічних груп у ризосфері картоплі, а також її ріст і розвиток. Це дає змогу обґрунтувати висновки та розробити ефективні пропозиції для оптимізації родючості ґрунту та його біологічної активності, поліпшення фітосанітарного стану посівів і підвищення продуктивності картоплі за органічної технології вирощування.

1. Встановлено, що чисельність мікроорганізмів досліджуваних фізіологічних і таксономічних груп у ризосфері картоплі змінювались протягом вегетаційного періоду і залежала від погодних умов року та застосування біостимуляторів і біодеструктора. Найвищу загальну кількість бактерій у ризосфері картоплі виявлено за триразового внесення препарату «Агат 25» (100 мл/га) при застосуванні препаратів «Мікохелп» (2,0 л/га) та «Екостерн» (приріст до контролю + 7,3–25 %).

2. Застосування біопрепаратів сприяло збільшенню чисельності мікроорганізмів, які беруть участь у трансформації сполук вуглецю і нітрогену. Найвищий приріст до контролю чисельності педотрофів виявлено у ґрунті, де використовували біостимулятори «Стимпо» (+288 %), «Агат» без біодеструктора (+43 %) і «Регоплант» з біодеструктором (+44 %); оліготрофів – у варіанті «Мікохелп» + «Агат» і «Фітохелп» без біодеструктора (+13–71 %). За внесення препаратів «Агат» і «Мікохелп» зростала чисельність амоніфікувальних мікроорганізмів (+7–71%) і бактерій роду *Azotobacter* (+ 45–105 %); а препаратів «Фітохелп» і «Стимпо» з «Мікохелп» – чисельність бактерій роду *Azotobacter* (+23–88%).

3. Застосування біодеструктора «Екостерн» (1,2 л/га) і використання сидерату гірчиці білої як попередника картоплі, порівнюючи з варіантом без його

застосування, сприяло підвищенню чисельності педотрофів на 72–181 %, амоніфікувальних мікроорганізмів на 16–36 %, нітрифікаційної здатності ґрунту – на 130–160 % і зниження патогенних грибів на 60–100 % за використання біопрепаратів, а також показника біологічної активності на 69,4 бала.

4. Застосування біодеструктора «Екостерн» сприяло збільшенню доступності елементів живлення протягом вегетації картоплі столової ( $K_{0.} = 0,01–0,90$ ) і оптимізації мікробних процесів синтезу-деструкції органічної речовини у дерново-підзолистому ґрунті ( $K_{M.-I}$  наближений до 1), тоді як без застосування біодеструктора у ґрунті зростала (у 0,8–1,6 рази) напруженість мінералізаційних процесів.

5. Молекулярно-біологічними методами вперше виявлено метагеном та показано таксономічну структуру прокаріотного комплексу дерново-підзолистого ґрунту у ризосфері картоплі столової сорту Піонер. Вона складалася з 7 основних кластерів, 10 підкластерів, 59 видів, які відповідали п'яти домінантним генотипам, що належать до представників філотипів *Proteobacteria*, *Acidobacteria*, *Actinobacteria*, *Firmicutes*, значну частину з яких становлять форми, які не культивуються на елективних поживних середовищах.

6. Встановлено, що застосування деструктора стерні «Екостерн» порівняно з контролем сприяло формуванню вищого на 37 % рівня мікробного біорізноманіття і трофічно складнішої будови філотипової структури метагеному прокаріотів. За дії біодеструктора також виявлено тенденцію до зростання індексу екофізіологічного біорізноманіття в діапазоні від очікуваного до високого біорізноманіття.

7. За органічної технології вирощування картоплі обробка решток попередника біодеструктором «Екостерн» сприяла поліпшенню агрохімічних та агрофізичних властивостей дерново-підзолистого ґрунту. Порівняно з варіантами без біодеструктора кількість рухомих форм фосфору зросла на 10%, калію – на 9–11 %, обмінна кислотність знизилась на 0,4–0,7 одиниць рН.

8. Використання біостимуляторів і біодеструктора «Екостерн» поліпшило фітосанітарний стан в агроценозі картоплі і мало позитивний вплив на

збереження та розвиток фотосинтетичного апарату рослин картоплі: висота рослин зроста на 2,6–11,6%, асиміляційна поверхня посіву – на 11–35% до контролю за технічної ефективності біопрепаратів проти фітофторозу 35–61%, альтернаріозу – 38–67%. Кращим був варіант з внесенням «Мікохелпу» (в ґрунт 2,0 л/га) та «Фітохелпу» (триразова фоліарна обробка по 1,0 л/га) на фоні обробки рослинних решток сидерату біодеструктором «Екостерн» (1,2 л/га), де середня висота рослин становила 48 см, асиміляційна поверхня 4,2 тис. см<sup>2</sup>/на кущ та були найоптимальнішими показники флуоресценції хлорофілу.

9. Застосування біопрепаратів в органічній технології вирощування картоплі забезпечило збільшення загальної урожайності культури на 1,71–3,05 т/га (8–29%), а фракції крупної картоплі – на 13–17 %, порівняно з контролем. У середньому за фактором А урожайність картоплі на фоні з біодеструктором «Екостерн» (1,2 л/га) на 0,86 т/га (7,1 %) переважала результати, отримані на фоні без деструктора. Найвищу урожайність (13,67 т/га) отримано у варіанті внесення в ґрунт біопрепарату «Мікохелп» (2 л/га) та триразової фоліарної обробки біопрепаратом «Фітохелп» на фоні застосування біодеструктора «Екостерн».

10. Дієвим чинником підвищення якості картоплі за органічних технологій було внесення біостимуляторів і біодеструктора. Вміст крохмалю в бульбах порівняно з контролем зріс на 0,6–2,71%, кількість сухої речовини – на 0,4–2,6%, за найвищого показника збору крохмалю (2,7 т/га) та сухої речовини (2,9 т/га) у варіанті з застосуванням «Мікохелпу» (внесення в ґрунт 2,0 л/га) та «Фітохелпу» (триразова фоліарна обробка по 1,0 л/га) на фоні обробки рослинних решток сидерату біодеструктором «Екостерн» (1,2 л/га).

11. Доцільність застосування біологічних препаратів у органічній технології вирощування картоплі підтверджена показниками економічної ефективності: порівняно з контролем умовно чистий дохід зріс на 10,0–22,6 тис. грн, рентабельність – на 15,4–33,7% (в середньому за 2021–2023 рр.). Найбільший умовно чистий дохід (32,3 тис. грн/га), забезпечила технологія вирощування картоплі з використанням препаратів «Мікохелп» (внесення в ґрунт 2,0 л/га) та «Фітохелп» (триразова фоліарна обробка по 1,0 л/га) на фоні обробки рослинних

решток сидерату біодеструктором «Екостерн» (1,2 л/га) за рівня рентабельності 48,8 %, що відповідно в 3,3 та 3,2 рази більше, порівняно з контролем.

## ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

Для створення оптимальних показників біологічної активності ґрунту, його агрохімічних, агрофізичних характеристик та поліпшення фітосанітарного стану посівів і підвищення продуктивності картоплі столової сорту Партнер за органічної технології вирощування в Західному Поліссі України необхідно застосовувати біодеструктор «Екостерн» в нормі 1,2 л/га при зароблянні попередника (сидерату гірчиці білої), у передпосівну культивуацію вносити в ґрунт біопрепарат «Мікохелп» (2 л/га), фоліарно застосовувати «Фітохелп» (1 л/га) під час змикання бадилля в рядку, бутонізації та після цвітіння.

## **ДОДАТКИ**

**СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ****Статті у наукових фахових виданнях України**

1. Khomenko T., Tonkha O., Pikovska O., Achasov A. The influence of biological preparations on the microbiological activity of sod-podzolic soil for the cultivation of food potatoes. *Plant and Soil Science*. 2022. Vol. 13(1). P. 60–66. *(Здобувачкою особисто проведені дослідження щодо впливу біопрепаратів на направленість мікробіологічних процесів в дерново-підзолистому ґрунті, проведено статистичну обробку результатів, взято участь в інтерпретації отриманих результатів, підготовці й оформленні публікації).*

2. Хоменко Т. О., Тонха О. Л., Пузняк О. М. Зміна фактору ємності фосфору і калію у дерново-підзолистому ґрунті за органічної технології вирощування картоплі. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 131. С. 238–246. URL: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.131.29>. *(Здобувачкою взято участь у пошуку літературних джерел, проведено агрохімічний аналіз ґрунту, статистичну обробку даних, взято участь в інтерпретації результатів, підготовці та оформленні матеріалів до публікації).*

3. Khomenko T., Tonkha O., Pikovska O. Humus and nitrogen content of sod-podzolic soil under the influence of biopreparations for potato cultivation. *Plant and Soil Science*. 2023. Vol. 14(1). P. 82–95. URL: <https://doi.org/10.31548/plant1.2023.82>. *(Здобувачкою взято участь у визначенні вмісту гумусу і сполук азоту за впливу біопрепаратів, особисто проведено статистичну обробку результатів, взято участь в інтерпретації отриманих результатів підготовці й оформленні публікації).*

4. Хоменко Т. О., Тонха О. Л., Пузняк О. М., Гаврилюк О. С. Оцінка комплексного впливу біопрепаратів на процес проходження індукції флуоресценції хлорофілу в листках картоплі за органічної технології вирощування. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2023. Т. 6, № 106. URL: [http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi6\(106\).2023.006](http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi6(106).2023.006). *(Здобувачкою особисто*

*проведено вимірювання та обробку результатів щодо впливу біопрепаратів на індукцію флуоресценції хлорофілу; проведено їх статистичну обробку, взято участь в інтерпретації отриманих результатів, підготовці й оформленні публікації).*

5. Хоменко Т. О., Тонха О. Л. Оцінка біологічної активності дерново-підзолистого ґрунту за застосування органічних технологій вирощування картоплі. Наукові доповіді НУБіП України. 2024. Т. 6, № 106. URL: [https://doi.org/10.31548/dopovid6\(106\).2023.006](https://doi.org/10.31548/dopovid6(106).2023.006). *(Здобувачкою особисто проведено дослідження щодо впливу біопрепаратів на мікробіом, мікробіологічну активність ґрунтів, статистичну обробку результатів, взято участь в інтерпретації отриманих результатів, підготовці й оформленні публікації).*

#### **Методичні рекомендації**

6. Пузняк О. М., Дуць І. З., Гонта Н. А., Кицун Г. В., Ігнатійчук Т. С., Кузьмич Г. М., Хоменко Т. О., Свищевський П. С., Микулець С. Я. Наукові основи формування збалансованих агрофітоценозів та підвищення екологічно безпечних та високопродуктивних систем органічного землеробства за вирощування картоплі у зоні Західного Полісся: методичні рекомендації. Луцьк, 2023. 82 с. *(Здобувачкою особисто проведено дослідження щодо впливу біопрепаратів на розвиток патогенів, хвороб картоплі за органічного землеробства, проведено статистичну обробку результатів, взято участь в інтерпретації отриманих результатів, підготовці й оформленні публікації).*

#### **Тези наукових доповідей**

7. Хоменко Т. О., Куц О. В., Мельник О. В., Білівець І. І. Ефективність мікробного препарату мікофренд за вирощування картоплі в Лісостепу України. Теоретичні і практичні аспекти розвитку галузі овочівництва в сучасних умовах: III Міжнародна науково-практична конференція, с. Селекційне Харківської обл., 23 липня 2020 року: тези доповіді. Харків, 2020. С. 98. *(Здобувачкою було проведено дослідження за темою публікації, отримано*



*результати досліджень; взято участь у підготовці презентації та особисто здійснено усну доповідь на очній сесії конференції).*

8. Хоменко Т. О. Фактор ємності фосфорного фонду дерново-підзолистого ґрунту за внесення біопрепаратів в органічній сівозміні. Шляхи інноваційного розвитку агровиробництва в Україні: всеукраїнська науково-практична конференція, м. Рівне, 15 червня 2022 року: тези доповіді. Рівне, 2022. С. 14. *(Здобувачкою було проведено дослідження за темою публікації, визначено показники фосфорного режиму, узагальнено результати досліджень; взято участь у підготовці презентації та особисто здійснено усну доповідь на очній сесії конференції).*

9. Хоменко Т. О., Пузняк О. М. Вплив біопрепаратів на урожайність картоплі за органічної технології вирощування в умовах Західного Полісся. Поєднання науки, освіти, практичного виробництва і справедливого продажу якісної органічної продукції: XIII Міжнародна науково-практична конференція, м. Вінниця, 23 червня 2022 року: тези доповіді. Вінниця, 2022. С. 156. *(Здобувачкою було проведено облік врожайності картоплі під впливом біопрепаратів на закладеному нею аспірантському досліді, взято участь у підготовці й оформленні матеріалів публікації та презентації; особисто здійснено усну доповідь на очній сесії конференції).*

10. Хоменко Т. О., Тонха О. Л., Пузняк М. О. Вплив біопрепаратів на підвищення родючості дерново-підзолистого ґрунту в умовах Західного Полісся. Сучасний стан ґрунтового покриву України в умовах збройної агресії російської федерації: Міжнародна науково-практична конференція, м. Харків, 20 жовтня 2022 року : тези доповіді. Харків: ННЦ «ІГА імені О. Н. Соколовського», 2022. С. 161. URL: <http://www.issar.com.ua/uk/vydannya> *(Здобувачкою було проведено аналіз впливу біопрепаратів на вміст гумусу у дерново-підзолистому ґрунті, взято участь у підготовці й оформленні матеріалів публікації та презентації; особисто здійснено усну доповідь на онлайн сесії конференції).*

11. Корсун С. Г., Хоменко Т. О., Літвінова О. А. Мікробіологічний ресурс оптимізування стану ґрунту в агроценозах. Сучасний стан ґрунтового покриву

України в умовах збройної агресії російської федерації: Міжнародна науково-практична конференція, м. Харків, 20 жовтня 2022 року : тези доповіді. Харків: ННЦ «ІГА імені О. Н. Соколовського», 2022. С. 82. URL: <http://www.issar.com.ua/uk/vydannya>. *(Здобувачкою було проведено аналіз впливу біопрепаратів на показники родючості ґрунту і ґрунтову біоту, взято участь у підготовці й оформленні матеріалів публікації та презентації; особисто здійснено усну доповідь на онлайн сесії конференції).*

12. Хоменко Т., Тонха О., Пузняк О. Вплив біопрепаратів на агрофізичні властивості дерново-підзолистого ґрунту в органічній сівозміні. Науково-технічні засади розроблення, випробування та прогнозування сільськогосподарської техніки і технологій: XXIII Міжнародна наукова конференція, присвячена 75-річчю від дня заснування УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого, смт Дослідницьке, Київська обл., 22 вересня 2023 року: тези доповіді. Київ, 2023. С. 178. *(Здобувачкою було визначено агрофізичні властивості дерново-підзолистого ґрунту під впливом біопрепаратів, здійснено інтерпретацію результатів досліджень, проведено підготовку й оформлення публікації; взято участь у підготовці презентації та особисто здійснено усну доповідь на очній сесії конференції).*

13. Хоменко Т. О. Динаміка показників рухомого калію в дерново-підзолистому ґрунті під впливом біопрепаратів за органічної технології вирощування картоплі. Вклад наукових інвестицій у розвиток агропромислового комплексу в умовах обмеженого ресурсного забезпечення та флуктуацій клімату: міжнародна науково-практична інтернет-конференція молодих учених і спеціалістів, м. Дніпро, 16–17 березня 2023 року: тези доповіді. Дніпро, 2023. С. 250. *(Здобувачкою було проведено агрохімічний аналіз ґрунту, визначено показники фосфорного режиму, проведено підготовку й оформлення результатів досліджень; взято участь у підготовці презентації та особисто здійснено усну доповідь на очній сесії конференції).*

14. Хоменко Т. О. Якісні показники бульб картоплі за органічної технології вирощування в умовах Західного Полісся. Поєднання науки, освіти,

практичного виробництва і справедливого продажу якісної органічної продукції: XIV Міжнародна науково-практична конференція, м. Вінниця, 1 червня 2023 року: тези доповіді. Вінниця, 2023. С. 49. *(Здобувачкою було проведено визначення якісних показників картоплі під впливом біопрепаратів; взято участь у підготовці й оформленні матеріалів публікації взято участь у підготовці презентації та особисто здійснено усну доповідь на очній сесії конференції).*

15. Хоменко Т. О. Оцінка впливу біодеструктора на біологічне різноманіття ґрунту в умовах Західного Полісся. Інноваційні екологобезпечні технології рослинництва в умовах воєнного стану: II Всеукраїнська науково-практична конференція, м. Київ, 31 серпня 2023 року: тези доповіді. Київ, 2023. С. 178. *(Здобувачкою було проведено дослідження за темою публікації, визначено біологічне різноманіття, узагальнено результати досліджень; взято участь у підготовці презентації та особисто здійснено усну доповідь на очній сесії конференції).*

16. Хоменко Т. О. Контроль біологічних показників в контексті оцінки екологічної стійкості дерново-підзолистого ґрунту. Моніторинг ґрунтів: пріоритети досліджень для сприяння відновленню України: міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 04 грудня 2023 року: тези доповіді. Київ, 2023. С. 40. *(Здобувачкою було визначено нітрифікаційну здатність ґрунту, інтенсивність респірації та його екологічну стійкість, проведено підготовку й оформлення результатів досліджень; взято участь у підготовці презентації та особисто здійснено усну доповідь на очній сесії конференції).*

## Метеорологічні умови проведення досліджень у 2021–2023 рр.

Температура повітря, °С																				
Рік	квітень				травень				червень				липень				серпень			
	I	II	III	сер.	I	II	III	сер.	I	II	III	сер.	I	II	III	сер.	I	II	III	сер.
2021	7,7	9,7	9,3	8,9	13,7	17,5	16,9	16,0	19,4	21,8	26,1	22,4	23,4	24,8	28,0	25,4	19,7	19,3	15,2	18,1
2022	5,3	5,6	9,1	6,7	12,1	13,5	13,5	13,2	19,7	19,3	22,0	20,3	20,9	17,3	21,3	19,3	20,2	21,3	21,8	21,1
2023	5,3	9,8	10,4	8,5	9,7	15,3	17,3	14,1	17,6	16,5	19,8	18,0	21,0	21,2	19,4	20,5	20,2	22,9	22,6	21,9
Середня багато- річна	5,0	7,3	9,5	7,3	11,9	13,8	15,3	13,7	16,2	17,0	17,7	17,0	18,3	18,7	18,9	18,6	18,6	17,9	16,4	17,6
Сума опадів, мм																				
2021	6,0	22,3	8,5	36,8	16,2	28,5	39	83,7	18,5	33,7	12,4	64,6	3,0	25,0	2,1	27,1	32	42	64	138
2022	16,0	1,0	4,0	21,0	2,0	2,0	8,0	12,0	15,7	7,3	15,0	38,0	29,3	42,3	50,8	122,4	3,3	28,1	15,0	46,4
2023	36,2	14,8	9,0	60,0	6,5	2,3	6,2	15,0	1,9	45,0	19,0	65,9	24,4	8,9	50,7	84,0	45,6	0,8	16,1	62,5
Середня багато- річна	13	18	14	40	16	19	22	57	25	27	28	80	29	28	26	83	26	25	23	74

**Результати дисперсійного аналізу (ANOVA)  
впливу біостимуляторів на загальну кількість бактерій  
у дерново-підзолистому ґрунті,  
млн КУО/г ґрунту (середнє за 2021–2023 рр.)**

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	248,1994	2	124,0997	4,476505	0,02094	3,354131
Within Groups	748,5062	27	27,72245			
Total	996,7055	29				

## Повна вологоємність ґрунту за застосування біостимуляторів

Фактор А	Фактор Б	Повна вологоємність, %			
		2021 р.	2022 р.	2023 р.	серед- не
Фон 1 (без використання біодеструктора)	1. Без внесення біопрепарату (контроль)	31,812	32,572	33,183	32,52
	2. «Мікохелп» + «Агат 25К»	32,312	33,199	33,143	32,88
	3. «Мікохелп» + «Регоплант»	33,332	32,213	33,094	32,88
	4. «Мікохелп» + «Фітохелп»	33,131	33,836	31,659	32,88
	5. «Мікохелп» + «Стимпо»	31,512	34,105	33,032	32,88
Фон 2 (із використанням біодеструктора «Екостерн», 1,2 л/га )	1. Без внесення біопрепарату (контроль)	33,032	33,467	33,248	33,25
	2. «Мікохелп» + «Агат 25 К»	31,552	34,727	33,463	33,25
	3. «Мікохелп» + «Регоплант»	33,183	33,467	33,094	33,25
	4. «Мікохелп» + Фітохелп»	31,552	34,619	33,569	33,25
	5. «Мікохелп» + «Стимпо»	30,679	34,833	34,251	33,25

**Динаміка накопичення врожаю залежно від застосування біопрепаратів у ґрунт і триразового фоліарного внесення у головні фази розвитку (2023 р.)**

Фактор А	Фактор Б	Маса бульб з 1 куща, г		
		10 липня	20 липня	30 липня
Фон 1 (без внесення біодеструктора)	1. Контроль (без внесення біопрепарату)	97	211	265
	2. Внесення в ґрунт «Мікохелпу» (2,0 л/га) + триразова обробка по вегетації, «Агат 25» (100 мл/га)	103	273	304
	3. Внесення в ґрунт «Мікохелпу» (2,0 л/га) + триразова обробка по вегетації, «Регоплант» (50 мл/га)	107	240	271
	4. Внесення в ґрунт «Мікохелпу» (2,0 л/га) + триразова обробка по вегетації, «Фітохелп» (1,0 л/га)	105	268	285
	5. Внесення в ґрунт «Мікохелп» (2,0 л/га) + триразова обробка по вегетації, «Стимпо» (15 мл/га)	104	271	293
Фон 2 (із внесенням «Екостерну», 1,2 л/га)	1. Контроль (без внесення біопрепарату)	101	215	272
	2. Внесення в ґрунт «Мікохелпу» (2,0 л/га) (фон) + триразова обробка по вегетації, «Агат 25» 100 мл/га	103	277	319
	3. Внесення в ґрунт «Мікохелпу» (2,0 л/га) + триразова обробка по вегетації, «Регоплант» (50 мл/га)	108	243	272
	4. Внесення в ґрунт «Мікохелпу» (2,0 л/га) + триразова обробка по вегетації, «Фітохелп» (1,0 л/га)	108	276	292
	5. Внесення в ґрунт «Мікохелпу» (2,0 л/га) + триразова обробка по вегетації, «Стимпо» (15 мл/га)	104	271	299

**Вплив біопрепаратів на біометричні показники картоплі за застосування біопрепаратів у ґрунт і триразового фоліарного внесення у головні фази розвитку, 2023**

Фактор А	Фактор Б	Кількість стебел з куща, шт.	Висота стебел, см	Асиміляційна поверхня	
				з 1 куща, см <sup>2</sup>	з 1 рослини, см <sup>2</sup>
Фон 1 (без внесення біодеструктора)	1. Контроль (без внесення біопрепарату)	3,0	41,5	3008,0	1002,7
	2. Внесення в ґрунт «Мікохелпу 2,0 л/га + триразова обробка по вегетації, «Агат 25» (100 мл/га)	3,3	43,2	3664,4	1110,4
	3. Внесення в ґрунт «Мікохелпу» (2,0 л/га) + триразова обробка по вегетації, «Регоплант» (50 мл/га)	3,1	45,2	3731,6	1203,7
	4. Внесення в ґрунт «Мікохелпу (2,0 л/га) + триразова обробка по вегетації, «Фітохелп» (1,0 л/га)	3,2	45,4	3894,4	1217,0
	5. Внесення в ґрунт «Мікохелпу» (2,0 л/га) + триразова обробка по вегетації, «Стимпо» (15 мл/га)	3,2	45,7	3912,3	1222,6
Фон 2 (із внесенням «Екостерну», 1,2 л/га)	1. Контроль (без внесення біопрепарату)	3,2	42,7	3454,1	1079,4
	2. Внесення в ґрунт «Мікохелпу» (2,0 л/га) (фон) + триразова обробка по вегетації, «Агат 25» (100 мл/га)	3,4	45,6	3695,5	1086,9
	3. Внесення в ґрунт «Мікохелпу (2,0 л/га) + триразова обробка по вегетації, «Регоплант» (50 мл/га)	3,3	45,8	3666,7	1111,1
	4. Внесення в ґрунт «Мікохелпу» (2,0 л/га) + триразова обробка по вегетації, «Фітохелп» (1,0 л/га)	3,4	47,4	4088,6	1202,5
	5. Внесення в ґрунт «Мікохелпу» (2,0 л/га) + триразова обробка по вегетації, «Стимпо» (15 мл/га)	3,3	45,9	4175,4	1265,3



**Структура врожаю картоплі залежно від застосування біопрепаратів у ґрунт  
і триразового фоліарного внесення у головні фази розвитку**

Фактор А	Фактор Б	Фракції бульб від загальної маси, г/%			Загальна маса з 1 куща, г	К-сть бульб з 1 куща, шт.
		дрібна <50	середня 50–80	велика >80		
Фон 1 (без внесення біодеструктора)	1. Контроль (без внесення біопрепарату)	487 / 40	256 / 21	482 / 39	1225	23
	2. Внесення в ґрунт «Мікохелпу» (2,0 л/га) + триразова обробка по вегетації, «Агат 25» (100 мл/га)	524 / 38	228 / 17	626 / 45	1381	29
	3. Внесення в ґрунт «Мікохелпу» (2,0 л/га) + триразова обробка по вегетації, «Регоплант» (50 мл/га)	446 / 37	244 / 21	500 / 42	1190	28
	4. Внесення в ґрунт «Мікохелпу» (2,0 л/га) + триразова обробка по вегетації, «Фітохелп» (1,0 л/га)	545 / 36	322 / 21	646 / 43	1513	30
	5. Внесення в ґрунт «Мікохелпу» (2,0 л/га) + триразова обробка по вегетації, «Стимпо» (15 мл/га)	537 / 39	217 / 16	616 / 45	1370	28
Фон 2 (із внесенням «Екостерну», 1,2 л/га)	1. Контроль (без внесення біопрепарату)	525 / 37	357 / 25	523 / 38	1405	26
	2. Внесення в ґрунт «Мікохелпу» (2,0 л/га) (фон) + триразова обробка по вегетації, «Агат 25» (100 мл/га)	572 / 34	378 / 23	728 / 43	1678	30
	3. Внесення в ґрунт «Мікохелпу» (2,0 л/га) + триразова обробка по вегетації, «Регоплант» (50 мл/га)	566 / 35	360 / 23	658 / 42	1584	30
	4. Внесення в ґрунт «Мікохелпу» (2,0 л/га) + триразова обробка по вегетації, «Фітохелп» (1,0 л/га)	614 / 36	361 / 21	727 / 43	1702	31
	5. Внесення в ґрунт «Мікохелпу» (2,0 л/га) + триразова обробка по вегетації, «Стимпо» (15 мл/га)	588 / 36	364 / 22	669 / 42	1621	29

**Урожайність картоплі залежно від застосування біопрепаратів у ґрунт  
і триразового фоліарного внесення у головні фази розвитку, 2021 р. (Волинська дослідна станція  
Інституту сільського господарства Західного Полісся НААН)**

Фактор А	Фактор Б	Урожайність, т/га				Середнє за 2021 р., т/га	± до контролю
		повторення					
		I	I	III	IV		
Фон 1 (без внесення біодеструктора)	1. Контроль (без внесення біопрепарату)	10,5	9,3	11,4	10,6	10,5	–
	2. Внесення в ґрунт «Мікохелпу» (2,0 л/га) + триразова обробка по вегетації, «Агат 25» (100 мл/га)	12,9	11,4	12,5	12,9	12,4	1,9
	3. Внесення в ґрунт «Мікохелпу» (2,0 л/га) + триразова обробка по вегетації, «Регоплант» (50 мл/га)	12,5	11,6	12,7	12,5	12,3	1,8
	4. Внесення в ґрунт «Мікохелпу» (2,0 л/га) + триразова обробка по вегетації, «Фітохелп» (1,0 л/га)	13,3	12,4	12,5	12,3	12,7	2,2
	5. Внесення в ґрунт «Мікохелпу» (2,0 л/га) + триразова обробка по вегетації, «Стимпо» (15 мл/га)	12,7	12,2	12,6	11,9	12,4	1,9
Фон 2 (із внесенням «Екостерну», 1,2 л/га)	1. Контроль (без внесення біопрепарату)	10,9	11,6	11,9	11	11,4	-
	2. Внесення в ґрунт «Мікохелпу» (2,0 л/га) (фон) + триразова обробка по вегетації, «Агат 25» (100 мл/га)	12,5	13,2	13,4	12,9	13	1,6
	3. Внесення в ґрунт «Мікохелпу» (2,0 л/га) + триразова обробка по вегетації, «Регоплант» (50 мл/га)	12,6	12,9	13,9	13,7	13,3	1,9
	4. Внесення в ґрунт «Мікохелпу» (2,0 л/га) + триразова обробка по вегетації, «Фітохелп» (1,0 л/га)	13,1	13,8	14,3	14	13,8	2,4
	5. Внесення в ґрунт «Мікохелпу» (2,0 л/га) + триразова обробка по вегетації, «Стимпо» (15 мл/га)	12,4	13,1	13,3	12,7	12,9	1,5
	НІР <sub>05</sub> Фактор А					0,13	
	Фактор Б					0,34	
	АБ					0,52	

**Урожайність картоплі залежно від застосування біопрепаратів у ґрунт  
і триразового фоліарного внесення у головні фази розвитку, 2022 р. (Волинська дослідна станція  
Інституту сільського господарства Західного Полісся НААН)**

Фактор А	Фактор Б	Урожайність, т/га				Середнє 2022 р., т/га	± до контролю
		повторення					
		I	I	III	IV		
Фон 1 (без внесення біодеструктора)	1. Контроль (без внесення біопрепарату)	10,6	10,3	10,7	10,6	10,6	
	2. Внесення в ґрунт «Мікохелпу» (2,0 л/га) + триразова обробка по вегетації, «Агат 25» (100 мл/га)	12,1	12,5	12,3	12,7	12,4	1,8
	3. Внесення в ґрунт «Мікохелпу» (2,0 л/га) + триразова обробка по вегетації, «Регоплант» (50 мл/га)	12,4	12,5	12,3	12,4	12,4	1,8
	4. Внесення в ґрунт «Мікохелпу» (2,0 л/га) + триразова обробка по вегетації, «Фітохелп» (1,0 л/га)	12,6	12,5	12,8	12,8	12,7	2,1
	5. Внесення в ґрунт «Мікохелпу» (2,0 л/га) + триразова обробка по вегетації, «Стимпо» (15 мл/га)	12,5	12,6	12,4	12,5	12,5	1,9
Фон 2 (із внесенням «Екостерну», 1,2 л/га)	1. Контроль (без внесення біопрепарату)	11,5	11,4	11,6	11,6	11,5	
	2. Внесення в ґрунт «Мікохелпу» (2,0 л/га) (фон) + триразова обробка по вегетації, «Агат 25» (100 мл/га)	12,9	13,2	13,1	13,3	13,1	1,6
	3. Внесення в ґрунт «Мікохелпу» (2,0 л/га) + триразова обробка по вегетації, «Регоплант» (50 мл/га)	13,4	13,5	13,3	13,5	13,4	1,9
	4. Внесення в ґрунт «Мікохелп» (2,0 л/га) + триразова обробка по вегетації, «Фітохелп» (1,0 л/га)	13,7	13,6	13,4	13,6	13,6	2,1
	5. Внесення в ґрунт «Мікохелпу» (2,0 л/га) + триразова обробка по вегетації, «Стимпо» (15 мл/га)	13	13,1	13	13,5	13,2	1,7
	НІР <sub>05</sub> Фактор А					0,09	
	Фактор Б					0,15	
	АБ					0,21	

**Врожайність картоплі залежно від застосування біопрепаратів у ґрунт і триразового фоліарного внесення  
у головні фази розвитку, 2023 р.**

Фактор А	Фактор Б	Врожай, т/га				Середнє 2023 р., т/га	± до контролю
		повторення					
		I	I	III	IV		
Фон 1 (без внесення біодеструктора)	1. Контроль (без внесення)	10,80	10,62	10,90	10,73	10,76	
	2. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Агат 25» (100 мл/га) (3 рази)	11,90	12,27	12,42	12,40	12,25	1,49
	3. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Регоплант» (50 мл/га) (3 рази)	12,16	12,32	12,43	12,27	12,30	1,54
	4. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)	12,44	12,51	12,60	12,53	12,52	1,76
	5. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Стимпо» (15 мл/га) (3 рази)	12,35	12,40	12,29	12,41	12,36	1,6
Фон 2 (із внесенням «Екостерну», 1,2 л/га)	1. Контроль (без внесення)	11,46	11,43	11,58	11,49	11,49	
	2. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Агат 25» (100 мл/га) (3 рази)	12,94	13,21	13,12	13,33	13,15	1,66
	3. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Регоплант» (50 мл/га) (3 рази)	13,44	13,48	13,41	13,49	13,46	1,97
	4. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Фітохелп» (1,0 л/га) (3 рази)	13,68	13,63	13,51	13,58	13,60	2,11
	5. «Мікохелп» (2,0 л/га) + «Стимпо» (15 мл/га) (3 рази)	13,07	13,11	13,04	13,15	13,09	1,6
	НІР <sub>05</sub> Фактор А					0,07	
	Фактор Б					0,11	
	АБ					0,15	



Затверджую

Проректор з науково-педагогічної  
роботи НУБП України

Гонха О. Л.

2024 р.

А К Т

**про впровадження результатів дисертаційної роботи на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 «Агрономія» у навчальний процес**

Даним актом стверджується, що результати дисертаційної роботи на тему: «Регулювання біологічної активності та азотного режиму дерново-підзолистого ґрунту за застосування органічних технологій вирощування картоплі в умовах Західного Полісся», представлена на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 20 «Аграрні науки та продовольство» та спеціальності 201 «Агрономія», виконаної Хоменко Тетяною Олексіївною впроваджено у навчальну програму при викладанні дисципліни «Ґрунтові деградації і технології відтворення родючості ґрунтів».

Представлено результати дослідження біодеструктора і біостимуляторів на біологічну активність, еколого-трофічні групи мікроорганізмів, агрохімічні показники дерново-слабопідзолистого ґрунту і ріст та розвиток картоплі столової. Для дисципліни є важливим акцентуванням уваги на здатності біоагентів у продукуванні значної кількості фізіологічно активних речовин і рістстимулюючому ефекті. Використання мікробіологічних препаратів у сучасних технологіях не тільки покращує продуктивність і якість продукції, підвищує стійкість проти фітопатогенів, але й сприяє оздоровленню агроценозів від шкідливої дії пестицидів.

Результати використані у викладанні навчальної дисципліни «Ґрунтові деградації і технології відтворення родючості ґрунтів» на кафедрі ґрунтознавства та охорони ґрунтів ім. проф. М.К. Шикили у підготовці фахівців ОС «Магістр» зі спеціальності 201 – «Агрономія» ОПП «Агрохімія і ґрунтознавство» у Національному університеті біоресурсів і природокористування України.

Декан агробіологічного факультету  
доктор с.-г. наук, професор

В.П.Коваленко

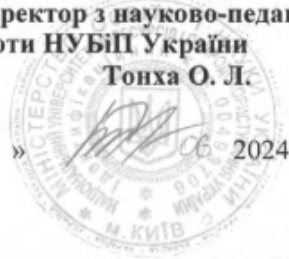
Завідувач кафедри ґрунтознавства  
та охорони ґрунтів ім. проф. М.К. Шикили  
доктор с.-г. наук, професор

В.О. Забалуєв

Погоджено  
Проректор з науково-педагогічної  
роботи НУБіП України

Тонха О. Л.

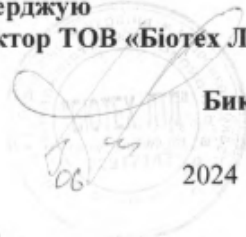
« 14 » 06 2024



Затверджую  
Директор ТОВ «Біотех ЛТД»

Бикін А. В.

р. « 14 » 06 2024 р.



## А К Т

### про впровадження результатів дисертаційної роботи на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 «Агрономія» у виробництво

Даним актом стверджується, що результати дисертаційної роботи на тему «*Регулювання біологічної активності та азотного режиму дерново-підзолистого ґрунту за застосування органічних технологій вирощування картоплі в умовах Західного Полісся*», що представлена на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 20 «Аграрні науки та продовольство» та спеціальності 201 «Агрономія», виконаної Хоменко Тетяною Олексіївною впроваджені у ТОВ «Біотех ЛТД», впродовж 2021-2023 рр. на площі 130 га.

1. Вид впроваджуваних результатів. Комплексне застосування біодеструктора Екостерн (1,2 л/га) і біопрепаратів щодо підвищення урожайності картоплі; Методичні рекомендації з технологій вирощування картоплі столової.

2. Практичне впровадження/використання результатів знайшли реалізацію у роботі ТОВ «Біотех ЛТД», щодо технологій вирощування картоплі столової із застосуванням мікробних препаратів.

3. Доведено економічну доцільність застосування «Мікохелпу» (2,0 л/га) + «Фітохелпу» щодо зниження собівартості вирощування картоплі та підвищення її рентабельність на 14% в умовах ТОВ «Біотех ЛТД» Київської області на площі 130 га.

4. Значущість отриманих результатів полягає у використанні біодеструктора Екостерн, підборі біостимуляторів, які сприяють збільшенню загальної кількості бактерій, мікробного біому і чисельність еколого-трофічних груп мікроорганізмів, покращують фітосанітарний стан ґрунтів, підвищують продуктивності та покращують якісні показники картоплі.

5. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами «Розроблення науково – методичних основ формування збалансованих агрофітоценозів картоплі за органічного виробництва у зоні Західного Полісся» (номер державної реєстрації 0121U107759) та «Управління біологічною активністю і органічною речовиною для підвищення продуктивності чорноземів Лісостепу України за зміни клімату» (номер державної реєстрації № держреєстрації 0123U102166, 2023-2025рр.), ECOTWINS (Research Capacity Building and Upskilling and Upgrading the Research Team in NUBiP (Ukraine) on Agroecological Intensification for Crop Production), який фінансується Horizon Europe Framework Programme (HORIZON) under the grant agreement №101079308.

**Від Національного  
університету біоресурсів і  
природокористування України**

**Від організації**

Начальник науково-дослідної  
частини

Директор ТОВ «Біотех ЛТД»

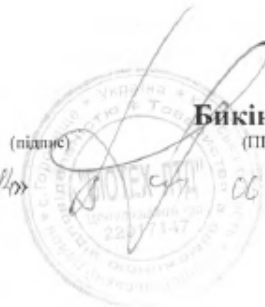
  
(підпис)

**Отченашко В. В.**  
(ПІБ)

«19»

06

2024 р.

  
(підпис)

**Бихін А. В.**  
(ПІБ)

«14»

06

2024 р.

Директор НДІ

  
(підпис)

**Літвінов Д. В.**  
(ПІБ)

«11»

06

2024 р.

Здобувач

  
(підпис)

**Хоменко Т.О.**  
(ПІБ)

«14»

06

2024 р.