

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ТОДОСІЙЧУК ОЛЕКСАНДР ВЯЧЕСЛАВОВИЧ

УДК 631.811.98:633.36/.37](477.4):001.891

ДИСЕРТАЦІЯ


**НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ БІОЛОГІЧНИХ
ПРЕПАРАТІВ У ПОСІВАХ ЧИНИ ПОСІВНОЇ В ПРАВОБЕРЕЖНОМУ
ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ**

201 Агрономія

20 Аграрні науки та продовольство

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

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



О. В. Тодосійчук

Науковий керівник: КАРПЕНКО Віктор Петрович, доктор
сільськогосподарських наук, професор

Умань – 2025

АНОТАЦІЯ

Тодосійчук О. В. Наукове обґрунтування застосування біологічних препаратів у посівах чини посівної в Правобережному Лісостепу України. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 Агрономія (20 Аграрні науки та продовольство). Уманський національний університет. Умань. 2025 р.

У вступній частині обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету і завдання, визначено об'єкт і предмет дослідження, висвітлено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів.

У першому розділі наведено аналіз літературних джерел з вивчення низки питань щодо спрямованості роздільної та комплексної дії біопрепаратів і регуляторів росту рослин у посівах сільськогосподарських культур на фізіологічні, біохімічні, ростові та продукційні процеси в рослинах, мікробіологічні – у ґрунті.

На підставі аналізу наукової літератури можна констатувати, що вирішення завдання біологічного обґрунтування комплексної дії біопрепаратів і регуляторів росту рослин у посівах чини посівної дозволить розробити науково обґрунтовані, екологічні та економічно вигідні рекомендації із застосування даних препаратів у виробництві, результатом яких стане забезпечення населення високоякісною білковою продукцією.

Дослідження з вивчення впливу біопрепарату Біонеостим за різних способів використання регулятора росту рослин Вермистим Д на проходження фізіологічних процесів у рослинах чини посівної та мікробіологічних – у ґрунті, проводили в умовах навчально-виробничого відділу Уманського національного університету садівництва упродовж 2022–2024 років.

Ґрунтовий покрив дослідного поля – чорнозем опідзолений важкосуглинковий на лесі з вмістом гумусу 3,2%.

Аналіз кліматичних і погодних умов регіону, в якому розташоване дослідне поле Уманського НУС засвідчує, що для вирощування чини посівної в роки проведення досліджень складались задовільні умови. Виключення становив лише 2022 рік, де лімітуючим чинником формування високої продуктивності посівів були опади. Це відповідним чином знайшло своє відображення в одержаних експериментальних даних. Загалом, кліматичні та погодні умови проведення досліджень відповідають помірно-континентальній східноєвропейській ґрунтово-кліматичній фації, у межах якої можуть бути розповсюджені одержані результати.

Дію біопрепарату Біонеостим, внесеного окремо та у суміші із регулятором росту рослин Вермистим Д, досліджували на рослинах чини посівної (*Lathyrus sativus* L.), сорт Іволга (Ivolha).

Схема польового досліду передбачала вісім дослідних варіантів, на яких проводилися польові і лабораторні дослідження. Основні дослідження та спостереження в досліді проводили згідно загальноприйнятих методик

У результаті проведених досліджень встановлено позитивний вплив комплексу біопрепарат + регулятор росту рослин на проходження в рослинах чини посівної ростових процесів, які є наслідком, з одного боку, стимулювальної дії екзогенних фітогормонів, з іншого боку – покращення мінерального забезпечення рослинного організму за рахунок інтродукованих у ризосферу мікроорганізмів.

Найактивнішим приріст висоти та надземної біомаси рослин чини був за використання композиції Біонеостим 1,0 л/т + Вермистим Д 7,0 л/т + Вермистим Д 8,0 л/га, завдяки якій складались найбільш оптимальні умови для проходження основних фізіологічних процесів у рослинах, у тому числі й ростових.

Основним показником, що визначає потенційну продуктивність посівів, є площа листової поверхні, значення якої може суттєво варіювати залежно від сортових та природно-кліматичних особливостей зони, місця вирощування культури, а також – застосовуваних препаратів. Результати

досліджень показали, що за дії біопрепарату Біонеостим на фоні різних способів застосування регулятора росту рослин Вермистим Д формувалась різна площа листків рослин чини посівної де найвищий показник було одержано у варіанті досліду за комплексного застосування препаратів – Біонеостим (1,0 л/т – обробка насіння) + Вермистим Д (7,0 л/т – обробка насіння) + Вермистим Д (8,0 л/га – обробка вегетуючих рослин), що є свідченням позитивного впливу вищенаведеної композиції препаратів на проходження обмінних та ростових процесів у рослинах.

Встановлено, що застосування біопрепарату Біонеостим окремо і в сумішах з регулятором росту рослин Вермистим Д зумовлює зростання активності в рослинах чини посівної основних ферментів класу оксидоредуктаз, проте їх активність залежить від досліджуваних препаратів та способу поєднання їх використання. Значне підвищення активності ферментів в листках чини посівної простежується за обробки насіння перед сівбою сумішшю Біонеостиму та Вермистиму Д з наступною обробкою вегетуючих рослин Вермистимом Д (активність каталази у фазу цвітіння–утворення бобів зростала на 28–36%, пероксидази – 34–40%, поліфенолоксидази – 47–77%), що узгоджується з нашими даними з інтенсифікації проходження в рослинах ростових процесів, невід’ємною складовою яких є ферменти.

Одержані дані стосовно вмісту фотосинтетичних пігментів (хлорофілів а і b та їх суми) у листках чини посівної свідчать, що передпосівна обробка насіння біопрепаратом Біонеостим із регулятором росту рослин Вермистимом Д з наступним післясходовим внесенням останнього забезпечує створення найбільш сприятливих умов для проходження в рослинах фізіолого-біохімічних процесів, у тому числі й фотосинтетичних, обумовлених безпосередньою стимулювальною дією біопрепаратів на функціонування пігментного комплексу литкового апарату культури. В середньому за роки досліджень у досліджувані фази розвитку чини посівної спостерігалось зростання вмісту у листках пігментів. Зокрема, хлорофілу а, b

та їх суми, що в середньому перевищувало контроль на 19–58% – для хлорофілу *a*, 23–60% – для хлорофілу *b*, 21–58% – для суми *a+b*.

Результати проведених досліджень свідчать про те, що передпосівна обробка насіння біопрепаратом Біонеостим із регулятором росту рослин Вермистим Д з наступним післясходовим внесенням останнього забезпечує створення найбільш сприятливих умов для проходження в рослинах фізіолого-біохімічних процесів, у тому числі й фотосинтетичних, обумовлених безпосереднім впливом біопрепаратів на показник чистої продуктивності фотосинтезу культури. В середньому за роки досліджень у досліджуваній міжфазний період (бутонізації–цвітіння) розвитку чини посівної чмста продуктивність фотосинтезу зростала на 20%.

Встановлено, що чисельність ризосферної ґрунтової мікробіоти у посівах чини посівної змінюється залежно від застосовуваних препаратів, погодніх умов та фаз розвитку культури. Проте найактивніший розвиток ґрунтових мікроорганізмів у ризосфері чини простежується у варіантах із комплексним застосуванням регулятора росту рослин Вермистим Д 8,0 л/га по фоні передпосівної обробки насіння біопрепаратом Біонеостим (1,0 л/т) разом із РРР Вермистим Д (7,0 л/т), де перевищення до контролю у середньому за роками та фазами розвитку складало 53–59% – для бактерій, 33–39% – мікроміцетів.

Зернобобові культури, серед яких упродовж останніх років набирає популярності чина посівна, є не лише цінним джерелом амінокислот і рослинного білка, а й важливим складником функціонування бобово-ризобіального симбіозу, завдяки якому зв'язуються значні кількості атмосферного азоту та покращуються фізико-хімічні показники ґрунту.

Облік зміни кількості бульбочок та їх маси засвідчив залежність формування симбіотичного апарату рослин чини посівної від роздільного та комплексного використання біопрепарату Біонеостим і регулятора росту рослин Вермистим Д. Найвищі кількісно-вагові показники формування симбіотичного апарату на коренях чини у 2024 році були відмічені за

комплексного використання Біонеостиму із Вермистимом Д для передпосівного обробітку насіння та з внесенням по даному фону Вермистиму Д, що забезпечило наростання кількості та маси бульбочок на коренях чини посівної відносно контролю на 24 шт./рослину та 261,6 мг/рослину.

Результатами наших досліджень встановлено, що залежно від виду, способу внесення препаратів, їх комбінування та фаз розвитку культури у ризосфері чини посівної простежувались зміни в чисельності асоціативних азотфіксувальних мікроорганізмів роду *Azotobacter*.

Наведений експериментальний матеріал дає підставу зробити висновки, що формування симбіотичного апарату чини посівної та чисельності в ризосфері бактерій роду *Azotobacter* залежало як від погодних умов, так і від комбінування досліджуваних препаратів. Найактивніше формування симбіотичного апарату та розвиток асоціативних азотфіксаторів відбувалось у варіанті досліду із передпосівною обробкою насіння сумішшю біопрепарату Біонеостим і регулятора росту рослин Вермистим Д з наступним внесенням Вермистиму Д по сходах, що в середньому за роки досліджень забезпечувало зростання кількості бульбочок залежно від фази розвитку культури на 19–24 шт./рослину та 28,2–227,9 мг/рослину, а кількість оброслих грудочок ґрунту бактеріями роду *Azotobacter* становила 100%.

У зв'язку із зростанням обсягів використання у сільськогосподарському виробництві хімічних речовин, мікробні угруповання зазнають все більшого негативного впливу. Тому, вивчення структури і складу мікробних угруповань є фундаментальним завданням.

За результатами наших досліджень можна констатувати позитивний вплив біопрепарату Біонеостим та регулятора росту рослин Вермистим Д на ріст і розвиток у ризосфері чини посівної амоніфікувальних, нітрифікувальних та целюлозолітичних мікроорганізмів у всі досліджувані фази розвитку культури. Найбільшу стимулювальну дію препаратів на

розвиток ризосферної мікробіоти відмічено за сумісного використання для обробки насіння перед сівбою біопрепаратом Біонеостим і регулятором росту рослин Вермистим Д з наступним обприскуванням вегетуючих рослин Вермистимом Д. Дана композиція забезпечила зростання в ризосфері чини посівної амоніфікувальних бактерій на 52–57%, нітрифікувальних – 62–66%, целюлозолітичних – 33–43%.

В сучасний період розвитку агропромислового виробництва однією з головних умов збільшення валових зборів та підвищення врожайності бобових культур є постійне удосконалення технологічних елементів їх вирощування.

У результаті аналізу одержаних нами даних встановлено, що урожайність та якість зерна чини посівної формувалась залежно від погодних умов та комбінування досліджуваних препаратів. Встановлено, що передпосівна обробка насіння чини посівної сумішшю біопрепарату Біонеостим (1,0 л/т) з регулятором росту рослин Вермистим Д (7,0 л/т) за наступного посходового внесення Вермистиму Д (8,0 л/га) сприяє активізації проходження у рослинах і ґрунті низки біологічних процесів, наслідком чого є зростання урожайності культури (прибавка зерна на рівні 0,51 т/га) за збільшеного на 9% показника маси 1000 зерен і 2,6% – вмісту білка.

Першочергове значення в умовах розвитку ринкових відносин має оцінка економічної ефективності застосування всіх агрозаходів, з одержаних даних економічного та енергетичного аналізів можна зробити висновок, що найбільш економічно вигідним є застосування в посівах чини посівної композиції біопрепарат Біонеостим 1,0 л/т + регулятор росту рослин Вермистим Д 7,0 л/т + регулятор росту рослин Вермистим Д 8,0 л/га, яка забезпечує зростання рівня рентабельності до 231% при 187% у контролі за додаткового чистого прибутку 13122 грн./га та коефіцієнта енергетичної ефективності 3,1. Ця композиція препаратів дає можливість підвищити урожайність чини посівної за використання препаратів біологічного походження, як складової біологізованої технології.

З метою підвищення урожайності і якості зерна чини посівної у технологіях її вирощування слід застосовувати суміш біопрепарату Біонеостим у нормі 1,0 л/т з регулятором росту рослин Вермистим Д у нормі 7,0 л/т – для передпосівної обробки насіння і Вермистим Д у нормі 8,0 л/га – для обприскування посівів по даному фону у фазу стеблуння культури.

Ключові слова: наукове обґрунтування, інтегрована дія, чина посівна, регулятор росту рослин, мікробний препарат.

СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Тодосійчук О. В. Урожайність і якість зерна чини посівної за дії біологічних препаратів. Агробіологія. Збірник наукових праць Білоцерківського НАУ. Біла Церква. 2024. № 2 (191). С. 128–133. DOI: [10.33245/2310-9270-2024-191-2-128-133](https://doi.org/10.33245/2310-9270-2024-191-2-128-133)
2. Тодосійчук О. В. Симбіотичний апарат рослин чини посівної за дії біопрепарату і регулятора росту рослин. Збірник наукових праць Уманського НУС. 2024. Вип. 105. Ч. 1. С. 30–37. DOI: 10.32782/2415-8240-2024-105-1-30-37
3. Тодосійчук О. В. Вміст хлорофілу й чиста продуктивність фотосинтезу чини посівної за дії біологічних препаратів. Вісник Уманського НУС. 2024. № 2. С. 7–12. DOI: 10.32782/2310-0478-2024-2-7-12

Праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

4. Тодосійчук О. В. Продуктивність посівів чини посівної за дії біологічних препаратів. Науково-інноваційний розвиток агровиробництва як запорука продовольчої безпеки України: вчора, сьогодні, завтра: матеріали VI Всеукраїнської науково-практичної конференції, Київ, 25–26 вересня 2024 р. НААН, ННСГБ, Ін-т історії аграр. науки, освіти та техніки, ІМА АПВ НААН. Київ, 2024. С.152–155.
5. Тодосійчук О. В. Фотосинтетична продуктивність посівів чини посівної за дії біологічних препаратів. The 2nd International scientific and practical

conference “Current trends in scientific research development” (September 19-21, 2024) BoScience Publisher, Boston, USA. 2024. P. 22–26.

6. Тодосійчук О. В. Кількість і маса бульбочок кореневої системи чини посівної за дії біологічних препаратів. The 9th International scientific and practical conference “Perspectives of contemporary science: theory and practice” (October 14-16, 2024) SPC “Sci-conf.com.ua”, Lviv, Ukraine. 2024. P. 70–73.

7. Тодосійчук О. В. Вплив біологічних препаратів на ростові процеси чини посівної. The 16th International Scientific and Practical Internet conference “Modern Movement of Science” (October 14-15), Dnipro, Ukraine. 2024. P. 394–395.

ANNOTATION

Todosiychuk O. V. Scientific Justification for the Use of Biological Preparations in Grass Pea Crops in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. – Qualification scientific work as a manuscript.

Dissertation for obtaining the Doctor of Philosophy degree in specialty 201 Agronomy (20 Agricultural Sciences and Food). Uman National University. Uman. 2025.

The introduction substantiates the relevance of the topic, formulates the research aim and objectives, defines the object and subject of the study, and highlights the scientific novelty and practical significance of the obtained results.

The first chapter presents a review of literary sources examining various aspects of the separate and combined effects of biopreparations and plant growth regulators in agricultural crop stands on physiological, biochemical, growth, and production processes in plants, as well as microbiological processes in the soil.

Based on the analysis of scientific literature, it can be stated that addressing the task of biologically substantiating the combined action of biopreparations and plant growth regulators in grass pea stands will enable the development of scientifically grounded, environmentally friendly, and economically beneficial

recommendations for the application of these preparations in production. The result will be the provision of the population with high-quality protein products.

The research on the effects of the biopreparation Bioneostim under different application methods of the plant growth regulator Vermistim D on the physiological processes in grass pea and microbiological processes in the soil was conducted at the educational and production department of Uman National University of Horticulture over the period 2022–2024.

The soil cover of the experimental field is podzolized heavy loam chernozem on loess with a humus content of 3.2%.

An analysis of the climatic and weather conditions of the region where the experimental field of Uman National University of Horticulture is located indicates that the conditions for growing grass pea were generally satisfactory during the research years. The exception was 2022, when precipitation was a limiting factor in achieving high crop productivity, which was reflected in the experimental data. Overall, the climatic and weather conditions of the study correspond to the moderate continental East European soil-climatic zone, within which the obtained results can be applied.

The effect of the Bioneostim biopreparation, applied separately and in a mixture with the plant growth regulator Vermistim D, was studied on grass pea (*Lathyrus sativus* L.), variety Ivolha.

The field experiment scheme included eight experimental variants, on which field and laboratory studies were conducted. The main research and observations in the experiments were carried out according to generally accepted methodologies.

As a result of the conducted research, a positive effect of the biopreparation + plant growth regulator complex on the growth processes in grass pea plants was established. This is due, on the one hand, to the stimulating effect of exogenous phytohormones, and on the other hand, to the improvement of mineral nutrition of the plant organism due to the introduction of microorganisms into the rhizosphere.

The most active increase in plant height and above-ground biomass of grass pea was observed with the application of the composition Bioneostim 1.0 L/t +

Vermistim D 7.0 L/t + Vermistim D 8.0 L/ha, which created the most optimal conditions for the course of major physiological processes in plants, including growth.

The main indicator determining the potential productivity of crops is the leaf area, the value of which can significantly vary depending on the varietal and natural-climatic characteristics of the zone, the place of crop cultivation, and the applied preparations. The research results showed that under the influence of the Bioneostim biopreparation, against the background of different application methods of the Vermistim D plant growth regulator, various leaf areas of grass pea plants were formed. The highest value was obtained in the experimental variant with the complex application of the preparations: Bioneostim (1.0 L/t – seed treatment) + Vermistim D (7.0 L/t – seed treatment) + Vermistim D (8.0 L/ha – foliar treatment). This confirms the positive effect of the above composition of preparations on the metabolic and growth processes in plants.

It has been established that the application of the biopreparation Bioneostim, both individually and in combination with the plant growth regulator Vermistim D, leads to an increase in the activity of key oxidoreductase enzymes in grass pea plants. However, enzyme activity varies depending on the specific preparations used and the method of their application. A significant increase in enzyme activity in grass pea leaves was observed when seeds were treated before sowing with a mixture of Bioneostim and Vermistim D, followed by foliar application of Vermistim D to vegetating plants. In particular, catalase activity during the flowering–pod formation phase increased by 28–36%, peroxidase activity by 34–40%, and polyphenol oxidase activity by 47–77%. These findings align with our data on the intensification of growth processes in plants, where enzymes play an integral role.

The obtained data on the content of photosynthetic pigments (chlorophylls a and b and their total content) in grass pea leaves indicate that pre-sowing seed treatment with the biopreparation Bioneostim combined with the plant growth regulator Vermistim D, followed by post-emergence application of the latter,

creates the most favorable conditions for physiological and biochemical processes in plants, including photosynthetic processes. These effects are directly linked to the stimulatory action of biopreparations on the functioning of the pigment complex in the plant's leaf apparatus. On average, over the years of research, an increase in pigment content in leaves was observed during the studied growth phases of grass pea. Specifically, the content of chlorophyll a, chlorophyll b, and their total amount exceeded the control by 19–58% for chlorophyll a, 23–60% for chlorophyll b, and 21–58% for total chlorophyll a+b.

The results of the conducted studies indicate that pre-sowing seed treatment with the biopreparation Bioneostim combined with the plant growth regulator Vermistim D, followed by post-emergence application of the latter, creates the most favorable conditions for physiological and biochemical processes in plants, including photosynthetic processes. These effects are directly linked to the biopreparations' influence on the net photosynthetic productivity of the crop. On average, over the years of research, net photosynthetic productivity during the studied interphase period (bud formation–flowering) of grass pea development increased by 20%.

It has been established that the abundance of rhizospheric soil microbiota in grass pea crops varies depending on the applied preparations, weather conditions, and crop development phases. However, the most active development of soil microorganisms in the rhizosphere of grass pea was observed in variants with the combined application of the plant growth regulator Vermistim D at 8.0 L/ha against the background of pre-sowing seed treatment with the biopreparation Bioneostim (1.0 L/t) together with Vermistim D (7.0 L/t). In these conditions, the bacterial population exceeded the control by an average of 53–59%, while the number of micromycetes increased by 33–39%, depending on the years and growth phases.

Leguminous crops, including grass pea, which has been gaining popularity in recent years, are not only a valuable source of amino acids and plant-based protein but also play a crucial role in the legume-rhizobial symbiosis. This

symbiosis enables the fixation of significant amounts of atmospheric nitrogen, thereby improving the physico-chemical properties of the soil.

The assessment of changes in the number and mass of nodules confirmed the dependence of the formation of the symbiotic apparatus in grass pea plants on the separate and combined application of the biopreparation Bioneostim and the plant growth regulator Vermistim D. The highest quantitative and mass indicators of symbiotic apparatus formation on grass pea roots in 2024 were recorded with the combined application of Bioneostim and Vermistim D for pre-sowing seed treatment, followed by the application of Vermistim D. This approach resulted in an increase in the number and mass of root nodules compared to the control by 24 nodules per plant and 261.6 mg per plant.

Our research results established that the population dynamics of associative nitrogen-fixing microorganisms of the genus *Azotobacter* in the rhizosphere of grass pea varied depending on the type of preparation, the method of application, their combination, and the crop development phases.

The presented experimental data provide grounds for concluding that the formation of the symbiotic apparatus in grass pea and the abundance of *Azotobacter* bacteria in the rhizosphere depended on both weather conditions and the combination of the studied preparations. The most active formation of the symbiotic apparatus and development of associative nitrogen fixers were observed in the experimental variant where seeds were pre-treated with a mixture of the biopreparation Bioneostim and the plant growth regulator Vermistim D, followed by the application of Vermistim D after emergence. On average, over the years of research, this approach ensured an increase in the number of nodules by 19–24 per plant and their mass by 28.2–227.9 mg per plant, depending on the crop development phase. Additionally, the percentage of soil aggregates colonized by *Azotobacter* bacteria reached 100%.

Due to the increasing use of chemical substances in agricultural production, microbial communities are experiencing growing negative impacts. Therefore,

studying the structure and composition of microbial communities remains a fundamental task.

Based on the results of our research, we can confirm the positive impact of the biopreparation Bioneostim and the plant growth regulator Vermistim D on the growth and development of ammonifying, nitrifying, and cellulolytic microorganisms in the rhizosphere of grass pea across all studied crop development phases. The most pronounced stimulatory effect on rhizospheric microbiota was observed with the combined pre-sowing seed treatment using Bioneostim and Vermistim D, followed by foliar spraying of vegetating plants with Vermistim D. This treatment composition led to an increase in ammonifying bacteria by 52–57%, nitrifying bacteria by 62–66%, and cellulolytic microorganisms by 33–43% in the grass pea rhizosphere.

In the modern stage of agro-industrial development, continuous improvement of technological elements in legume cultivation is one of the key factors for increasing gross yields and enhancing productivity.

Our data analysis established that grass pea yield and grain quality depended on weather conditions and the combination of the studied preparations. It was found that pre-sowing seed treatment with a mixture of Bioneostim (1.0 L/t) and Vermistim D (7.0 L/t), followed by post-emergence application of Vermistim D (8.0 L/ha), stimulated a range of biological processes in plants and soil. As a result, this treatment increased crop yield by 0.51 t/ha, while also improving the 1000-seed weight by 9% and protein content by 2.6%.

In the context of market economy development, the assessment of the economic efficiency of all agro-technological measures is of primary importance. Based on the obtained economic and energy analysis data, it can be concluded that the most cost-effective approach in grass pea cultivation is the application of a composition consisting of the biopreparation Bioneostim (1.0 L/t) + the plant growth regulator Vermistim D (7.0 L/t) + the plant growth regulator Vermistim D (8.0 L/ha). This combination increases the profitability level to 231%, compared to 187% in the control, with an additional net profit of 13,122 UAH/ha and an energy

efficiency coefficient of 3.1. This formulation enables an increase in grass pea yield through the use of biologically derived preparations as a component of a biologised cultivation technology.

To enhance the yield and grain quality of grass pea, it is recommended to apply a mixture of the biopreparation Bioneostim at a rate of 1.0 L/t with the plant growth regulator Vermistim D at a rate of 7.0 L/t for pre-sowing seed treatment, followed by Vermistim D at a rate of 8.0 L/ha for foliar application at the stem elongation phase of crop development.

Keywords: scientific justification, integrated action, grass pea, plant growth regulator, microbial preparation.

LIST OF SCIENTIFIC WORKS ON THE DISSERTATION TOPIC

Works in which the main scientific results of the dissertation are published:

1. Todosiychuk, O. V. (2024). Yield and grain quality of grass pea under the influence of biological preparations. *Agrobiology. Collection of Scientific Papers of Bila Tserkva NAU*, (2)191, 128–133. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2024-191-2-128-133>
2. Todosiychuk, O. V. (2024). Symbiotic apparatus of grass pea plants under the influence of a biopreparation and a plant growth regulator. *Collection of Scientific Papers of Uman National University of Horticulture*, (105)1, 30–37. <https://doi.org/10.32782/2415-8240-2024-105-1-30-37>
3. Todosiychuk, O. V. (2024). Chlorophyll content and net photosynthetic productivity of grass pea under the influence of biological preparations. *Bulletin of Uman National University of Horticulture*, (2), 7–12. <https://doi.org/10.32782/2310-0478-2024-2-7-12>

Publications confirming the approbation of dissertation materials:

4. Todosiychuk, O. V. (2024). Productivity of grass pea crops under the influence of biological preparations. In *Scientific and innovative development of agricultural production as a guarantee of Ukraine's food security: Past, present, future* (pp. 152–155). Proceedings of the VI All-Ukrainian Scientific and Practical

Conference, September 25–26, 2024, Kyiv, Ukraine. NAAS, NSSGL, Institute of History of Agrarian Science, Education and Technology, IMA APV NAAS.

5. Todosiychuk, O. V. (2024). Photosynthetic productivity of grass pea crops under the influence of biological preparations. In *The 2nd International Scientific and Practical Conference “Current Trends in Scientific Research Development”* (pp. 22–26). September 19–21, 2024, BoScience Publisher, Boston, USA.

6. Todosiychuk, O. V. (2024). Number and mass of root nodules in grass pea under the influence of biological preparations. In *The 9th International Scientific and Practical Conference “Perspectives of Contemporary Science: Theory and Practice”* (pp. 70–73). October 14–16, 2024, SPC “Sci-conf.com.ua”, Lviv, Ukraine.

7. Todosiychuk, O. V. (2024). The influence of biological preparations on the growth processes of grass pea. In *The 16th International Scientific and Practical Internet Conference “Modern Movement of Science”* (pp. 394–395). October 14–15, 2024, Dnipro, Ukraine.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ І ПОЗНАЧЕНЬ.....	19
ВСТУП.....	20
РОЗДІЛ 1. БІОЛОГІЧНІ ПРЕПАРАТИ У ТЕХНОЛОГІЯХ ВИРОЩУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР, У ТОМУ ЧИСЛІ Й ЧИНИ ПОСІВНОЇ (огляд літератури).....	26
1.1. Фізіолого-біохімічні процеси в рослинах і ґрунті за використання в посівах сільськогосподарських культур біологічних препаратів	26
1.2. Ефективність використання біологічних препаратів у посівах сільськогосподарських культур	39
РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	48
2.1. Характеристика місця, погодних та ґрунтових умов проведення досліджень	48
2.2. Схема досліду та методика проведення досліджень.....	53
РОЗДІЛ 3. ФІЗІОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ В РОСЛИНАХ ЧИНИ ПОСІВНОЇ ЗА ВИКОРИСТАННЯ БІОПРЕПАРАТУ БІОНЕОСТИМ І РЕГУЛЯТОРА РОСТУ РОСЛИН ВЕРМИСТИМ Д.....	60
3.1. Динаміка ростових процесів.....	60
3.2. Формування площі листкового апарату	66
3.3. Стан ферментативної системи	70
3.4. Пігментний комплекс листкового апарату	76
3.5. Чиста продуктивність фотосинтезу.....	83
РОЗДІЛ 4. ФУНКЦІОНУВАННЯ МІКРОБІОТИ РИЗОСФЕРИ ЧИНИ ПОСІВНОЇ ЗА ДІЇ БІОПРЕПАРАТУ БІОНЕОСТИМ І РЕГУЛЯТОРА РОСТУ РОСЛИН ВЕРМИСТИМ Д.....	91
4.1. Загальна чисельність мікроорганізмів та мікроміцетів.....	91

4.2. Симбіотичний апарат чини посівної та азотфіксуювальні мікроорганізми роду <i>Azotobacter</i>	96
4.3. Чисельність основних еколого-трофічних груп.....	105
РОЗДІЛ 5. УРОЖАЙНІСТЬ, ЯКІСТЬ ЗЕРНА, ЕКОНОМІЧНА Й ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ БІОПРЕПАРАТУ БІОНЕОСТИМ І РЕГУЛЯТОРА РОСТУ РОСЛИН ВЕРМИСТИМ Д У ПОСІВАХ ЧИНИ ПОСІВНОЇ	113
5.1. Урожайність і якість зерна	113
5.2. Економічна і біоенергетична ефективність.....	119
ВИСНОВКИ.....	124
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	128
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	129
ДОДАТКИ.....	164

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ І ПОЗНАЧЕНЬ

БП – біопрепарат

КУО – колонієутворюючі одиниці

МПА – м'ясопептонний агар

МПБ – м'ясопептонний бульйон

РРР – регулятор росту рослин

Хл – хлорофіл

Хл *a* – хлорофіл *a*

Хл *b* – хлорофіл *b*

ЧПФ – чиста продуктивність фотосинтезу

BBCH (Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Bundessortenamt und der Chemischen Industrie) – шкала фенологічних фаз розвитку рослин

ВСТУП

Вирішення проблеми дефіциту білка за рахунок вирощування традиційних зернобобових культур неможливе. Тому сучасне сільськогосподарське виробництво розширює асортимент нових культур, навіть нетрадиційних для деяких регіонів, але з високим вмістом цінних поживних речовин. Однією з таких культур є чина посівна (*Lathyrus sativus*), яка є основним джерелом екологічно безпечного білка збалансованого за амінокислотним складом [1]. Насіння чини посівної характеризується високою поживністю. У ньому міститься 28–30% білків, 24–45% вуглеводів, 0,5–0,7% жиру, 2,5–3,0%, за вмістом найважливіших амінокислот – триптофану, лізину, аргініну, гістидину та інших – чина не поступається гороху, сочевиці та квасолі [2–4].

Чина та інші бобові культури – це своєрідні фабрики, які поєднують два важливих процеси (фотосинтез та біологічну фіксацію азоту). Ці культури покращують азотний баланс ґрунту, є добрими попередниками у сівозміні, забезпечують одержання екологічно чистої продукції.

В Україні посівні площі чини посівної поки що незначні (до 10 тис. га), оскільки її біологічний та енергетичний потенціал належним чином не оцінений та майже відсутні науково обґрунтовані технології її вирощування [5, 6].

Актуальність теми. Нині важливим елементом сучасних екологічно безпечних, ресурсоощадних технологій вирощування сільськогосподарських культур є застосування біопрепаратів (БП) та регуляторів росту рослин (РРР), які за різних способів їх поєднання слугують науково обґрунтованим чинником екзогенного регулювання морфобіологічних особливостей розвитку рослин і їх життєдіяльності [7–9].

Особливо значення даних препаратів зростає в умовах зменшення використання засобів захисту рослин і добрив, що слугує підґрунтям до біологізації галузі рослинництва і виробництва продукції екологічного (органічного) спрямування [10]. Ефективне виробництво чини посівної

можливе лише за умови вдосконалення існуючих та впровадження новітніх підходів до технології її вирощування. Розробка біологізованих технологій або окремих їх елементів входила в коло наукових інтересів багатьох вчених [11–15], проте елементи застосування біопрепаратів і регуляторів росту рослин у технології вирощування чини посівної, які б ґрунтувались на всебічному врахуванні біологічних змін у рослинах і ґрунті, в нинішніх умовах є невивченими, що вказує на важливість та актуальність даного дослідження.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертація є результатом виконання автором у 2022–2024 рр. наукової роботи, що була складовою тематики досліджень кафедри біології Уманського національного університету садівництва «Розробка новітніх технологій виробництва зернових культур у сівозміні при застосуванні гербіцидів, рістрегулюючих речовин і мікробіологічних препаратів» (номер державної реєстрації 0105U00560), що входить у Програму наукових досліджень університету «Оптимізація використання природного і ресурсного потенціалу агроєкосистем Правобережного Лісостепу України» (номер державної реєстрації 0116U003207).

Мета і завдання дослідження. Метою роботи було з'ясувати розрізнену та комплексну дію біопрепарату Біонеостим і регулятора росту рослин Вермистим Д на перебіг основних фізіолого-біохімічних процесів у рослинах чини посівної, формування ризосферного мікробного комплексу рослин, урожайності, якості зерна та економічної й енергетичної ефективності застосування досліджуваних препаратів. На основі отриманих експериментальних даних – розробити, обґрунтувати і впровадити у виробництво елементи біологізованої технології вирощування чини посівної.

Відповідно до поставленої мети передбачалося вирішити наступні завдання:

– дослідити фізіолого-біохімічні процеси в рослинах чини посівної (динаміку ростових процесів, формування площі листового апарату,

активність основних антиоксидантних ферментів, формування пігментного комплексу листкового апарату, чисту продуктивність фотосинтезу) за використання біопрепарату Біонеостим та регулятора росту рослин Вермистим Д;

- з'ясувати вплив досліджуваних препаратів на активність та кількісний і якісний склад ризосферної мікробіоти;

- вивчити дію досліджуваних біологічних препаратів на формування продуктивності посівів чини посівної і якості врожаю;

- дати економічне й енергетичне обґрунтування комплексному застосуванню досліджуваних біологічних препаратів у технології вирощування чини посівної та розробити і впровадити у виробництво науково обґрунтовані заходи з їх застосування.

Об'єкт дослідження – фізіолого-біохімічні процеси в рослинах, мікробіологічні – в ґрунті та продуктивність посівів чини посівної за використання біопрепарату Біонеостим і регулятора росту рослин Вермистим Д.

Предмет дослідження – чина посівна сорту Іволга, біопрепарат Біонеостим та регулятор росту рослин Вермистим Д, фізіолого-біохімічні процеси у рослинах чини посівної, мікробіологічна активність ґрунту, продуктивність посівів.

Методи дослідження. Польовий – закладання дослідів у польових умовах для з'ясування ефективності дії біопрепарату і регулятора росту рослин. Лабораторний – дослідження фізіолого-біохімічними методами кількісних і якісних змін у рослинах чини посівної та мікробіологічними – у ґрунті. Статистичний – встановлення на основі дисперсійного та кореляційного аналізів достовірності отриманих даних. Економіко-математичний – для розрахунків економічної ефективності використання препаратів.

Наукова новизна одержаних результатів. Наукова новизна роботи полягає у встановленні фізіолого-біохімічних та продукційних змін у

рослинах чини посівної і мікробіологічних – у ґрунті за використання біопрепарату Біонеостим і регулятора росту рослин Вермистим Д.

Вперше в умовах Правобережного Лісостепу України досліджено комплексну дію біопрепарату Біонеостим та регулятора росту рослин Вермистим Д: на динаміку ростових процесів рослин чини посівної (у середньому вегетативна маса рослин зростала на 11–26%, висота рослин – 7–14%), формування фотоактивної асиміляційної поверхні рослин (площа листків збільшувалась на 13–30%), активність ферментів класу оксидоредуктаз – каталази, пероксидази і поліфенолоксидази (активізація до контролю зроста до 60%), вміст фотосинтезуючих пігментів збільшувався на 32–58%, що в цілому забезпечувало активізацію на 11–20% продуктивність фотосинтезу посівів і на 16–66% – активність мікробних угруповань.

Вперше вивчено комплексну дію біологічних препаратів на формування врожайності культури і якісних показників зерна та обґрунтовано їх значення у виробництві екологічно чистої продукції з високими споживчими показниками.

За результатами досліджень розроблені екологічно безпечні заходи із застосування біопрепарату Біонеостим і регулятора росту рослин Вермистим Д, у посівах чини посівної, які дозволяють підвищити продуктивність рослин і можуть слугувати основою для розробки подібних заходів для інших бобових культур.

Практичне значення одержаних результатів полягає у розробці та впровадженні елементів біологізації в технологію вирощування чини посівної, які реалізуються через проходження основних фізіолого-біохімічних і продукційних процесів у рослинах та стимулювання активності симбіотичного апарату, розвиток мікробних угруповань, на фоні застосування біопрепарату Біонеостим і регулятора росту рослин Вермистим Д.

Науково обґрунтовані результати досліджень пройшли виробничу перевірку в технологіях вирощування чини посівної в господарствах: ФГ

Агрофірма «Базис» Уманського району Черкаської області (акт впровадження від 21.10.2024 року, Додаток 3) і ФГ «Кримяне» Уманського району Черкаської області (акт впровадження від 21.10.2024 року, Додаток К) на загальній площі 8 га, де забезпечили одержання високого економічного прибутку.

Матеріали дисертаційної роботи апробовані при викладанні дисциплін «Фізіологія рослин», «Мікробіологія», «Біологія», «Біохімія», «Біологічні основи вирощування сільськогосподарських культур» в Уманському національному університеті садівництва.

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є авторською працею. Здобувачем розроблено схему проведення досліджень, опановано методики досліджень, виконано опрацювання наукової літератури згідно тематики досліджень, проведені польові та лабораторні досліді, узагальнено результати досліджень та здійснено статистичну їх обробку, підготовлено до друку наукові статті та здійснено впровадження у виробництво основних результатів роботи.

Апробація результатів досліджень. Основні положення, що викладені в дисертації, доповідались і обговорювались на щорічних засіданнях кафедри біології Уманського національного університету садівництва, а також наукових конференціях: VI Всеукраїнської науково-практичної конференції «Науково-інноваційний розвиток агровиробництва як запорука продовольчої безпеки України: вчора, сьогодні, завтра» (Київ, 2024); The 2nd International scientific and practical conference “Current trends in scientific research development” (Boston, 2024); The 9th International scientific and practical conference “Perspectives of contemporary science: theory and practice” (Lviv, 2024); The 16th International scientific and practical internet conference “Modern Movement of Science” (Dnipro, 2024).

Публікації. Матеріали дисертації висвітлено в 7 наукових працях, серед яких: 3 статті у фахових виданнях України, 4 тез доповідей на конференціях.

Структура дисертації. Дисертаційну роботу викладено на 190 сторінках машинописного тексту, в т. ч. 128 – основного тексту, включаючи 21 таблицю і 4 рисунки. Вона складається з анотації, вступу, п’яти розділів, висновків, рекомендацій виробництву, списку використаних джерел наукової літератури, що нараховує 293 найменувань, з них 60 – латиницею.

РОЗДІЛ 1

БІОЛОГІЧНІ ПРЕПАРАТИ У ТЕХНОЛОГІЯХ ВИРОЩУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР, У ТОМУ ЧИСЛІ Й ЧИНИ ПОСІВНОЇ (огляд літератури)

1.1. Фізіолого-біохімічні процеси в рослинах і ґрунті за використання в посівах сільськогосподарських культур біологічних препаратів

В умовах сьогодення вирішальне значення у розв'язанні питання подолання дефіциту рослинного білка та покращення родючості ґрунту за умови впро-вадження елементів екологізації і біологізації землеробства належить зернобобовим культурам [16]. Тому актуальною проблемою сучасної аграрної галузі є розробка нових ефективних технологій вирощування рослин, за допомогою яких можливо знизити забруднення навколишнього середовища та отримати екологічно безпечну сільськогосподарську продукцію. У цьому напрямку важливого значення набуває створення і впровадження у виробництво біопрепаратів (БП) та регуляторів росту рослин (РРР), які дозволяють активізувати основні фізіолого-біохімічні процеси в культурних рослинах, мікробні – в ґрунті, забезпечуючи при цьому підвищення імунозахисних властивостей рослин до стресових чинників абіотичного та біотичного походження [17, 18].

Поява нових сортів культур, новітніх біопрепаратів, регуляторів росту рослин, сучасне ставлення до екологобезпечних енергоресурсоощадливих технологій вимагають додаткових, більш поглиблених досліджень з метою удосконалення існуючих технологій вирощування зернобобових культур, у тому числі й чини посівної, з використанням біологічно активних речовин – синтетичних й природніх органічних чи хімічних речовин, яким властива біологічна активність і які в невеликих кількостях, можуть викликати

позитивні зміни фізіологічних та біохімічних процесів рослин і, як наслідок, покращувати продуктивність сільськогосподарських культур. Сучасні біопрепарати дозволяють цілеспрямовано регулювати процеси росту і розвитку рослин, ефективніше реалізувати потенційні можливості сортів та гібридів, закладених у геномі природою, селекційним чи генетично-інженерним шляхом [19–21].

Вивчення біопрепаратів в обміні речовин рослин необхідне для виявлення нових можливостей управління їх продуктивністю, оскільки вони можуть бути як специфічними, так і неспецифічними регуляторами обміну речовин. Як правило, біологічні препарати є комплексними та становлять собою збалансовані композиції природних і синтетичних фітогормонів, органічних кислот, мікроелементів, які активізують основні фізіологічні процеси у рослинах [22].

За даними досліджень низки науковців [23–25], біопрепарати мали суттєвий вплив на висоту та накопичення рослинами вегетативної маси в різні фази їх розвитку, впливаючи таким чином на перерозподіл асимілянтів. Загалом, також застосування біологічних препаратів та регуляторів росту рослин сприяло й інтенсивному наростанню сухої речовини вирощуваних культур.

Залежно від концентрації діючих речовин біологічні препарати здатні активізувати або уповільнювати ростові процеси, а також підвищувати стійкість рослин до низьких і високих температур. Вони можуть викликати в рослинах зміни балансу фітогормонів – гіберелінів, цитокінінів і ауксинів, підвищувати стійкість культур до стресів, хвороб, знижувати поглинання рослинами радіонуклідів і важких металів [26, 27].

Дослідженнями М. О. Колеснікова та С. П. Пономаренка [28] встановлено, що передпосівна обробка насіння ячменю ярого регуляторами росту рослин Стимпо (25 мл/т) та Регоплант (250 мл/т) підвищувала польову схожість та стимулювала накопичення біомаси рослинами, що сприяло формуванню вищої фотоасиміляційної поверхні посівів у різних фазах

вегетації від 9% до 15% порівняно з контролем, також було відмічено зростання вмісту хлорофілу на 2–4%, що дозволило збільшити біологічну врожайність культури на 10–13%.

Дослідженнями встановлено [29], що інокуляції насіння чини посівної біопрепаратом Ризогумін сприяє кращому формуванню симбіотичного апарату рослин та інтенсивності його діяльності, де кількість та маса бульбочок становила – 24,2 шт./рослину і 1,01 г/рослину (контроль – 15,4 шт./рослину і 0,6 г/рослину), при цьому спостерігалось підвищення урожайності зерна чини посівної на 0,48 т/га, висоти рослин – 4,5 см, кількості бобів – 3 шт./рослину, маси насіння – 1,1 г/рослину, маса 1000 насінин – 13,3 г відносно контрольного варіанту, де біопрепарат не застосовували.

Вченими встановлено, що використання біопрепаратів (Вуксал БЮ Vita, Меланоріз, Агролайт, Радостим, Біолан) на посівах пшениці, вівса, тритикале, ячменю призводить до стимуляції розвитку бічних стебел культур і формування у них продуктивного колосу, також плив біопрепаратів зумовлював підвищення вегетативної маси рослин та вмісту хлорофілу у листках вищенаведених культур, що пов'язано із збільшенням синтезу пігменту та затримкою його руйнування [30–35].

Численні дослідження свідчать, що застосування біопрепаратів та регуляторів росту рослин є важливим елементом екологічно безпечних ресурсоощадливих технологій вирощування бобових культур, який сприяє прискоренню біохімічних процесів в рослинах та більш інтенсивному росту рослин, зокрема – підвищенню польової схожості, більш ранній появі сходів, збільшенню вегетативної маси рослин 0,4–1,2 рази і, як результат – площі листової поверхні – на 4–15% та у – 1,0–1,4 рази інтенсивності фотосинтезу рослин, що зумовлює зростання урожайності зерна на 4–18% і поліпшення його якості [36–39].

Сучасні дослідження з вивчення впливу біопрепаратів та регуляторів росту рослин на розвиток сільськогосподарських культур доводять, що вони підсилюють поділ клітин та істотно покращують схожість насіннєвого матеріалу, а також по-різному впливають на ріст різних частин рослин – покращують ростові показники, накопичення вегетативної маси і кореневої системи та позитивно впливають на процес цвітіння рослин [40, 41].

В. Дорохов та Т. Складенко [42], О. Шевчук [43] стверджують, що застосування біопрепаратів, регуляторів росту рослин також позитивно впливає на схожість насіння, ріст і розвиток культурних рослин.

Аналіз сучасних досліджень вітчизняних і зарубіжних вчених [44–46] доводить, що використання біологічних препаратів як для обробки насіння, так і для посходового застосування в посівах сільськогосподарських рослин є, безперечно, одним з найефективніших і найбезпечніших заходів з покращення ростових процесів і врожайності рослин.

Більшість науковців [47–49] відмічають значний вплив біопрепаратів на формування оптимального за площею і продуктивністю листового апарату сільськогосподарських рослин, що також супроводжується збільшенням розмірів клітин епідермісу листка та довжини продихових щілин.

Дослідженнями встановлено, що застосування для передпосівної обробки насіння сої суміші мікробного препарату Ризобофіт (100 мл) з регулятором росту рослин Регоплант (250 мл/т) сприяло наростанню площі листового апарату культури у всі фази її розвитку на 28–36%. а за внесення регулятора росту рослин Регоплант (50 мл/га) по даному фону площа листків перевищувала показники контрольного варіанту на 33–39% [50].

Результатами досліджень О. І. Заболотного та А. В. Заболотної [51] встановлено позитивний вплив на формування фотосинтетичної поверхні рослин пшениці ярої регулятора росту рослин Емістим С (10 мл/га), що супроводжувалось зростанням площі листової поверхні на 13%.

Дослідженнями В. П. Карпенка та Р. М. Притуляка [52, 53] доведено, що за внесення біопрепаратів Агат-25К і Агrostимулін у листках ячменю ярого збільшується вміст хлорофілів. Даний варіант забезпечив найвищу прибавку зерна, що складало у відношенні до контролю 8,3 ц/га. При застосуванні тієї ж композиції препаратів формувалася оптимальний за площею листковий апарат (150,3 і 148,4 см²), який забезпечував найвищу фотосинтетичну продуктивність посівів – відповідно 5,8 і 5,7 при 4,3 г/м² за добу в контролі.

За даними досліджень В. І. Горщара [54], передпосівна обробка насіння ячменю ярого сорту Галактик біопрепаратами Альбіт (30 мг на 1 т насіння) і Крезацин (10 г на 1 т насіння) підсилює формування рослинами асиміляційного апарату, найбільша площа якого формувалася у фазу виходу ячменю у трубку, що на 9–12% перевищувало контроль.

Дослідженнями І. Б. Леонтюк [55] доведено, що обробка насіння пшениці озимої регуляторами росту рослин Біолан (25 мл/т) та Радостим (250 мл/т) у поєднанні із посходовим внесенням цих же препаратів позитивно впливає на формування рослинами фотосинтетичного апарату. Зокрема, у варіанті, де насіння перед сівбою обробляли Радостимом у нормі 250 мл/т та обприскували посіви композицією Біолан 25 мл/га, кількість листків з розрахунку на одну рослину збільшувалась на 25%, а їх площа – на 30% проти контролю.

Згідно з даними З. М. Грицаєнко та А. А. Даценко [56], мікробний препарат Діазобактерин у поєднанні із регулятором росту рослин Радостим, сприяють створенню оптимальних умов для формування площі листової поверхні рослин гречки, а отже, і фотосинтетичної продуктивності посівів у цілому. Використання Діазобактерину у нормі 175 мл у суміші з Радостимом у нормі 250 мл/т для обробки насіння перед сівбою та обприскування посівів Радостимом у нормі 50 мл/га забезпечує формування найвищих показників площі асиміляційної поверхні рослин гречки, що на 20% і 30% відповідно у фазі розвитку галуження стебла і цвітіння перевищує контроль.

Дослідженнями В. М. Сендецького [57] встановлено, що за передпосівної обробки насіння та обприскування посівів соняшнику гібриду НР Бріо рістрегулятором Вермийодіс площа листової поверхні рослин збільшувалася до 53,4 см² проти 46,3 см² у контролі, а урожайність культури становила 4,02 т/га, що на 0,65 т/га більше відносно контролю.

Головними каталізаторами біохімічних реакцій виступають ферменти, до складу яких входять молекули білка. Тому, наповнюючи рослинну клітину амінокислотами, шляхом застосування біопрепаратів і регуляторів росту рослин, створюється будівельний матеріал для ферментів, внаслідок чого біохімічні реакції у клітині пришвидшуються у багато разів, рослина починає активно рости й розвиватися [58–60]. Особливе місце при цьому відводиться функціонуванню окисно-відновних ферментів. Вважають, що пероксидази, зв'язані з клітинною стінкою рослини-господаря, беруть участь не лише в процесах росту і формування клітинних стінок, а й виконують ширший спектр фізіологічних реакцій. Виявлено, що в разі встановлення симбіотичних відносин у клітинах макросимбіонта істотно зростає активність окиснювальних процесів, які супроводжуються утворенням і розкладанням пероксидних сполук за участю пероксидази і каталази [61–63].

Нині відомо, що стресові чинники можуть викликати зміни ферментативної активності та порушення перебігу головних фізіолого-біохімічних та анатомо-морфологічних процесів у рослинному організмі. На сьогоднішній день є дані щодо впливу стресу та ксенобіотиків на окремі морфофізіологічні і біохімічні параметри рослин, активність окремих ферментів [64, 65].

Дослідженнями З. М. Грицаєнко і А. А. Даценко [66] встановлено, що використання МБП Діазобактерин у нормах 150, 175, 200 мл/т та РРР Радостим у нормі 250 мл/т як окремо, так і сумісно, активність антиоксидантних ферментів у рослинах гречки зростала, водночас найвищою вона була за обробки насіння сумішшю препаратів Діазобактерин (200 мл/т) і Радостим (250 мл/т) та обприскування посівів Радостимом (50 мл/га), що

перевищувало контроль по каталазі на 101%, по пероксидазі – 28% та по поліфенолоксидазі – 65%.

Антиоксидантні системи стримують утворення активних форм кисню. Активне їх функціонування при відсутніх змінах в окиснювальних процесах свідчить про розвиток окиснювального стресу в клітинах і про порушення прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу [67, 68]. Для ліквідації активних форм кисню у рослинах активно інтенсифікується діяльність ферментів, зокрема каталази, пероксидази, поліфенолоксидази та ін. [69, 70].

Доведено, що біопрепарати та регулятори росту рослин позитивно впливають на активність ферментів окисно-відновного характеру дії в рослинах гороху озимого та ярого [71, 72], сої [50], нуту [73], сочевиці [74], соризу [75], проте функціонування антиоксидантних ферментів у рослинах чини посівної за комплексної і розрізненої дії біопрепаратів і регуляторів росту рослин практично не досліджувалося.

Відомо, що біопрепарати і регулятори росту рослин є реальним досягненням світового рівня у галузі наноекобіотехнологій. Вони активізують основні процеси життєдіяльності рослин – мембранну проникність, пришвидшують передачу інформації, ділення клітин, фотосинтез, процеси дихання і поживного режиму [76, 77]. Сумісне застосування біопрепаратів і регуляторів росту рослин сприяє зростанню кількості зелених пігментів у посівах різних сільськогосподарських культур [78–80], оскільки вміст пігментів, їх співвідношення є важливими показниками сформованості фотосинтетичного апарату. Хлорофіл є фотокаталізатором і його нестача обмежує швидкість фотосинтезу.

Крім хлорофілів, характерними компонентами пігментного комплексу рослин є каротиноїди. Серед важливих функцій, які вони виконують, виділяють їх здатність нейтралізувати активні форми кисню, що утворюються в процесі фотосинтезу та внаслідок впливу шкочочинних агентів на рослину. Будь-які зміни в кількості хлорофілів і каротиноїдів є

відображенням фізіологічного стану, в якому перебуває рослина, і можуть використовуватись для оцінки впливу на неї різних чинників [81–83].

За даними досліджень Ю. О. Черницького [84], обробка насіння пшениці озимої мікробним препаратом Хетомік (1,0 кг/т) сприяла збільшенню вмісту хлорофілу *a* у листках на 43–68%. Поряд з цим, поєднання інкрустації насіння та обприскування посівів буряка цукрового сорту Носівський Кристаліном (10 г/т, 10 г/га), підвищувало сумарне накопичення хлорофілів у листках рослин порівняно з контролем на 69% [85].

Розборська Л. В. [86] констатує збільшення вмісту хлорофілу у листках пшениці озимої до 17% проти контролю за дії регулятора росту Емістим С у нормі 5 мл/га.

Стан пігментного комплексу рослин є інтеграційним показником, що характеризує глибинність впливу засобів захисту рослин й інших антропогенних чинників на рослини. Значна чутливість культурних рослин до пестицидів створює необхідність поєднаного застосування хімічних речовин з антидотами, якими можуть виступати регулятори росту рослин. Доведено, що регулятори росту рослин стимулюють наростання листкового апарату, впливають на біосинтез хлорофілів, формування хлоропластів, транспорт фотоасимілянтів та інтенсивність фотосинтезу [87–90].

Численними науковими дослідженнями доведено, що у більшості випадків біопрепарати, регулятори росту рослин та мікробні препарати стимулюють нагромадження рослинами хлорофілу, підвищують фотосинтетичну активність хлоропластів та чисту продуктивність фотосинтезу [91, 92]. Це доведено з використанням Регопланту (250 мл/т та 250 мл/га) на сочевиці [93], Агріфлекс Аміно (1,0 кг/га) та Оптімайз Пульс (3,28 л/т) на горосі озимому [94], Емістиму С (20 мл/га), Регопланту (50 мл/га та 250 мл/т) на сої [95, 96] та інших біологічно активних речовин на різних сільськогосподарських культурах [97–103].

Серед біологічних ознак сільськогосподарських культур, зокрема й бобових, визначальною щодо їхньої урожайності і білкового потенціалу є чиста продуктивність фотосинтезу [104].

Дослідження багатьох науковців засвідчують чітку залежність та позитивний вплив біологічних препаратів на чисту продуктивність фотосинтезу сільськогосподарських рослин [105–108].

В. П. Карпенко та С. В. Павлишен [109] встановили позитивний вплив роздільного та комплексного використання регулятора росту рослин Вуксал БЮ Vita (1,0 л/га, 1,0 л/т) на показники чистої продуктивності фотосинтезу пшениці полби, що зумовлювало зростання даного показника порівняно з контролем на 10–17%.

Пида С. В. із співавт. [110] відмічали позитивну дію Емістиму С (25 мл/т) та Агростимуліну (25 мл/т) на фотосинтетичні процеси у рослинах люпину білого та люпину жовтого, зокрема обробка вищенаведеними препаратами сприяла інтенсивнішому накопиченню хлорофілу в листках рослин люпину, що перевищувало контрольні показники на 5–15%, а чиста продуктивність фотосинтезу зростала до 47%.

Дослідженнями С. М. Каленської та ін. [111, 112] встановлено позитивний вплив на формування фотосинтетичної продуктивності рослин сої за внесення нанометалів у концентрації 240 мг/л на початку фази бутонізації на фоні інокуляції насіння мікробними препаратами «ХайКот Супер» + «ХайКот Супер Extender» із нормою витрати препаратів 1,42 л + 1,42 л на 1 т насіння та внесення мінеральних добрив у нормі $N_{30}P_{60}K_{60}$. У середньому даний варіант дослідів забезпечив приріст площі листової поверхні сортів сої на 1–9%.

Проведені науковцями дослідження з вивчення інтенсивності фотосинтезу люцерни за дії регуляторів росту рослин засвідчили, що по відношенню до контролю збільшення даного показника було у варіантах за обробки насіння ПС-К – на 19%, ПТМБ – 49% [113, 114].

Вплив біопрепаратів на підвищення чистої продуктивності рослин пов'язаний з тим, що вони інтенсифікують життєдіяльність клітин, підвищують проникність міжклітинних мембран та пришвидшують у них біохімічні процеси, що призводить до посилення процесів живлення, дихання та фотосинтезу. Завдяки цим препаратам, зростає стійкість посівів до несприятливих погодних умов та до ураження їх шкідниками і хворобами [115, 116].

Дослідженнями встановлено [117], що сумісне застосування різних норм мікробного препарату Меланоріз (1,0–1,5 л/т) з регулятором росту росли Агролайт (1,0 л/га) позитивно впливає на формування чистої продуктивності фотосинтезу посівів вівса голозерного. Разом із тим у варіантах сумісного застосування для обробки насіння Меланорізу у нормі 1,5 л/га і Агролайту у нормі 0,26 л/т та обприскування посівів Агролайтом у нормі 1,0 л/га формуються найвищі показники, що в середньому на 9–15% перевищує контроль. Позитивну дію від використання біопрепаратів Байкал ЕМ-1 (20 мл/га) та Екозорф-1 (200 г/га) було відмічено в посівах гречки, де вміст в листках хлорофілу зростав на 0,12–0,33 мг/г сирової маси [118].

Дослідженнями встановлено, що передпосівна обробка насіння сої сортів КиВін, Княжа, Монада бактеріальним препаратом Оптімайз 200 (діюча речовина – азотфіксуючі бактерії *Bradyrhizobium japonicum*) у нормі 2,8 л/т сприяла збільшенню фотосинтетичного потенціалу посівів у всі фази розвитку рослин по відношенню до варіантів без інокуляції у середньому на 6,6–10,1% [119].

Встановлено, що застосування регуляторів росту Біовсил і Радостим у поєднанні з позакореневим підживлення мікродобрином Yara Vita Моно Молітрак (0,25 л/га) забезпечує формування максимальних показників чистої продуктивності рослин сої. Так, в сорту «Устя» за внесення у фазі бутонізації (0,25 л/га) + у фазі цвітіння в поєднанні отримано 1,47 та 1,45 г/м² добу, а у сорту «Естафета» – 1,82 та 1,82 г/м² на добу сухої речовини [120].

Дослідженнями В. В. Калитки та М. В. Капіноса [121] встановлено, що інокуляція насіння гороху і застосування регулятора росту (Ризобофіт, Гумаксид та АКМ) призводило до активізації фотосинтетичної діяльності рослин. Зокрема, за використання Ризобофіту відбувалось зростання показника чистої продуктивності фотосинтезу на 12,7%, Гумаксиду – на 23,5%, АКМ – на 40,1%. Аналогічних результатів досягли й інші вчені [122–125] за використання регуляторів росту рослин Емістим С, Стимпо, Азотофіт, Ризогумін і Регоплант. Окрім того, дані дослідження виявили й інші зміни у формуванні й функціонуванні асиміляційного апарату сільськогосподарських рослин за використання біологічних препаратів, що проявились у зростанні площі листків і загального вмісту хлорофілів порівняно з контролем.

В умовах несприятливих погодніх умов (низька вологозабезпеченість ґрунтів, а звідси й – рослин), що складаються у посівах сільськогосподарських культур, біопрепарати та регулятори росту покращують надходження елементів мінерального живлення в надземні органи, стабілізують транспортування метаболітів, що сприяє більш повному забезпеченню надземних органів елементами мінерального живлення та проходження фотосинтетичних процесів [126–132].

Ґрунт є головним джерелом біологічного різноманіття живих організмів, а мікроорганізми, як його основний генофонд, визначають родючість ґрунту та відіграють важливе функціональне значення в кругообігу речовин і енергії [133, 134]. Сучасні технології вирощування сільськогосподарських культур напряду впливають на життєдіяльність мікроорганізмів, особливо це простежується на прикладі застосування біологічно активних речовин, які можуть мати у відношенні мікробіоти позитивне значення. Тому, при виборі елементів технологій вирощування культур важливо знати їх вплив на життєдіяльність агрономічно цінних мікроорганізмів [135–138].

Аналізуючи літературні джерела, можна відмітити, що сучасні біопрепарати та регулятори росту рослин впливають на проходження основних мікробних процесів у ґрунті та фізіологічних – у рослинах, проявляючи себе як імуностимулятори та антистресори [139, 140].

За даними авторів [141–145], застосування регуляторів росту рослин на посівах гороху, сої, квасолі, ячменю і злакових кормових трав сприяє значному підвищенню активності симбіотичної та асоціативної азотфіксації.

У межах ризосфери коренева система рослин забезпечує мікробіоту ексудатами (карбогідрати, амінокислоти, органічні кислоти, флаваноїди, глюкозинолати, ауксини тощо), а також – змертвілими рештками клітин [146–148]. Мікроорганізми, у свою чергу, продукують низку фітогормонів та інших біологічно-активних речовин, що слугують чинником пригнічення ґрунтових патогенів та підвищують доступність для рослин поживних речовин [149–151].

Мікробіота, що заселяє кореневу систему, є трофічним посередником між ґрунтом і рослиною, відповідальним за перетворення складних хімічних сполук у прості й доступні для живлення рослин, які в оточенні повноцінного комплексу мікроорганізмів одержують необхідне кореневе живлення і, як наслідок, рослини повніше реалізують свій генетичний потенціал щодо врожайності [152, 153].

Менш вивченою на сьогодні є дія на мікроорганізмів регуляторів росту рослин. Проте літературні джерела свідчать [154, 155], що за використання регуляторів росту рослин у посівах сільськогосподарських культур підвищується стійкість мікробних асоціацій до негативного впливу ксенобіотиків, прискорюється їх біологічне розкладання.

Нині, основним значимим для живої природи є явище азотфіксації, здійснюване мікроорганізмами в симбіозі і асоціаціях із бобовими рослинами, яке прийнято порівнювати з іншим глобальним процесом планети – фотосинтезом. При цьому, найважливіша роль ґрунтових мікроорганізмів полягає у формуванні та підтримці протягом тисячоліть

біогеохімічного циклу азоту, в тому числі і за рахунок його біологічної азотфіксації [156–158]. Біологічно активні речовини з рістрегулювальними властивостями здатні змінювати перебіг мікробних процесів у ризосфері рослин і підвищувати нітрогеназну активність не лише тих штамів ризобій, які застосовували для інокуляції, а й аборигенних мікроорганізмів у зоні висіяного насіння. Це важливо для формування бобово-ризобіального симбіозу під час вирощування зернобобових культур [159, 160].

Особливої уваги заслуговують дослідження щодо вивчення інтродукції поліфункціональних мікроорганізмів, умов їх ефективного функціонування у ризосфері рослин, розробки елементів технологій ефективного застосування біопрепаратів [161]. Між тим, дослідження науковців [162–164] свідчать, що утворення родючого шару ґрунту є процесом комплексним – одночасно геологічним і біологічним, де вирішальну роль мають ґрунтові мікроорганізми, що не тільки розкладають органічні рештки, а й постійно синтезують складні органічні сполуки, в тому числі й біологічно активні речовини, які забезпечують активний розвиток рослин.

Відносно маловивченим як у зарубіжній, так і вітчизняній науці залишається питання впливу регуляторів росту рослин і біопрепаратів на мікробіологічний комплекс ризосфери культурних рослин. Окремі вчені [165, 166] стверджують, що застосування таких препаратів у посівах дозволяє знизити рівень опосередкованого впливу ксенобіотиків на мікробіоту ризосфери, оскільки це сприяє формуванню більш сприятливих умов для життєдіяльності корисних мікроорганізмів.

На жаль, на сьогодні дія біопрепаратів та регуляторів росту рослин на фізіолого-біохімічні й ростові процеси різних сільськогосподарських культур та мікробіологічні процеси в ґрунті є вивченою недостатньо. Питання подальшого вивчення впливу роздільного і сумісного застосування біопрепаратів і регуляторів росту рослин на фізіолого-біохімічні, анатомо-морфологічні зміни в культурних рослинах та ґрунті наразі залишається

відкритим, особливо з погляду на таку перспективну бобову культуру як чина посівна.

1.2. Ефективність використання біологічних препаратів у посівах сільськогосподарських культур

Одержання високих показників урожайності та якості вирощеної продукції базується на оптимальному поєднанні сорту, удобрення, захисту рослин від шкідливих організмів, стимуляції росту й розвитку регуляторами росту рослин у конкретних агроекологічних умовах [167–169]. Одним із шляхів оптимізації використання біологічно активних речовин може бути розробка технологій із застосуванням біопрепаратів та регуляторів росту рослин. Як доведено дослідженнями, сучасні біопрепарати є індукторами стійкості рослин з регуляторними і біозахисними властивостями. По відношенню до культурних рослин вони проявляють антистресову, імуностимулювальну та антимутагенну дії [170–172]. Окрім того, препарати такого класу дозволяють істотно підвищити частку товарної продукції, одержаної з одиниці площі, а також можуть слугувати каталізаторами більш ефективного використання інших елементів у технології вирощування, дозволяючи зменшити норми їх використання. Тому, є всі підстави вважати за доцільне поєднання в одному технологічному процесі використання біопрепаратів, добрив, пестицидів [173, 174].

За даними О. М. Григор'євої [175], передпосівна бактеризація насіння сої біологічним препаратом Ризогумін (200 г на гектарну норму насіння) за посихового внесення регулятора росту рослин Біолан (20 мл/га) дозволяє отримати приріст урожайності зерна на рівні 0,29 т/га, або 13,1%.

Дослідженнями В. В. Гангур зі співавторами [176] встановлено, що інокуляція насіння чини посівної мікробіним препаратом Ризогумін сприяло збільшенню урожайності зерна культури на 0,21–0,46 т/га (9,0–19,7%) порівняно із контрольним варіантом.

На думку науковців [177–179], застосування регуляторів росту рослин сприяє підвищенню врожайності сільськогосподарських культур і поліпшенню якості продукції, відіграючи при цьому не менш важливу роль, ніж використання мінеральних добрив або засобів захисту рослин. Рекомендована норма регуляторів росту за ефективністю прирівнюється до дії повних мінеральних добрив із дозою внесення 30–40 кг/га діючої речовини, що сприяє зниженню потреб у добривах до 20% [180, 181].

Головною функцією біопрепаратів є регуляція діяльності ґрунтової мікробіоти у бік збільшення корисних і відселектованих форм мікроорганізмів з метою спрямування їх діяльності на активізацію проходження в рослинах фізіолого-біохімічних процесів, що лежать в основі одержання високих урожаїв [182]. Рядом дослідників встановлено, що інокулювання насіння сої високоактивними штамми бульбочкових бактерій сприяє підвищенню рівня врожайності цієї культури на 10–15% [183, 184], а за відсутності у ґрунті аборигенних популяцій азотфіксуючих бактерій – на 25–30%, за одночасного зростанням вмісту білків у насінні [185]. Регулятори росту рослин впливають на формування та функціонування симбіотичних систем бобових культур і сприяють підвищенню їх продуктивності [186].

В. І. Танасевич та А. В. Шаповал [187] вказують, що обробка травмованого насіння регуляторами росту рослин Емістим С, Пролісок, Віталін підвищувала енергію проростання пшениці озимої на 8,7%, лабораторну схожість – на 5%, польову – 3,8%. За дії регуляторів росту рослин було виявлено поліпшення основних елементів структури урожаю, особливо у рослин, сформованих з травмованого насіння. Так, кількість продуктивних стебел порівняно з контролем збільшилась на 5,7%, маса 1000 зерен – 1,8%, кількість зерен у колосі при застосуванні Емістиму С та Проліску зросла на 2,9–7,0% відповідно.

М. Г. Василенко та ін. [188] у своїх дослідженнях встановили, що низка вітчизняних регуляторів росту рослин природного походження (Емістим,

Ендофіт, Неофіт, Гарт, Ноостим, Вегестим, Агростим та Екостим) за використання їх у посівах пшениці ярої, кукурудзи та сої призводять до істотного збільшення врожайності цих культур, а також до покращення показників якості отриманого врожаю, зокрема, вмісту білка, клейковини та жиру в зерні.

Позитивна дія регуляторів росту рослин має дуже широкий спектр, насамперед, це регуляція ростових і репродуктивних процесів рослин на різних етапах онтогенезу, підвищення рівня урожайності, покращення його якості, підсилення стійкості рослин до несприятливих факторів середовища – високих і низьких температур, нестачі вологи, ураження хворобами і шкідниками, нівелювання пестицидного навантаження [189, 190]. Результати досліджень свідчать про те, що нові регулятори росту здатні підвищувати врожай основних польових культур на 10–30% [191–193]. Схожого результату досягли й S. Sarig et al. [194], досліджуючи вплив інокуляції насіння сорго зернового бактеріями *Azospirillum brasilense*. Впродовж трьох років досліджень урожайність інокульованих рослин була в середньому на 15,4% вищою ніж у контролі. При цьому простежувалось збільшення маси 1000 зерен – у середньому на 0,4 г.

Про позитивний вплив регуляторів росту рослин біологічного походження на якість насіння та урожайність гороху, а також його захист від грибних хвороб повідомляють у своїх роботах науковці [195, 196].

Головною умовою ефективності застосування біопрепаратів є дотримання основних вимог щодо їх застосування і дотримання технології вирощування культури. Відхилення від цих вимог призводить до різкого зниження їх ефективності, що безумовно відображається на рівні врожайності вирощуваних культур [197–199].

В умовах польового досліді в Південному Степу України встановлено, що передпосівна бактеризація насіння комплексом препаратів (Ризобофіт, Фосфоентерин і Біополіцид) підвищила урожайність насіння сортів нуту

Антей, Буджак і Пам'ять на 1,5–6,0 ц/га (38–54%) порівняно до моноінокуляції [200].

Регулятори росту рослин ефективно впливають на підвищення врожайності й інших провідних сільськогосподарських культур. Так, під впливом дозволених та перспективних регуляторів росту врожаї досліджуваних культур зросли: ячменю ярого – на 4,4–6,0 (14,1–19,3%), гороху – на 3,1–3,6 (18,8–21,8%), насіння соняшнику – на 3,2–3,9 (16,8–18,8%), коренеплодів цукрових буряків – на 44,0–75,0 ц/га (11,6–21,2%) [201].

Дослідженнями Г. В. Павленка [202] встановлено, що комплексне оброблення насіння сої біопрепаратом Рексолін та регулятором росту Емістим С, у поєднанні із мінеральними азотними добривами та інокуляцією препаратом на основі активного штаму бульбочкових бактерій, сприяє формуванню максимального рівня врожайності, покращанню якості насіння та дає приріст в середньому на 32,4%, якщо порівнювати з контролем.

М. М. Гаврилюк [203] вважає, що передпосівна обробка насіння сільськогосподарських культур регуляторами росту рослин підвищує їх врожайність, поліпшує якість зернової та насіннєвої продукції. Ці заходи призводять до збільшення виробництва насіння в усіх ланках первинного та елітного насінництва, пришвидшення відтворення еліти та поширення нових сортів у виробництві.

Науковцями встановлено [204, 205], що застосування в симбіозі з сучасними сортами зернобобових культур високоефективних штамів бульбочкових бактерій та регуляторів росту рослин сприяє підвищенню їх продуктивності на 20–30% і збільшенню вмісту білка в зерні на 2–6%.

Вченими Інституту біохімії та фізіології мікроорганізмів Г. Л. Харченком та ін. [206] було доведено ефективність дворазового обприскування посівів конюшини Альбітом у фазі відростання ранньою весною і на початку бутонізації за норм 0,04; 0,07 і 0,1 л/га. У результаті досліджень найбільш ефективною виявилась норма 0,04 л/га. Густота

стеблестою при застосуванні цієї норми підвищилась на 12,5% відносно контролю і на 9,6–11,3% – відносно варіантів із застосуванням вищих норм препарату. За рахунок збільшення висоти стеблестою на 10,7–27,4% і маси пагонів на 40,7–50,3% урожайність зеленої маси збільшилась на 32–41%. Дворазова обробка Альбітом дозволила додатково отримати 144–183 ц/га укосу зеленої маси.

При вирощуванні озимої пшениці сорту Розкішна на фоні без внесення добрив найбільш ефективним препаратом для передпосівної обробки насіння та при подвійному застосуванні, в середньому за три роки досліджень, виявився регулятор росту рослин Стимпо, про що свідчить зростання урожайності на 0,29 т/га або 5% [207].

Дослідженнями встановлено, що передпосівна обробка насіння бобових культур біопрепаратами сприяє поліпшенню якісних параметрів рослинної продукції (вміст білка, крохмалю, клейковини, нітратів, аскорбінової кислоти тощо), запобігає надходженню нітратів у ґрунтові води, забезпечує зниження вмісту нітратів у продукції, зростання вмісту органічної речовини в ґрунті завдяки збільшеній кореневій системі інокульованих рослин, позитивно позначається на ступені засвоєння інокульованими рослинами поживних речовин і, зокрема, мінеральних добрив. Інокуляція насіння зернобобових культур зменшує потреби у внесенні азотних добрив. За рахунок цього поліпшується азотне живлення і підвищується імунітет рослин до низки грибкових захворювань [208, 209].

Дослідженнями науковців встановлено, що за дії в посівах сільськогосподарських культур біопрепаратів підвищується енергія проростання і польова схожість насіння, прискорюється наростання зеленої маси та кореневої системи, а тому більш інтенсивно використовуються поживні речовини ґрунту, мінеральні добрива, зростає стійкість рослин до екстремальних температур, посухи, хвороб. Застосування регуляторів росту стимулюючої дії дозволяє повніше реалізувати потенційні можливості

рослин, регулювати строки дозрівання, поліпшувати якість продукції та підвищувати врожай сільськогосподарських культур [210–212].

Біопрепарати – Азотобактерин, Флавобактерин, Агрофіл при взаємодії з насінням та кореневою системою зернових і бобових культур викликають стимуляцію росту та антагоністичну дію проти фітопатогенів, що підвищує зернову продуктивність рослин на 8–20% [213].

В роботах А. О. Шевченка [214], показано, що при допосівному застосуванні регуляторів росту рослин польова схожість ячменю озимого в середньому зростала на 5%, а насіння ячменю вирощене на дослідних ділянках мало більшу абсолютну вагу та вищі показники схожості й енергії проростання.

Біологічні препарати вибірково впливають на чисельність популяції та активність патогенів, шкідників та паразитів, мають високу селективну дію, спричиняють мінімальні порушення структури біоценозів, зручні для виробництва і мають невичерпні ресурси для постійного нарощування обсягів, забезпечують якість сировини, що відповідає стандартам, їх використання дає можливість на 15–20% підвищити урожайність за одночасного зниження загальних витрат до 50% [215–217].

За даними В. І. Лохової і В. В. Волкогона [218], бактеризовані біопрепаратом Діазобактерин (*Azospirillum brasilense*) рослини гречки розпочинають квітування на 3–5 днів раніше, завдяки чому збільшується період формування зерна, зростає його виповненість та загальна продуктивність культури за прибавки врожаю 2–5 ц/га. При цьому в зерні збільшується вміст незамінних амінокислот, що досить важливо для використання продукції в дитячому та дієтичному харчуванні.

Першочерговим питанням у нинішніх складних фінансово-економічних умовах стає розробка ресурсощадних технологій вирощування сільськогосподарських культур. Використання біопрепаратів та регуляторів росту рослин є ефективним шляхом зниження як матеріальних, так і фінансових витрат при вирощуванні культур. Проте, потребує вивчення

питання їх ефективності при комплексній взаємодії, яка може носити характер адитивності, синергізму або антагонізму [219].

Як зазначають дослідники [220, 221], найбільш ефективним і екологічно безпечним методом підвищення продуктивності бобових культур і зниження собівартості врожаю є інокуляція насіння азотфіксуючими бактеріями-мікросимбіонтами. Використання біологічної азотфіксації дозволяє забезпечувати рослини дешевим і екологічно безпечним азотом за рахунок його фіксації бактеріями з атмосфери, а інтенсивне впровадження бобових культур на нових територіях сприяє збільшенню біологічної різноманітності їхніх мікросимбіонтів – бульбочкових бактерій (ризобій).

Згідно з розрахунками, витрати на застосування сучасних регуляторів росту рослин у посівах зернових і зернобобових культур окуповуються вартістю приростів урожаю в 30–50 разів, а на посівах кукурудзи, соняшнику, цукрового буряку, багаторічних трав – у 50–100 разів і більше. Ці дані свідчать, що застосування біопрепаратів є одним із найбільш високорентабельних засобів підвищення врожайності [38, 222].

Виробництво та впровадження біопрепаратів, регуляторів росту рослин, як для обробки вегетуючих рослин, так і для інокуляції насіння є менш витратним, ніж мінеральних добрив. Водночас слід урахувати, що завдяки біологічній азотфіксації бульбочковими бактеріями у ґрунті під наступну культуру залишається 35–55 кг азоту. Соя у середньому залишає близько 60–150 кг/га біологічного азоту (використовується наступними культурами на 90–100%, тоді як мінеральний – на 50–60%), 20–25 кг/га фосфору та 30–40 кг/га калію [156, 223].

Отримані результати досліджень науковців, науково-дослідних установ і виробничих випробувань свідчать, що впровадження РРР у критичних умовах матеріального забезпечення рослинницької галузі на 20–30% розв'язує проблему живлення рослин і збільшення урожайності зернового клину країни на 15–25%, що забезпечить додатковий валовий збір зерна в 3,0–5,0 млн. тон щорічно [224, 225].

Серед біологічних препаратів широкого застосування у аграрному виробництві набувають й мікробні препарати, які забезпечують підвищення урожайності і поліпшення якості сільськогосподарської продукції. Така увага до мікробних препаратів обумовлена й тим, що їх застосування є економічно доцільним та екологічно безпечним [226, 227].

На думку багатьох авторів, застосування біопрепаратів та регуляторів росту рослин, особливо за різних їх норм та способів застосування, повинно стати основним агротехнічним заходом ресурсо- та енергозберігаючої технології вирощування сільськогосподарських культур [228–230].

Останніми роками в Україні серед зернобобових культур зростають площі під посіви чини посівної, проте в науковій літературі недостатньо розкрито вивчення комплексної та роздільної дії біопрепаратів і регуляторів росту рослин на фізіолого-біохімічних і продукційні зміни у рослинах чини посівної, функціонування різних фізіологічних груп ризосферної мікробіоти, перебіг основних біологічних процесів у ґрунті, чим обумовлюється її продуктивність і якість урожаю. Зважаючи на це, вищезазначені питання склали основні завдання наших досліджень та обумовили актуальність тематики за даним науковим напрямом.

Висновки до розділу 1:

1. Аналіз сучасної наукової літератури засвідчує, що нині практично не вивчено низку питань щодо спрямованості роздільної та комплексної дії біопрепаратів і регуляторів росту рослин у посівах чини посівної на фізіологічні, біохімічні, ростові та продукційні процеси в рослинах, мікробіологічні – у ґрунті.

2. Зважаючи на вищенаведений літературний матеріал, можна констатувати, що вирішення завдання біологічного обґрунтування комплексної дії біопрепаратів і регуляторів росту рослин у посівах чини посівної дозволить розробити науково обґрунтовані, екологічні та

економічно вигідні рекомендації із застосування даних препаратів у виробництві, результатом яких стане забезпечення населення високоякісною білковою продукцією. Вивчення всіх цих питань і обумовило основні напрями і завдання даної дисертаційної роботи.

РОЗДІЛ 2

УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Характеристика місця, погодних та ґрунтових умов проведення досліджень

Дослідження з вивчення впливу БП Біонеостим за різних способів використання РРР Вермистим Д на проходження фізіологічних процесів у рослинах чини посівної та мікробіологічних – у ґрунті, проводили в умовах навчально-виробничого відділу Уманського національного університету садівництва упродовж 2022–2024 років, яке розташоване в Маньківському природно-сільськогосподарському районі Середньо-Дніпровсько-Бузькому окрузі Лісостепової Правобережної провінції України з географічними координатами за Гринвічем 48°46' північної широти, 30°14' східної довготи. Висота над рівнем моря – 245 м. Підземні води розміщені на значній глибині, тому польові культури, в тому числі й чина посівна, використовують переважно вологу у вигляді опадів.

Ґрунтовий покрив дослідного поля – чорнозем опідзолений важкосуглинковий на лесі. Ґрунти такої різновидності займають близько 16 % загальної площі Лісостепу України і поширені в Правобережній його частині. Вони характеризуються відносно однорідним гранулометричним і хімічним складом за профілем, вилугованістю його від легкорозчинних солей, ілювіальним характером розподілу карбонатів, значним нагромадженням елементів живлення в гумусовому горизонті. За даними кафедри агрохімії та ґрунтознавства Уманського НУС [231, 232], вміст гумусу в орному шарі складає 3,2–3,3%, ступінь насиченості профілю ґрунту основами – 89,8–92,5%, реакція ґрунтового розчину середньокисла (рН сольової суспензії – 5,5), гідролітична кислотність – 28–32 мг екв. на 1 кг ґрунту, вміст рухомих форм фосфору та калію (за методом Чирикова) – 80–120 мг/кг ґрунту, азоту лужногідролізованих сполук (за методом Корнфілда)

– 100 мг/кг ґрунту. За основними характеристиками ґрунтовий покрив дослідного поля належить до типових ґрунтів східноєвропейської частини.

Проте чина посівна, має низку переваг над іншими бобовими культурами (зокрема, висока холодостійкість), що сприяє формуванню стабільної продуктивності посівів за досить високого рівня жорстких ґрунтово-кліматичних умов, тому дану культуру можна позиціонувати як перспективну, яка зможе забезпечити виробництво крупи для харчування населення у відносно несприятливих кліматичних умовах.

Дослідне поле Уманського НУС розміщене в зоні нестійкого зволоження (ГТК – 1,2) та має теплий помірно-вологий клімат, проте в поодинокі роки бувають виключення у вигляді посухи, зима м'яка з поодинокими сильними морозними температурами.

Річна сума опадів в середньому складає 586 мм, проте іноді коливається за роками від 300 до 750 мм. За теплий період (квітень-жовтень) опадів випадає 66 % від річної норми. Найбільші місячні суми опадів припадають на літні місяці – червень-липень.

Середня температура самого теплого місяця (липня) складає $+19,0^{\circ}\text{C}$, а самого холодного (січня) – $-5,7^{\circ}\text{C}$. Абсолютний мінімум досягає -39°C , максимум $+39^{\circ}\text{C}$. Період з середньодобовою температурою більше $+10^{\circ}\text{C}$ триває 160–165 діб. Середня річна температура становить $+7,4^{\circ}\text{C}$. Сума активних температур коливається в межах $2600\text{--}2660^{\circ}\text{C}$.

Сумарна сонячна радіація складає $90\text{--}94\text{ кКал/см}^2$ ($3838,5\text{--}4051,8\text{ МДж/м}^2$) за рік, а на частину сумарної фотосинтетично активної радіації приходить 39 ккал/см^2 ($1663,4\text{ МДж/м}^2$) за період вегетації з температурою повітря вище $+5^{\circ}\text{C}$.

Тривалість теплого періоду року з позитивною добовою температурою повітря ($t > 0^{\circ}\text{C}$) складає 245 діб, у тому числі тривалість вегетаційного періоду більшості сільськогосподарських культур ($t > 5^{\circ}\text{C}$) – 201 добу, періоду активної вегетації сільськогосподарських культур ($t > 10^{\circ}\text{C}$) – 159 діб і найбільш забезпеченого теплом періоду ($t > 15^{\circ}\text{C}$) – 109 діб.

Погодні умови змінюються зі зміною пори року. Так, зимовий режим погоди встановлюється при переході середньодобової температури повітря через 0°C . Початок зими характеризується нестійкою погодою з частою зміною морозів на відлиги. Зима в більшості років не сувора. Хоча бувають роки, коли в середньому морози досягають -25°C . Характерною особливістю зимового сезону є наявність частих відлиг, коли температура повітря підвищується до $+8-10^{\circ}\text{C}$ тепла. Тому в окремі зими стійкого снігового покриву не спостерігається. В зимовий період переважає хмарна погода з незначними опадами, на долю яких приходить 20–25% річної суми.

Початком весни вважають дату стійкого середньодобового переходу температури повітря через 0°C . Цей період приходить на 15–20 березня. В першій декаді квітня спостерігається середньодобовий перехід температури через $+5^{\circ}\text{C}$, а в кінці квітня – через $+10^{\circ}\text{C}$, що свідчить про початок активної вегетації сільськогосподарських культур. Весною часто бувають похолодання і заморозки.

Літо починається із середини травня і триває до середини вересня. Початком літа є фаза переходу середньодобової температури через $+15^{\circ}\text{C}$. На початку літа спостерігається тепла погода, яка в окремі роки змінюється на жарку (липень-серпень). Середня температура повітря в травні-червні досягає $18-22^{\circ}\text{C}$, липні-серпні – $23-25^{\circ}\text{C}$ тепла. Максимальна температура в окремі роки в липні може підвищуватись до $+38^{\circ}\text{C}$. Звичайною температурою для літа є $+19^{\circ}\text{C}$. Однак бувають відхилення від $+17,3-17,5^{\circ}\text{C}$ до $+22^{\circ}\text{C}$.

Вологі західні вітри, що переважають літом, приносять значну кількість опадів. Днів з опадами більше 0,1 мм в травні-червні буває 10–12, серпні-вересні по 8–10. Характерна особливість літнього сезону – наявність грозових дощів. Проте, в окремі роки спостерігається літня засуха, обумовлена тривалим і значним дефіцитом опадів і підвищеною температурою повітря, внаслідок якої значно витрачаються запаси доступної вологи з ґрунту.

Осінній режим погоди настає після переходу середньодобової температури повітря через $+10^{\circ}\text{C}$ у бік більш низьких температур. Зазвичай цей період приходить на 5–10 жовтня. Між кожним літом і початком осіннього сезону спостерігається передосінній період, який триває до 5–10 жовтня. Передосінній період і перша половина осені сухі, теплі. Хмарна і дощова погода настає в кінці жовтня. Впродовж передосіннього та осіннього періодів спостерігається загальне зниження температури повітря, і в кінці жовтня середньодобова температура повітря не перевищує $+5^{\circ}\text{C}$, що є ознакою завершення вегетаційного періоду сільськогосподарських культур.

У роки досліджень погодні умови мали певні особливості, зокрема 2022 видався відносно посушливим, але в цілому, були сприятливими для вирощування та формування урожаю чини посівної.

За даними метеостанції Умань (табл. 2.1), 2022 сільськогосподарський рік у період вегетації чини посівної характеризувався чергуванням посух і злив. Так, з квітня по липень кількість опадів склала 144,5 мм. У період активної вегетації культури (квітень-червень) їх кількість склала 116,4 мм. Середня температура повітря за 2022 рік становила $9,6^{\circ}\text{C}$, що переважало середньобаторічний показник на $0,8^{\circ}\text{C}$.

Упродовж 2023 року в період активної вегетації культури опади склали 187,8 мм. Середня температура повітря у 2023 році становила $10,8^{\circ}\text{C}$, що на $2,5^{\circ}\text{C}$ переважало середній багаторічний показник. Середньомісячна відносна вологість повітря складала 73,2%.

Погодні умови 2024 року за вологістю повітря і кількістю опадів були найкращими для вегетації чини посівної. Так, кількість опадів у період активної вегетації культури склала 154,5 мм з оптимальним їх розподілом у квітні, травні та червні (56,2, 41,8 і 56,5 мм), що в травні й червні переважало за опадами в дані місяці інші дослідні роки.

Таблиця 2.1

Метеорологічні умови в роки проведення досліджень (за даними метеостанції Умань)

Рік	За рік	Місяць											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Сума опадів, мм													
Середньобагаторічна	586,0	38,0	34,0	36,0	41,0	52,0	81,0	68,0	49,0	61,0	43,0	43,0	40,0
2022	467,5	23,9	7,2	13,4	57,7	22,4	36,3	28,1	44,4	99,2	10,0	71,8	53,1
2023	505,0	6,0	20,5	27,2	129,6	42,4	15,8	92,5	12,4	4,2	33,5	62,3	55,0
2024		29,8	14,9	89,5	56,2	41,8	56,5	17,9	—	—	—	—	-
Середня температура повітря, °С													
Середньобагаторічна	8,8	-3,4	-2,3	2,5	9,7	15,4	19,0	20,9	20,1	14,5	8,3	2,8	-1,8
2022	9,6	-1,3	1,8	2,0	8,6	14,5	20,5	21,0	21,8	13,1	10,0	3,7	-0,4
2023	10,8	0,2	-0,2	5,1	8,8	15,4	19,6	21,3	22,9	18,4	11,7	4,6	1,2
2024		-1,6	4,2	4,5	13,0	15,3	21,2	24,3	—	—	—	—	—
Відносна вологість повітря, %													
Середньобагаторічна	76	86	85	82	68	64	66	67	68	73	80	87	88
2022	73,6	76	67	68	59	64	63	71	79	78	80	89	89
2023	73,2	89	81	72	80	56	64	68	65	62	73	82	86
2024		84	80	76	67	57	69	60	—	—	—	—	—

Таким чином, з вищенаведеного аналізу кліматичних і погодних умов регіону, в якому розташоване дослідне поле Уманського НУС впливає, що для вирощування чини посівної в роки проведення досліджень складались добрі умови. Виключення становив лише 2022 рік, де лімітуючим чинником формування високої продуктивності посівів були опади. Це відповідним чином знайшло своє відображення в одержаних експериментальних даних. Загалом, кліматичні та погодні умови проведення досліджень відповідають помірно-континентальній східноєвропейській ґрунтово-кліматичній фації, у межах якої можуть бути розповсюджені одержані результати.

2.2. Схема досліду та методика проведення досліджень

Експериментальну частину роботи виконано упродовж 2022–2024 рр. у польових умовах навчально-виробничого відділу та лабораторних – кафедри біології Уманського національного університету садівництва.

У дослідях вивчали БП Біонеостим (N, P₂O₅, K₂O, Mg, Mn, CaO, S, B, Mo, Fe, Cu, Zn, водорозчинні гумінові речовини – 0,25–20 г/л, *Pseudomonas* sp. D-1, *Paenibacillus polymyxa* 5, *Trichoderma* sp. D-1 – $1,0 \times 10^5$ – $1,0 \times 10^6$ КУО/см³, виробник – Перфект Агро, ТОВ, Україна). Біонеостим, як біопрепарат, рекомендується у нормі 1,0 л/т для передпосівної обробки насіння зернових, бобових, технічних, овочевих культур з метою покращення живлення, підвищення урожайності й поліпшення якості зерна та зеленої маси сільськогосподарських рослин. Комплексний біопрепарат, який активізує заселення кореневої та прикореневої зони мікробіотою; збільшує площу поглинання кореневою системою рослин за рахунок утворення та розвитку мікоризи; нейтралізує в ґрунті токсичну дію пестицидів, техногенних факторів; пригнічує розвиток збудників хвороб і шкідників; покращує схожість насіння; підвищує імунітет рослин; забезпечує рослини елементами живлення в легкодоступній формі, необхідними для росту й розвитку [233, 234].

Регулятор росту рослин Вермистим Д (амінові, гумінові, специфічні білкові і фульвокислоти, вітаміни, фітогормони, бактерії: *Lactobacillus plantarum* (>100 тис), *Lactobacillus casei* (>10 тис), *Rhodopseudomonas palustris* (>10 тис), *Saccharomyces cerevisiae* (>10 тис) виробник – Біоконверсія, ПП, Україна) рекомендується у нормах 6,0–8,0 л/т для передпосівної обробки насіння та посходового внесення (6,0–10,0 л/га) в посівах зернових, зернобобових, олійних і овочевих культур.

Вермистим Д – препарат, що містить комплекс біологічно активних речовин, сприяє більш кращому поглинанні поживних елементів рослинами, сприяє підвищенню схожості насіння, стимулює ріст і розвиток, підвищує імунітет рослин до різних захворювань, низьких температур і посухи, зменшує кількість нітратів і нітритів в рослинах, важких металів і радіонуклідів, покращує якість продукції, підвищує врожайність та якість вирощеної продукції [234, 235].

Дію біопрепарату Біонеостим, внесеного окремо та у суміші із регулятором росту рослин Вермистим Д, досліджували на рослинах чини посівної (*Lathyrus sativus* L.), сорт Іволга (Ivolha). Заявник – Державна установа Інститут сільського господарства степової зони Національної академії аграрних наук України. Сорт занесений до Державного реєстру сортів рослин на 2017 р. і зареєстрований для вирощування в Степу та Лісостепу України. Сорт належить до холодостійких, його насіння проростає при температурі +2–4⁰С. Дружні сходи з’являються при температурі +5–8⁰С і здатні переносити приморозки до -5–7⁰С. Сорт стійкий до комплексу хвороб, основні з яких – іржа, аскохітоз, бактеріоз (аскохітоз – 9 балів, кореневі гнилі – 7 балів). Сорт середньостиглий, вегетаційний період – 82–86 діб. Висота прикріплення нижнього бобу – 18 см, висота рослин – 88–94 см. Вміст білка в зерні даного сорту становить 28–29%, вуглеводів 0,5–0,7%, жиру 2,5–3,0% смакові якості добрі, розварюваність середня. Маса 1000 зерен – 210–225 г. Урожайність зерна (за стандартної вологості 14%) – 3,23–3,69 т/га.

Посухостійкість – 9 балів, стійкість до вилягання – 7 балів, до обсіпання – 9 балів [236, 237].

Польові досліді закладали відповідно до нижченаведеної схеми:

1. Без застосування препаратів (контроль);
2. Біонеостим (1,0 л/т – обробка насіння) Фон I;
3. РРР Вермистим Д (7,0 л/т – обробка насіння) Фон II;
4. БП Біонеостим Фон I + РРР Вермистим Д Фон II (Фон III);
5. РРР Вермистим Д (8,0 л/га – обробка вегетуючих рослин);
6. Фон I + РРР Вермистим Д (8,0 л/га);
7. Фон II + РРР Вермистим Д (8,0 л/га);
8. Фон III + РРР Вермистим Д (8,0 л/га).

У варіанті 1 не використовували препаратів, лише обробка водою; у варіанті 2 – проводили обробку насіння БП Біонеостимом у нормі 1,0 л/т – фон I; у 3 варіанті для передпосівної обробки застосовували РРР Вермистим Д (7,0 л/т) – фон II; у 4 варіанті біопрепарат у вищезазначеній нормі використовували для передпосівної обробки насіння чини посівної в суміші з регулятором росту рослин Вермистим Д (7,0 л/т) – фон III; у варіанті 5 проводили обробку вегетуючих рослин Вермистимом Д у нормі 8,0 л/га; у 6 варіанті – із передпосівною обробкою насіння БП Біонеостим (1,0 л/т) по сходах вносили Вермистим Д (7,0 л/га); у 7 варіанті проводили обприскування вегетуючих рослин Вермистимом Д (8,0 л/га) по фону передпосівної обробки насіння ним же в нормі 7,0 л/т; у 8 варіанті – проводили обприскування вегетуючих рослин Вермистимом Д (8,0 л/га) по фону передпосівної обробки насіння БП (1,0 л/т) у суміші з Вермистимом Д (8,0 л/т).

Польовий дослід закладали у триразовому повторенні з послідовним розміщенням варіантів з площею ділянок 80 м², обліковою – 50 м². Сівбу здійснювали з нормою висіву насіння 1,1 млн. насінин на гектар. Насіння

чини посівної за добу до сівби обробляли біопрепаратом, регулятором росту рослин та їх сумішами (ВВСН 00). На фоні обробки перед сівбою насіння чини посівної Біонеостимом і Вермистимом Д, посіви чини у фазі стеблуння обприскували регулятором росту рослин Вермистим Д у нормі 8,0 л/га (ВВСН 29) акумуляторним ранцевим обприскувачем DS-3WF-3 із розрахунку витрати робочої суміші 200 л/га. Основі обліки та спостереження виконували у фазі розвитку культури – бутонізація (ВВСН 55) та масове цвітіння – початок утворення бобів (ВВСН 66–69 – ВВСН 70–72). Застосовували загальноприйнятую технологію вирощування чини посівної для даної зони, яка передбачала виконання необхідних операцій відповідно до програми досліджень [238, 239]. Попередником слугувала кукурудза на зерно.

Основні дослідження та спостереження в дослідах проводили згідно наведених нижче методик:

- фенологічні фази розвитку рослин вівса голозерного визначали за шкалою ВВСН [240];
- висоту, надземну масу рослин визначали за методиками З. М. Грицаєнко та ін. [241];
- площу листового апарату визначали гравіметричним методом [241];
- активність ферментів класу оксидоредуктаз: каталази (КФ. 1.11.1.6), пероксидази (КФ. 1.11.1.7) і поліфенолоксидази (КФ. 1.14.18.1) – згідно методики Х. М. Починка [241] у відповідні фази розвитку рослин;
- вміст у листках чини посівної хлорофілів *a*, *b*, їх суми (*a+b*) та каротиноїдів – за методикою описаною З. М. Грицаєнко [241]. Витяжку пігментів готували шляхом екстракції 100 мг подрібнених листків у 10 мл 100% ацетону. Визначення оптичної густини екстрактів проводили в кюветах з товщиною шару 10 мм на спектрофотометрі Visible Spectrophotometer 721G. Обрахунки проводили відповідно до загальноприйнятої методики для 100% ацетону [242]:

$$C_{\text{хл.а}} = 9,784D_{662} - 0,990D_{644}$$

$$C_{\text{хл.}b} = 21,426D_{644} - 4,650D_{622}$$

$$C_{\text{хл.}a + \text{хл.}b} = 5,134D_{662} + 20,436D_{644}$$

$$C_{\text{кар.}} = 4,695D_{440,5} - 0,268C_{\text{хл.}a + \text{хл.}b}$$

де: $C_{\text{хл.}a}$; $C_{\text{хл.}b}$; $C_{\text{хл.}a + \text{хл.}b}$ і $C_{\text{кар.}}$ – відповідно концентрації хлорофілів *a*, *b*, їх суми та каротиноїдів, мг/л;

D – експериментально одержані величини оптичної щільності за відповідних довжин хвиль.

Розрахувавши концентрацію пігментів за рівняннями, визначили їх масову частку в досліджуваному матеріалі за формулою (мг/г маси сирової речовини):

$$A = \frac{C \cdot V}{H \cdot 1000},$$

де: C – концентрація пігментів, мг/л; V – об'єм екстракту, мл; H – наважка рослинного матеріалу, г;

– чисту продуктивність фотосинтезу посівів розраховували за методикою О. О. Ничипоровича [241]:

$$\text{ЧПФ} = \frac{B_2 - B_1}{0,5 \times (L_1 + L_2) \times t},$$

де:

B_1, B_2 – суха маса рослин на початку і в кінці облікового періоду, г;

$(B_2 - B_1)$ – приріст сухої маси за обліковий період, г;

L_1 і L_2 – площа листків на початку і в кінці облікового періоду, м²;

t – період між двома обліками, діб;

– чисельність окремих груп мікробіоти у ризосфері чини посівної обліковували у фази бутонізації та цвітіння–утворення бобів. Проби ґрунту відбирали у відповідності до загальноприйнятих методик [243]. Загальну чисельність мікроорганізмів досліджували шляхом глибинного посіву ґрунтової суспензії відповідного розведення на агаризоване середовище м'ясо-пептонний агар (МПА), мікроміцетів – на Чапека, з подальшим обліком чисельності утворених колоній, число яких виражали в колоніє

утворюючих одиницях (КУО) в 1 г абсолютно сухого ґрунту. Формування симбіотичного апарату чини посівної оцінювали у фазі бутонізації та цвітіння–утворення бобів за кількістю і масою бульбочок на кореневій системі культури згідно методики, описаної В. В. Волкогоном і ін. [243], *Azotobacter* – безазотистому живильному середовищі Ешбі, підраховуючи оброслі колоніями грудочки ґрунту [241]. Кількісний облік амоніфікувальних, нітрифікувальних – на елективних середовищах С. М. Виноградського, целюлозолітичних – на середовищі на О. О. Імшенецького та Л. І. Солнцевої [241, 243]. Чисельність мікроорганізмів виражали в колонієутворюючих одиницях (КУО) в 1 г абсолютно сухого ґрунту.

- облік врожаю чини посівної виконували поділянково, прямим комбайнуванням з наступним зважуванням та перерахунком на стандартну вологість зерна [244];

- оцінку якості зерна чини посівної, зокрема маси тисячі зерен проводили згідно ДСТУ ISO 520:2015 [245], вміст у зерні білку визначали спектрофотометричним методом [246–248];

- економічну ефективність використання біопрепаратів розраховували за загальноприйнятими методиками розрахунковим методом з використанням технологічних карт, енергетичний аналіз – за рекомендаціями, викладеними О. К. Медведовським [249];

- статистичний аналіз одержаних результатів виконували згідно загальноприйнятих методик [244] з використанням дисперсійного та кореляційного аналізів.

Висновки до розділу 2:

1. Ґрунтово-кліматичні умови місця проведення досліджень є типовими для Лісостепу України та сприятливими для вирощування чини посівної. Погодні умови, які склалися у період проведення досліджень, дозволили всебічно та об'єктивно вивчити і дати оцінку впливу БП Біонеостим за різних способів використання РРР Вермистим Д на проходження фізіологічних

процесів у рослинах чини посівної, мікробіологічних – у ґрунті та формуванню продуктивності посівів.

2. Схема досліду і методика проведення досліджень відповідали робочій гіпотезі та програмі досліджень, якими передбачалося значна кількість обліків, спостережень та аналізів, завдяки яким встановлювалась можливість глибокого і всебічного розкриття суті тематики наукової роботи.

РОЗДІЛ 3

ФІЗІОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ В РОСЛИНАХ ЧИНИ ПОСІВНОЇ ЗА ВИКОРИСТАННЯ БІОПРЕПАРАТУ БІОНЕОСТИМ І РЕГУЛЯТОРА РОСТУ РОСЛИН ВЕРМИСТИМ Д

3.1. Динаміка ростових процесів

Висота бобових рослин є однією із складових, що обумовлює їх продуктивність. Це пояснюється тим, що чим вище рослина, тим більше закладається плідних вузлів, бобів та зерен [250].

Зважаючи на важливість питання комплексного використання біологічних препаратів у посівах сільськогосподарських культур, доцільним було встановити як різні норми біопрепарату за різних способів внесення регулятора росту рослин впливають на формування ростових процесів у рослинах чини посівної.

У результаті проведених досліджень встановлено, що використання для передпосівної обробки насіння чини посівної біопрепарату Біонеостим як окремо, так і сумісно з регулятором росту рослин Вермистим Д, позитивно впливало на ростові процеси рослин чини (табл. 3.1). Так, у 2022 р. у фазу бутонізації за обробки насіння чини посівної БП Біонеостим у нормі 1,0 л/т висота рослин у варіантах дослідів перевищувала контроль на 3,7 см, за обробки цією ж нормою препарату насіння перед сівбою в суміші з регулятором росту рослин Вермистим Д 7,0 л/т – на 4,1 см, а за комплексного використання препаратів Біонеостим (обробка насіння в нормі 1,0 л/т) + Вермистим Д (обробка насіння нормою 7,0 л/т) + Вермистим Д (обробка рослин нормою 8,0 л/га) – на 7,7 см за НІР₀₅ 0,8 см.

Подібні експериментальні дані простежувались і в 2023 та 2024 рр. досліджень, проте, необхідно зауважити, що найвищими рослини були в 2024 р., а меншу висоту порівняно з 2023 і 2024 рр. вони мали в 2022 р., який за вологозабезпеченістю був менш сприятливим для росту і розвитку рослин.

Таблиця 3.1

Висота рослин (см) чини посівної за використання БП Біонеостим та РРР Вермистим Д (фаза бутонізації)

Варіант досліджу	2022 р.	2023 р.	2024 р.	Середнє за три роки
Без застосування препаратів (контроль)	68,4	69,8	73,2	70,5
БП Біонеостим (1,0 л/т – обробка насіння) Фон І	72,1	74,1	77,4	74,5
РРР Вермистим Д (7,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	70,5	72,5	75,7	72,9
БП Біонеостим Фон І + РРР Вермистим Д Фон ІІ (Фон ІІІ)	72,5	74,8	78,0	75,1
РРР Вермистим Д (8,0 л/га – обробка вегетуючих рослин)	69,3	71,5	74,7	71,8
Фон І + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	74,7	78,9	80,8	78,1
Фон ІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	73,5	76,8	79,6	76,6
Фон ІІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	76,1	80,9	83,4	80,1
<i>НІР₀₅</i>	0,8	1,1	1,3	

У середньому за три роки досліджень у варіанті БП Біонеостим 1,0 л/т перевищення висоти рослин відносно контролю складало 4,0 см; РРР Вермистим Д 7,0 л/т – 2,4 см; Біонеостим 1,0 л/т + Вермистим Д 7,0 л/т – 4,6 см; РРР Вермистим Д 8,0 л/га – 1,3 см; Біонеостим 1,0 л/т + Вермистим Д 7,0 л/т + Вермистим Д 8,0 л/га – 9,6 см.

Дослідження висоти рослин чини посівної у фазу цвітіння–утворення бобів показали, що використання для передпосівної обробки насіння БП Біонеостим як окремо, так і сумісно з РРР Вермистим Д, позитивно вплинуло на формування висоти рослин і в дану фазу досліджень. Так, у 2022 р. передпосівна обробка насіння чини Біонеостимом у нормі 1,0 л/т сприяла у відношенні зростанню висоти рослин на 3,7 см порівняно до контролю (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Висота рослин (см) чини посівної за використання БП Біонеостим та РРР Вермистим Д (фаза цвітіння–утворення бобів)

Варіант досліджу	2022 р.	2023 р.	2024 р.	Середнє за три роки
Без застосування препаратів (контроль)	76,5	81,2	84,9	80,9
БП Біонеостим (1,0 л/т – обробка насіння) Фон І	80,2	85,3	89,4	85,0
РРР Вермистим Д (7,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	78,8	83,4	87,6	83,3
БП Біонеостим Фон І + РРР Вермистим Д Фон ІІ (Фон ІІІ)	81,2	86,9	90,7	86,3
РРР Вермистим Д (8 л/га – обробка вегетуючих рослин)	78,1	82,7	86,6	82,5
Фон І + РРР Вермистим Д (8 л/га)	84,9	87,9	92,9	88,6
Фон ІІ + РРР Вермистим Д (8 л/га)	83,0	87,5	91,8	87,4
Фон ІІІ + РРР Вермистим Д (8 л/га)	85,9	88,9	93,5	89,4
<i>НІР₀₅</i>	1,2	0,8	1,1	

Вищі показники висоти рослин формувалися у варіантах, де БП Біонеостим вносили сумісно з РРР Вермистим Д. Так, якщо за використання лише Вермистиму Д в нормі 7,0 л/т висота рослин складала 78,8 см, що на 2,3 см перевищувало контроль, то за внесення цієї ж норми препарату в суміші з Біонеостимом у нормі 1,0 л/т відмічено зростання досліджуваного показника до 81,2 см відповідно, що на 4,7 см перевищувало контроль та на 1,0 см відповідний показник у варіанті окремої дії Біонеостиму.

Одержані дані свідчать про позитивний вплив композиції даних препаратів на проходження в рослинах чини посівної основних фізіолого-біохімічних процесів, які покращують ріст рослин та розвиток надземної біомаси за рахунок стимулювальної дії екзогенних фітогормонів та активізації мінерального живлення рослин.

За використання РРР Вермистим Д у нормі 8,0 л/га по сходах культури на фоні обробки насіння чини посівної біопрепаратом Біонеостим (1,0 л/т) висота рослин становила 84,9 см при 76,5 см в контролі та 78,1 см – у варіанті окремої дії на посіви Вермистиму Д.

Аналізуючи результати дослідження з використанням Біонеостиму 1,0 л/т та Вермистим Д 7,0 л/т для обробки насіння перед сівбою з наступною обробкою посівів Вермистимом Д у нормі 8,0 л/га, необхідно відмітити найбільше зростання висоти рослин, що на 9,4 см перевищувало показник контролю, та – 4,7 см при $НІР_{05}$ 1,2 було більшим за показник варіанту, але без обробки вегетуючих рослин Вермистимом Д.

Подібна залежність була відмічена і в 2023 та 2024 роках досліджень, однак аналіз експериментальних даних засвідчує чітку залежність формування висоти рослин (як і в попередню фазу розвитку) від агрокліматичних умов, які у 2022 р. для рослин чини посівної були менш сприятливими за показниками вологи. Зокрема, найнижчу висоту рослин – 76,5 см було відмічено в контролі у 2022 р. при 81,2 см та 84,9 см у 2023 і 2024 рр. відповідно.

У середньому за роки досліджень за обробки насіння сумішшю препаратів Біонеостим (1,0 л/т) з Вермистимом Д (7,0 л/т) висота рослин перевищувала контроль на 5,4 см, що на 1,7 см більше проти варіанту окремої дії Вермистиму Д (7,0 л/т) та на 3,8 см – за дію Вермистиму Д (8,0 л/га). Проте найвища висота рослин формувалася у варіанті Біонеостим 1,0 л/т + Вермистим Д 7,0 л/т + Вермистим Д 8,0 л/га і складав 89,4 см при 80,9 см в контролі та перевищувала його на 8,5 см.

У процесі свого розвитку кожна рослина, в тому числі й чина посівна, формує надземні вегетативні та генеративні органи, які, залежно від умов росту, характеризуються певними розмірами, щільністю клітинної структури, вмістом мінеральних речовин тощо [171, 230]. Всі ці ознаки сукупно відображаються на вегетативній масі рослин, величина якої може

використовуватись для оцінки ефективності тих чи інших агрономічних заходів у сільському господарстві.

Виконані дослідження показали, що надземна біомаса чини посівної у роки проведення досліджень змінювалась залежно від використання досліджуваних препаратів окремо і в комплексі, фаз розвитку культури та погодних умов (Додаток А, табл. А.1, А.2). Так, у фазі бутонізації рослин чини позитивний вплив на ріст культури простежувався за обприскування посівів регулятором росту рослин Вермистим Д, де перевищення до контролю складало 3,6% (табл. 3.3). Разом з тим за внесення Вермистиму Д по фоні ІІ було відмічено зростання досліджуваного показника в порівнянні з варіантом Вермистим Д (обприскування рослин) на 1,20 г та з контролем на 1,54 г, що може свідчити про позитивний рістрегулювальний вплив Вермистиму Д як на кореневу систему, так і на вегетативну масу рослин. Обробка перед сівбою насіння чини посівної біопрепаратом Біонеостим із наступним посходовим внесенням РРР Вермистиму Д забезпечила зростання маси чини відносно контролю на 20,6%.

Найвищі показники біомаси рослин чини у фазі бутонізації культури формувались у варіанті досліду із застосуванням регулятора росту рослин Вермистим Д 8,0 л/га, внесеного на фоні передпосівної обробки насіння сумішшю БП і РРР, де перевищення до контролю у фазу бутонізації в середньому за роки досліджень складало 25,7%.

У фазі цвітіння–утворення бобів наростання біомаси рослин чини посівної проходило активніше, ніж у фазу бутонізації, що пов'язано із загальною активізацією ростових процесів рослин у цю фазу розвитку.

Так, за передпосівної обробки насіннєвого матеріалу Вермистимом Д відмічено зростання маси рослин відносно контролю на 5,0%, а за інокуляції біопрепаратом Біонеостим – 5,9%. У варіанті з комплексною передпосівною обробкою насіння БП і РРР перевищення маси рослин до контролю становило 10,7%. Найвищі показники надземної біомаси рослин були

відмічені у варіанті Фон III + PPP Вермистим Д (8,0 л/га), де перевищення варіанту без застосування препаратів становило 22,9%.

Таблиця 3.3

Надземна біомаса рослин чини посівної за використання БП Біонеостим та PPP Вермистим Д (середнє за 2022–2024 рр., г/1 рослину)

Варіант досліджу	Фаза розвитку культури	
	бутонізації	цвітіння– утворення бобів
Без застосування препаратів (контроль)	9,37	38,07
БП Біонеостим (1,0 л/т – обробка насіння) Фон I	10,01	40,31
PPP Вермистим Д (7,0 л/т – обробка насіння) Фон II	9,83	39,99
БП Біонеостим Фон I + PPP Вермистим Д Фон II (Фон III)	10,47	42,14
PPP Вермистим Д (8,0 л/га – обробка вегетуючих рослин)	9,71	39,36
Фон I + PPP Вермистим Д (8,0 л/га)	11,30	44,64
Фон II + PPP Вермистим Д (8,0 л/га)	10,91	43,48
Фон III + PPP Вермистим Д (8,0 л/га)	11,78	46,80
<i>НІР₀₅</i> *	0,32–0,41	0,80–1,17

Примітка: * – наведено максимальні і мінімальні значення за роки досліджень.

Одержані дані свідчать про позитивний вплив комплексу БП + PPP на проходження в рослинах чини посівної ростових процесів, які є наслідком, з одного боку, стимулювальної дії екзогенних фітогормонів, з іншого боку – покращення мінерального забезпечення рослинного організму за рахунок інтродукованих у ризосферу мікроорганізмів.

Найактивнішим приріст висоти та надземної біомаси рослин чини був за використання композиції Біонеостим 1,0 л/т + Вермистим Д 7,0 л/т + Вермистим Д 8,0 л/га, завдяки якій склалися найбільш оптимальні умови для проходження основних фізіологічних процесів у рослинах, у тому числі й ростових.

3.2. Формування площі листкового апарату

Основним показником, що визначає потенційну продуктивність посівів, є площа листкової поверхні, значення якої може суттєво варіювати залежно від сортових та природно-кліматичних особливостей зони, місця вирощування культури, а також – застосовуваних препаратів [205, 251]. Зважаючи на це, вкрай важливим було вивчити зміни в наростанні площі листкової поверхні за дії БП та РРР, а особливо за комплексного використання даних препаратів.

У результаті досліджень, виконаних з визначення площі листків рослин чини посівної залежно від застосування біопрепарату Біонеостим та регулятора росту рослин Вермистим Д, нами встановлено, що показники листкової поверхні у роки проведення досліджень були різними, що свідчить про їх залежність не тільки від дії препаратів, але й від погодних умов. Так, загальна площа листкової поверхні чини у фазу бутонізації становила в контролі у 2022 р. – 13,2; у 2023 р. – 13,9; у 2024 р. – 14,4 тис. м²/га, що узгоджується із погодними умовами, які були найсприятливішими для рослин у 2024 р. (табл. 3.4). Детальний аналіз експериментальних даних 2022 р. показав, що за обробки насіння Біонеостимом у нормі 1,0 л/т площа листкової поверхні рослин перевищила контроль на 9% відповідно та на 13% – за комплексної дії вищенаведеної норми Біонеостиму з РРР Вермистим Д (7,0 л/т). У варіанті з обприскуванням посівів Вермистимом Д у нормі 8,0 л/га наростання площі листкової поверхні чини посівної було найнижчим з поміж решти досліджуваних варіантів (5%). Однак, порівнюючи показники за різних способів застосування регулятора росту рослин, можна стверджувати, що за обробки насіння Вермистимом Д перед сівбою площа листкової поверхні рослин перевищила контроль на 6%. Вищу ефективність наростання фотосинтетичної поверхні було відмічено за використання у посівах чини посівної Вермистиму Д, внесеного на фоні передпосівної обробки насіння Біонеостимом. Зокрема, за використання БП у нормі 1,0 л/т листкова

поверхня чини перевищила контроль на 9%, а за використання цієї ж норми Біонеостиму сумісно з Вермистимом Д (7,0 л/т) та обробкою Вермистимом Д (8,0 л/га) рослин на 27% відповідно.

Таблиця 3.4

Площа листків рослин чини посівної за використання БП Біонеостим та РРР Вермистим Д (фаза бутонізації, тис. м²/га)

Варіант досліджу	2022 р.	2023 р.	2024 р.	Середнє за три роки
Без застосування препаратів (контроль)	13,2	13,9	14,4	13,8
БП Біонеостим (1,0 л/т – обробка насіння) Фон І	14,4	15,8	16,3	15,5
РРР Вермистим Д (7,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	14,0	14,9	15,6	14,8
БП Біонеостим Фон І + РРР Вермистим Д Фон ІІ (Фон ІІІ)	14,9	16,0	16,7	15,9
РРР Вермистим Д (8,0 л/га – обробка вегетуючих рослин)	13,8	14,5	15,2	14,5
Фон І + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	15,9	17,0	18,0	17,0
Фон ІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	15,4	16,5	17,2	16,4
Фон ІІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	16,8	18,0	18,9	17,9
<i>НІР₀₅</i>	0,18	0,29	0,37	

Очевидно, застосування такої композиції препаратів забезпечувало позитивну активізацію наростання площі листкового апарату, що обумовлювалось сумарною дією кількох чинників: фітоценотичного, пов'язаного із покращенням ростових процесів; фізіолого-біохімічного, який реалізувався через складові препаратів, що належать до біологічно активних речовин, аналогів фітогормонів, мікроелементів, комплексу мікроорганізмів здатних активізувати ріст рослин, пригнічувати розвиток хвороб у посівах та підвищувати функціональну активність і продуктивність листкового апарату.

Аналогічна залежність наростання фотосинтетичної поверхні листків чини посівної від норм та способів застосування препаратів була відмічена нами і в 2023, 2024 рр. досліджень. Проте у 2024 р. показники площі листового апарату чини були найвищими, що є результатом оптимального вологозабезпечення посівів у основні місяці вегетації культури. Так, за сумісної дії БП Біонеостим у нормі 1,0 л/т із Вермистимом Д (7,0 л/т) площа листків чини у 2024 р. перевищувала контроль на 16% відповідно, а за використання передпосівної обробки даною композицією препаратів з посходовим внесенням Вермистиму Д у нормі 8,0 л/га фотосинтетична поверхня листків чини посівної збільшувалась відносно контролю на 31% відповідно.

У середньому за три роки досліджень найбільша фотосинтетична поверхня листків чини посівної формувалась у варіантах сумісної дії Біонеостиму (1,0 л/т) із Вермистимом Д (7,0 л/т) за обприскування посівів Вермистимом Д (8,0 л/га), де приріст площі листків до контролю склав 30%.

Аналізуючи формування листового апарату чини посівної у фазу цвітіння—утворення бобів, нами відмічено аналогічну залежність даного показника відповідно від норм і способів застосування препаратів.

Результати досліджень 2022 року показали, що за дії біопрепарату Біонеостим на фоні різних способів застосування регулятора росту рослин Вермистим Д, площа листків чини посівної дещо варіювала (табл. 3.5). Так, за самостійного використання для передпосівної обробки насіння чини Біонеостимом вона перевищувала контроль на 11%; за використання для передпосівної обробки насіння біопрепарату в сумішах з РРР Вермистим Д 7,0 л/т – на 15%; водночас за використання для передпосівної обробки насіння Біонеостиму в нормі 7,0 л/т з наступною обробкою посівів Вермистимом Д 8,0 л/га – на 21%, а за комплексного застосування препаратів Біонеостим 1,0 л/т + Вермистим Д 7,0 л/т + Вермистим Д 8,0 л/га – на 26 % відповідно.

Такі ж закономірності у формуванні площі листків чини посівної простежувались нами і в 2023 та 2024 рр.

Таблиця 3.5

Площа листків рослин чини посівної за використання БП Біонеостим та РРР Вермистим Д (фаза цвітіння–утворення бобів, тис. м²/га)

Варіант досліджу	2022 р.	2023 р.	2024 р.	Середнє за три роки
Без застосування препаратів (контроль)	28,3	33,6	35,1	32,3
БП Біонеостим (1,0 л/т – обробка насіння) Фон І	31,3	36,3	39,1	35,6
РРР Вермистим Д (7,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	30,1	36,0	38,1	34,7
БП Біонеостим Фон І + РРР Вермистим Д Фон ІІ (Фон ІІІ)	32,7	37,4	40,3	36,8
РРР Вермистим Д (8,0 л/га – обробка вегетуючих рослин)	29,7	35,5	37,2	34,1
Фон І + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	34,4	39,0	43,0	38,8
Фон ІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	33,1	38,4	41,2	37,6
Фон ІІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	35,7	40,1	44,5	40,1
<i>НІР₀₅</i>	0,61	0,53	1,01	

Аналіз площі листків у середньому за три роки досліджень у варіантах із передпосівною обробкою насіння Біонеостимом (1,0 л/т) продемонстрував її зростання до контролю на 10%.

Сумісне використання Біонеостиму з Вермистимом Д для обробки насіння сприяло зростанню площі листків рослин чини посівної у порівнянні з контролем на 14%.

За обприскування посівів РРР Вермистим Д у нормі 8,0 л/га площа листків рослин чини зростала до контролю на 6%.

За обробки рослин Вермистимом Д на фоні дії Біонеостиму в нормі 1,0 л/т площа листків рослин чини посівної збільшувалася у відношенні до контролю на 20%, а проти варіанту окремої дії на посіви Вермистиму Д у нормі 8,0 л/га – 14%. Також приріст площі листків рослин чини посівної у середньому за три роки було відмічено за комплексного застосування регулятора росту рослин Вермистим Д. Так, у варіанті Вермистим Д 7,0 л/т + Вермистим Д 8,0 л/га площа листків однієї рослини перевищувала контроль на 16%.

Значно активніше наростання листкової поверхні рослин чини посівної спостерігалось за поєднання передпосівної обробки насіння сумішшю біопрепарату і регулятора росту рослин з наступним обприскуванням посівів регулятором росту рослин. Так, за комплексного використання препаратів для обробки насіння (Біонеостим 1,0 л/т + Вермистим Д 7,0 л/т) з наступним обприскуванням посівів РРР (Вермистим Д у нормі 8,0 л/га) площа листків становила 40,1 тис. м²/га, що на 7,8 тис. м²/га перевищувало показник контролю.

Одержаний матеріал з формування площі листків рослин чини посівної демонструє одержання в посівах найвищих показників за комплексного застосування препаратів – Біонеостим (1,0 л/т – обробка насіння) + Вермистим Д (7,0 л/т – обробка насіння) + Вермистим Д (8,0 л/га – обробка вегетуючих рослин), що є свідченням позитивного впливу вищенаведеної композицій препаратів на проходження обмінних та ростових процесів у рослинах.

3.3. Стан ферментативної системи

Окисно-відновні процеси є природньою складовою метаболізму рослин. Дія сучасних препаратів біологічного та хімічного походження має істотний вплив на фізіолого-біохімічні процеси в культурних рослинах. Вона відображається у змінах рівня таких показників як активність ферментів,

вміст хлорофілу, інтенсивність нагромадження органічної речовини, урожайність і продуктивність посівів [210, 252]. Де надзвичайно важливе значення відіграють ферменти класу оксидоредуктаз: каталаза (КФ. 1.11.1.6) – розкладає пероксид водню на воду й кисень, пероксидаза (КФ. 1.11.1.7) – виступає посередником у реакції окиснення фенольних сполук пероксидом водню з утворенням феноксирадикалів і води та поліфенолоксидаза (КФ. 1.14.18.1) – каталізує реакцію між дифенольним субстратом і киснем [253, 254].

Для вивчення дії основних антиоксидантних ферментів у листках рослин чини посівної, нами було проведено відповідні дослідження в польових умовах (Додаток Б, табл. Б.1–Б.6). Проведені дослідження засвідчили залежність активності основних антиоксидантних ферментів класу оксидоредуктаз від погодних умов. Зокрема найнижчу активність дані ферменти проявили в 2022 р., що узгоджується з даними низької вологозабезпеченості рослин (Додаток Б, табл. Б.1–Б.3). У цілому, аналізуючи активність ферментів у фазу бутонізації у 2022 р., можна стверджувати, що в усіх варіантах досліді вона була вищою за контрольні показники. Так, у варіанті Біонеостим 1,0 л/т активність каталази перевищувала контроль на 13%; пероксидази – 10%; поліфенолоксидази – 25% відповідно; у варіанті Біонеостим 1,0 л/т + Вермистим Д 7,0 л/т – на 15% – для каталази; 13% – пероксидази; 32% – поліфенолоксидази; у варіантах комплексного застосування Біонеостиму 1,0 л/т + Вермистим Д 7,0 л/т + Вермистим Д 8,0 л/га – 27% – для каталази; 39% – пероксидази і 63% – поліфенолоксидази. Така ж закономірність в активності ферментів простежувалась у фазу бутонізації чини посівної у досліджуваних варіантах і в 2023 та 2024 рр. (Додаток Б, табл. Б.2, Б.3).

У середньому за 2022–2024 роки досліджень за використання для передпосівної обробки насіння чини посівної біопрепарату Біонеостим як окремо, так і в сумішах із Вермистимом Д, у листках рослин встановлено значне підвищення ферментативної активності (табл. 3.6).

Таблиця 3.6

Активність антиоксидантних ферментів у листках чини посівної за використання БП Біонеостим та РРР Вермистим Д (фаза бутонізації, середнє 2022–2024 рр.)

Варіант досліджу	Каталаза, мкМоль розкладеного H_2O_2 /г сирії речовини за 1 хв.	Пероксидаза, мкМоль окисненого гваяколу/г сирії маси за 1 хв.	Поліфенол-оксидаза, мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирії маси за 1 хв.
Без застосування препаратів (контроль)	63,7	119,0	23,7
БП Біонеостим (1,0 л/т – обробка насіння) Фон І	72,3	133,3	29,4
РРР Вермистим Д (7,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	69,3	127,3	27,3
БП Біонеостим Фон І + РРР Вермистим Д Фон ІІ (Фон ІІІ)	74,3	135,8	31,9
РРР Вермистим Д (8,0 л/га – обробка вегетуючих рослин)	67,8	123,8	26,0
Фон І + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	77,9	151,9	35,3
Фон ІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	75,7	143,7	33,6
Фон ІІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	81,7	159,8	37,8
HIP_{05}^*	1,17–1,75	2,8–3,5	1,1–2,4

Примітка: * – наведено максимальні і мінімальні значення за роки досліджень.

Так, за передпосівної обробки насіння чини БП Біонеостим у нормі 1,0 л/т у фазу бутонізації активність каталази зростала на 8,6 мкМоль розкладеного H_2O_2 /г сирії речовини за 1 хв. проти контролю, активність пероксидази – на 14,3 мкМоль окисненого гваяколу/г сирії маси за 1 хв., а поліфенолоксидази – на 5,7 мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирії маси за 1 хв.

За сумісної дії біопрепарату Біонеостим у нормі 1,0 л/т з регулятором росту рослин Вермистим Д 7,0 л/т, застосованих для обробки насіння чини посівної перед сівбою, активність каталази у варіантах дослідів у порівнянні з контролем зростала на 10,6 мкМоль розкладеного H_2O_2 /г сирової речовини за 1 хв., пероксидази – на 16,8 мкМоль окисненого гваяколу/г сирової маси за 1 хв., поліфенолоксидази – на 8,2 мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирової маси за 1 хв. відповідно.

Використання Біонеостиму для обробки насіння перед сівбою та внесення на фоні даного препарату по сходах культури Вермистиму Д 8,0 л/га забезпечило зростання активності каталази, пероксидази і поліфенолоксидази проти варіантів із самостійним внесенням Біонеостиму на 5,6 мкМоль розкладеного H_2O_2 /г сирової речовини за 1 хв.; 18,6 мкМоль окисненого гваяколу/г сирової маси за 1 хв.; 5,9 мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирової маси за 1 хв. відповідно.

За комбінованого застосування Вермистиму Д (обробка насіння перед сівбою у нормі 7,0 л/т і внесення по вегетуючих рослинах – 8,0 л/га) простежувалось зростання активності каталази на 12,0 мкМоль розкладеного H_2O_2 /г сирової речовини за 1 хв., пероксидази – на 24,7 мкМоль окисненого гваяколу/г сирової маси за 1 хв., поліфенолоксидази – на 9,9 мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирової маси за 1 хв. відповідно проти контролю.

Разом з тим найвища активність антиоксидантних ферментів у листках чини посівної була відмічена за використання для передпосівної обробки насіння суміші Біонеостиму (1,0 л/т) з Вермистимом Д (7,0 л/т) з наступним обприскуванням посівів Вермистимом Д (8,0 л/га), де в порівнянні з варіантами Біонеостим + Вермистим Д (обробка насіння перед сівбою) було відмічено зростання активності каталази на 7,4 мкМоль розкладеного H_2O_2 /г сирової речовини за 1 хв., пероксидази – 24,0 мкМоль окисненого гваяколу/г сирової маси за 1 хв., поліфенолоксидази – 5,9 мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирової маси за 1 хв. Ці ж варіанти дослідів у порівнянні до контролю

забезпечили зростання активності каталази на 28%, пероксидази – 34%, поліфенолоксидази – 59% відповідно.

У фазу цвітіння–утворення бобів рослин чини посівної було відмічено зростання активності ферментів у порівнянні до показників активності ферментів у фазу бутонізації (Додаток Б, табл. Б.4–Б.6). Ці дані засвідчують інтенсифікацію обмінних процесів у рослинах, пов'язаних з фотосинтезом, диханням, тощо, активними учасниками яких є ферменти класу оксидоредуктаз. Аналіз активності ферментів у листках чини посівної в 2022 році у фазу цвітіння–утворення бобів рослин показав, що у варіантах з передпосівною обробкою насіння Біонеостимом у нормі 1,0 л/т активність каталази у порівнянні до контролю зростала на 12%; пероксидази – 11%; поліфенолоксидази – 20%; у варіанті Біонеостим 1,0 л/т + Вермистим Д 7,0 л/т – на 16% – для каталази; 15% – пероксидази і 28% – поліфенолоксидази; у варіанті Біонеостим 1,0 л/т + Вермистим Д 8,0 л/га – 24% – для каталази; 26% – пероксидази та 50% – поліфенолоксидази.

Найвищу активність ферментів одержано у варіанті з комплексним застосуванням біопрепаратів Біонеостим 1,0 л/т + Вермистим Д 7,0 л/т + Вермистим Д 8,0 л/га, де перевищення до контролю для каталази складало 21,8 мкМоль розкладеного H_2O_2 /г сирової речовини за 1 хв., пероксидази – 41,4 мкМоль окисненого гваяколу/г сирової маси за 1 хв., поліфенолоксидази – 16,3 мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирової маси за 1 хв. за HIP_{05} 1,38; 3,6 і 1,7 відповідно, що є достовірним на зазначеному порозі вірогідності. Подібні результати активності основних антиоксидантних ферментів класу оксидоредуктаз у фазу цвітіння–утворення бобів рослин чини посівної було одержано у 2023 та 2024 рр. (Додаток Б, табл. Б.5, Б.6).

Аналізуючи активність окисно-відновних ферментів рослин чини посівної у фазу цвітіння–утворення бобів у середньому за 2022–2024 рр. була відмічена подібна закономірність (табл. 3.7).

Так, за використання Біонеостиму у нормі 1,0 л/т та Вермистиму Д у нормі 7,0 л/т як окремо, так і сумісно активність антиоксидантних ферментів

у варіантах дослідів зростала. Водночас найвищою вона була у варіанті за обробки насіння сумішшю препаратів Біонеостим (1,0 л/т) і Вермистим Д (7,0 л/т) з наступним обприскуванням посівів Вермистимом Д (8,0 л/га), що перевищувало контроль за активністю каталази на 32%, пероксидази – 38%, поліфенолоксидази – 58%.

Таблиця 3.7

Активність антиоксидантних ферментів у листках чини посівної за використання БП Біонеостим та РРР Вермистим Д (фаза цвітіння–утворення бобів, середнє 2022–2024 рр.)

Варіант дослідів	Каталаза, мкМоль розкладеного H_2O_2 /г сирової речовини за 1 хв.	Пероксидаза, мкМоль окисненого гваяколу/г сирової маси за 1 хв.	Поліфенол-оксидаза, мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирової маси за 1 хв.
Без застосування препаратів (контроль)	81,1	142,1	29,3
БП Біонеостим (1,0 л/т – обробка насіння) Фон І	92,8	160,5	34,5
РРР Вермистим Д (7,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	88,8	155,2	32,5
БП Біонеостим Фон І + РРР Вермистим Д Фон ІІ (Фон ІІІ)	94,3	165,6	36,4
РРР Вермистим Д (8,0 л/га – обробка вегетуючих рослин)	86,8	150,7	31,0
Фон І + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	101,4	181,9	41,5
Фон ІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	97,9	173,9	39,0
Фон ІІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	107,0	195,7	46,2
HIP_{05}^*	1,38–2,01	3,6–5,8	1,7–2,3

Примітка: * – наведено максимальні і мінімальні значення за роки досліджень.

Таким чином, з вищенаведеного матеріалу можна зробити висновок, що біопрепарат Біонеостим та регулятор росту рослин Вермистим Д позитивно впливають на активізацію окремих ферментів класу оксидоредуктаз (каталази, пероксидази, поліфенолоксидази), що є наслідком інтенсифікації проходження в рослинах обмінних процесів, активними та безпосередніми учасниками яких у рослинному організмі є ферменти. Найвищий рівень активності ферментів у рослинах чини посівної простежується за комплексного застосування для обробки насіння перед сівбою біопрепарату Біонеостим у нормі 1,0 л/га з регулятором росту рослин Вермистим Д у нормі 7,0 л/т з наступним обприскуванням по даному фону посівів Вермистимом Д у нормі 8,0 л/га, що, на нашу думку, є наслідком інтенсифікації рослинно-мікробних взаємодій та, як результат цього, підвищення рівня в рослинах чини ендогенних гормонів, які є активаторами росту.

3.4. Пігментний комплекс листкового апарату

Фотосинтез, один із ключових фізіологічних процесів з утворення й накопичення поживних речовин в рослинному організмі, що є основою формування високих показників урожайності сільськогосподарських культур [182, 193]. Відомо, що листковий апарат рослин містить низку пігментів, які беруть активну участь у процесах перетворення енергії сонячного випромінювання в енергію хімічних зв'язків, зокрема це хлорофіли а і b. Вміст пігментів у рослинах залежить від низки чинників (погодні умови, сорт рослин, застосування біологічно активних речовин тощо), а отже, будь які зміни вмісту пігментів є відображенням фізіологічного стану рослин, що дає можливість використовувати ці показники для оцінки впливу на рослини препаратів різної біологічної та хімічної природи [83, 90, 173, 255].

Проведеними дослідженнями встановлено залежність вмісту пігментів у листках чини посівної від погодних умов та від дії біопрепаратів (табл. 3.9).

Так, вміст хлорофілів *a* і *b* в листках чини у фазу бутонізації в контролі у 2022 р. становив 0,569 та 0,196 мг/г сирої речовини, тоді як у 2023 р. – 0,595; 0,218 мг/г сирої речовини відповідно. Тобто, в 2023 р. простежувалась тенденція до формування вищого вмісту пігментів у листках чини посівної, ніж у 2022 р., що є наслідком безпосереднього впливу на фізіолого-біохімічний стан рослин погодних умов, зокрема більш кращої вологозабезпеченості рослин у 2023 р. Цей самий факт можна констатувати, аналізуючи вміст пігментів у листках чини у 2022 і 2023 рр. в іншу фазу її росту й розвитку.

Аналіз вмісту пігментів у листках чини у фазу бутонізації у 2022 р. в інших варіантах досліджу, зокрема за передпосівної обробки насіння Біонеостим (Фон І), показав, що вміст хлорофілу *a* перевищував контрольний варіант на 0,175 мг/г сирої речовини, хлорофілу *b* – 0,063 мг/г сирої речовини. Передпосівна інокуляція насіння РРР Вермистим Д забезпечила зростання досліджуваних показників відносно контролю – на 0,132 мг/г сирої речовини для хлорофілу *a*, 0,045 мг/г сирої речовини – хлорофілу *b*. Дещо вищі показники вмісту пігментів спостерігались у варіанті з передпосівною обробкою насіння БП Біонеостим із РРР Вермистим Д, де перевищення за сумою хлорофілів *a+b* відносно контролю складало 0,272 мг/г сирої речовини.

Позитивний вплив на накопичення хлорофілів *a* і *b* у листках чини посівної спостерігався за обприскування посівів регулятором росту рослин, де перевищення до контролю складало 0,067 та 0,024 мг/г сирої речовини відповідно.

Разом з тим за внесення останнього по фону І відмічено збільшення вмісту суми хлорофілів *a+b* в порівнянні з контролем у фазі бутонізації чини на 0,313 мг/г сирої речовини відповідно, що може свідчити про позитивний вплив комплексу БП та РРР на кореневу й вегетативну системи рослин.

Таблиця 3.8

Вміст пігментів у листках чини посівної (мг/г сирової речовини) за використання БП Біонеостим та РРР Вермистим Д (фаза бутонізації)

Варіант досліджу	2022 р.			2023 р.			2024 р.		
	хлорофіл <i>a</i>	хлорофіл <i>b</i>	сума хлоро- філів (<i>a+b</i>)	хлорофіл <i>a</i>	хлорофіл <i>b</i>	сума хлоро- філів (<i>a+b</i>)	хлорофіл <i>a</i>	хлорофіл <i>b</i>	сума хлоро- філів (<i>a+b</i>)
Без застосування препаратів (контроль)	0,569	0,196	0,765	0,595	0,218	0,813	0,633	0,221	0,854
БП Біонеостим (1,0 л/т – обробка насіння) Фон І	0,744	0,259	1,003	0,770	0,265	1,035	0,870	0,301	1,171
РРР Вермистим Д (7,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	0,701	0,241	0,942	0,725	0,246	0,971	0,847	0,287	1,134
БП Біонеостим Фон І + РРР Вермистим Д Фон ІІ (Фон ІІІ)	0,766	0,271	1,037	0,794	0,281	1,075	0,905	0,302	1,207
РРР Вермистим Д (8,0 л/га – обробка вегетуючих рослин)	0,636	0,220	0,856	0,662	0,224	0,886	0,745	0,240	0,985
Фон І + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	0,808	0,270	1,078	0,838	0,292	1,130	0,965	0,346	1,311
Фон ІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	0,790	0,275	1,065	0,823	0,281	1,104	0,938	0,331	1,269
Фон ІІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	0,883	0,313	1,196	0,904	0,315	1,219	0,997	0,352	1,349
<i>НІР</i> ₀₅	0,029	0,013	0,038	0,024	0,017	0,036	0,031	0,010	0,042

Також зростання вмісту досліджуваних пігментів спостерігали у варіанті з передпосівною обробкою насіння РРР Вермистим Д із наступним його внесенням по вегетуючих рослинах, де вміст хлорофілу *a* перевищував контрольний варіант на 0,221 мг/г сирої речовини, хлорофілу *b* – 0,079 мг/г сирої речовини.

Найвищі показники суми хлорофілів *a+b* формувались у варіанті досліду із застосуванням регулятора росту рослин Вермистим Д 8,0 л/га, внесеного на фоні передпосівної обробки насіння сумішшю БП Біонеостим (1,0 л/т) та РРР Вермистим Д (7,0 л/т), де перевищення до контролю складало 0,431 мг/г сирої речовини відповідно.

Зростання вмісту хлорофілів *a* і *b* в листках чини посівної за дії досліджуваних препаратів, очевидно, зумовлювалось, з одного боку, передпосівною обробкою насіння БП Біонеостим, як окремо, так і в комплексі з РРР Вермистим Д, завдяки чому відбувалось забезпечення рослин доступними елементами живлення, з іншого боку, інтенсифікацією проходження в рослинах фізіолого-біохімічних процесів за дії посходового внесення РРР.

У 2023 р. були відмічені подібні залежності за вмістом хлорофілів *a* і *b* у листках чини посівної за дії застосовуваних препаратів. Так, у варіанті із передпосівною обробкою насіння Вермистимом Д (7,0 л/т) сума хлорофілів *a+b* перевищувала показники контрольного варіанту на 0,158 мг/г сирої речовини, біопрепаратом Біонеостим (1,0 л/т) – 0,222 мг/г сирої речовини відповідно, тоді як за сумісної дії вищезазначених препаратів перевищення до контролю за сумою хлорофілів *a+b* складало 0,262 мг/г сирої речовини.

За обприскування вегетуючих рослин чини Вермистим Д показник суми хлорофілів *a+b* перевищував контрольний варіант на 0,073 мг/г сирої речовини. Комплексне застосування Вермистиму Д (обробка насіння перед сівбою та посівів) забезпечило формування вищого вмісту досліджуваних показників у відношенні до контролю на 0,291 мг/г сирої речовини відповідно.

У варіанті із застосуванням БП для обробки насіння з наступним післясходовим внесенням РРР Вермистим Д вміст суми хлорофілів а+b зростав у порівнянні з контролем на 0,317 мг/г сирої речовини, водночас у варіанті з використанням цих же препаратів для обробки насіння з наступним обприскуванням посівів Вермистимом Д – 0,406 мг/г сирої речовини відповідно.

При вивченні вмісту пігментів у листках чини посівної у 2024 р. було відмічено подібну тенденцію з їх накопиченням, що і в попередні роки досліджень. Так, найвищі показники суми хлорофілів а+b формувались у варіанті досліду із застосуванням регулятора росту рослин Вермистим Д 8,0 л/га, внесеного на фоні передпосівної обробки насіння сумішшю біопрепарату Біонеостим та РРР Вермистим Д, де перевищення до контролю складало 0,495 мг/г сирої речовини відповідно.

Нами встановлено, що вміст фотосинтетичних пігментів у листках чини посівної залежав не лише від застосовуваних препаратів, а й від фази розвитку культури. Так, у фазу цвітіння–утворення бобів чини, коли відмічалась найвища активність ростових процесів рослин, вміст досліджуваних пігментів у листках в порівнянні з фазою бутонізації значно збільшувався (табл. 3.9). Зокрема, у 2022 році за передпосівної обробки насіннєвого матеріалу Вермистимом Д показники суми хлорофілів а+b у фазі цвітіння–утворення бобів перевищували контроль на 0,141 мг/г сирої речовини, а за дії біопрепарату Біонеостим – на 0,189 мг/г сирої речовини відповідно.

Водночас, у варіанті з комплексною передпосівною обробкою насіння БП і РРР перевищення до контролю становило 0,269 мг/г сирої речовини, що було вищим за відповідні показники у варіанті самостійної обробки насіння регулятором росту рослин на 0,128 мг/г сирої речовини, а до варіанту із самостійною обробкою біопрепаратом – на 0,080 мг/г сирої речовини відповідно.

Таблиця 3.9

Вміст пігментів у листках чини посівної (мг/г сирової речовини) за використання БП Біонеостим та РРР Вермистим Д (фаза цвітіння–утворення бобів)

Варіант дослідів	2022 р.			2023 р.			2024 р.		
	хлорофіл <i>a</i>	хлорофіл <i>b</i>	сума хлоро- філів (<i>a+b</i>)	хлорофіл <i>a</i>	хлорофіл <i>b</i>	сума хлоро- філів (<i>a+b</i>)	хлорофіл <i>a</i>	хлорофіл <i>b</i>	сума хлоро- філів (<i>a+b</i>)
Без застосування препаратів (контроль)	1,029	0,325	1,354	1,224	0,396	1,620	1,344	0,431	1,775
БП Біонеостим (1,0 л/т – обробка насіння) Фон І	1,176	0,367	1,543	1,340	0,429	1,769	1,476	0,470	1,946
РРР Вермистим Д (7,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	1,147	0,348	1,495	1,317	0,431	1,748	1,424	0,461	1,885
БП Біонеостим Фон І + РРР Вермистим Д Фон ІІ (Фон ІІІ)	1,231	0,392	1,623	1,420	0,467	1,887	1,503	0,496	1,999
РРР Вермистим Д (8,0 л/га – обробка вегетуючих рослин)	1,104	0,351	1,455	1,270	0,407	1,677	1,357	0,454	1,811
Фон І + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	1,267	0,399	1,666	1,478	0,479	1,957	1,556	0,537	2,093
Фон ІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	1,255	0,390	1,645	1,465	0,458	1,923	1,529	0,513	2,042
Фон ІІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	1,308	0,401	1,709	1,527	0,496	1,996	1,595	0,551	2,146
<i>НІР</i> ₀₅	0,049	0,020	0,51	0,058	0,018	0,060	0,024	0,016	0,053

У варіанті досліду із застосуванням РРР Вермистим Д у нормі 8,0 л/га, внесеного на фоні передпосівної обробки насіння сумішшю БП Біонеостим (1,0 л/т) і РРР Вермистим Д (7,0 л/т) вміст суми хлорофілів $a+b$ перевищував контроль на 0,355 мг/г сирої речовини, що було більшим за відповідні показники у фазі бутонізації рослин на 0,513 мг/г сирої речовини відповідно.

Упродовж досліджень 2023 р. року спостерігалась подібна залежність з накопиченням пігментів у листках чини посівної у фазу цвітіння–утворення бобів за дії біопрепарату і регулятора росту рослин, що й у 2023 році. Так, у варіанті із передпосівною обробкою насіння Вермистимом Д сума хлорофілів $a+b$ перевищувала показники контрольного варіанту на 0,128 мг/г сирої речовини, біопрепаратом – 0,149 мг/г сирої речовини відповідно, тоді як за сумісної дії вищезазначених препаратів перевищення до контролю за сумою хлорофілів $a+b$ складало 0,267 мг/г сирої речовини.

За внесення Вермистиму Д на фоні обробки насіння перед сівбою комплексом біологічних препаратів зростання суми хлорофілів $a+b$ в листках чини посівної до контрольного варіанту складало 0,378 мг/г сирої речовини відповідно.

У 2024 році на фоні використання біопрепарату вміст хлорофілу a в листках рослин зростав на 0,132 мг/г сирої речовини, водночас вміст хлорофілу b збільшувався на 0,039 мг/г сирої речовини. За комплексного використання для обробки насіння чини регулятора росту рослин (7,0 л/т) і біопрепарату (1,0 л/т) вміст хлорофілу a в листках зростав відносно варіанту без застосування препаратів на 0,159 мг/г сирої речовини, а хлорофілу b – на 0,065 мг/г сирої речовини. Стосовно суми хлорофілів $a+b$, то найвищими в листках чини посівної вони були у варіантах досліду з посходовим використанням РРР на фоні комплексної обробки насіння БП та РРР, де перевищення до контролю складало 0,371 мг/г сирої речовини відповідно.

Таким чином, аналізуючи одержані дані стосовно вмісту фотосинтетичних пігментів (хлорофілів a і b та їх суми) у листках чини посівної, можна констатувати, що передпосівна обробка насіння

біопрепаратом Біонеостим із регулятором росту рослин Вермистимом Д та наступним післясходовим внесенням останнього забезпечує створення найбільш сприятливих умов для проходження в рослинах фізіолого-біохімічних процесів, у тому числі й фотосинтетичних, обумовлених безпосередньою стимулювальною дією біопрепаратів на функціонування пігментного комплексу литкового апарату культури. В середньому за роки досліджень у всі фази розвитку чини посівної спостерігалось зростання вмісту у листках пігментів. Зокрема, хлорофілу а, b та їх суми, що в середньому перевищувало контроль на 19–58% – для хлорофілу а, 23–60% – для хлорофілу b, 21–58% – для суми $a+b$.

3.5. Чиста продуктивність фотосинтезу

Сучасний стан вивчення процесів фотосинтезу дає підставу вважати, що фотосинтетична діяльність сільськогосподарських культур є основою їх продуктивності й значною мірою залежить від показників чистої продуктивності фотосинтезу посівів, яка характеризує показники потенційної здатності рослин формувати як біологічний, так і фактичний урожай культури [256].

Дослідженнями встановлено [205, 257, 258], що під час дії стресових чинників (температура, ультрафіолетове випромінювання, пестициди) фізіолого-біохімічні процеси в рослинах, у тому числі й фотосинтетичні показники, зазнають значних змін, що відображається у спроможності проходження адаптивних реакцій у рослинах та впливає на інтенсивність нагромадження органічної речовини.

Встановлено, що використання для передпосівної обробки насіння чини посівної біопрепарату Біонеостим як окремо, так і сумісно з регулятором росту рослин Вермистим Д, позитивно впливало на показники ЧПФ (рис. 3.1–3.4). Так, у 2022 р. передпосівна обробка насіння чини посівної Біонеостимом у нормі 1,0 л/т сприяла зростанню чистої

продуктивності посівів у міжфазний період бутонізація–цвітіння на $0,15 \text{ г/м}^2$ за добу у відношенні до контролю (рис. 3.1).

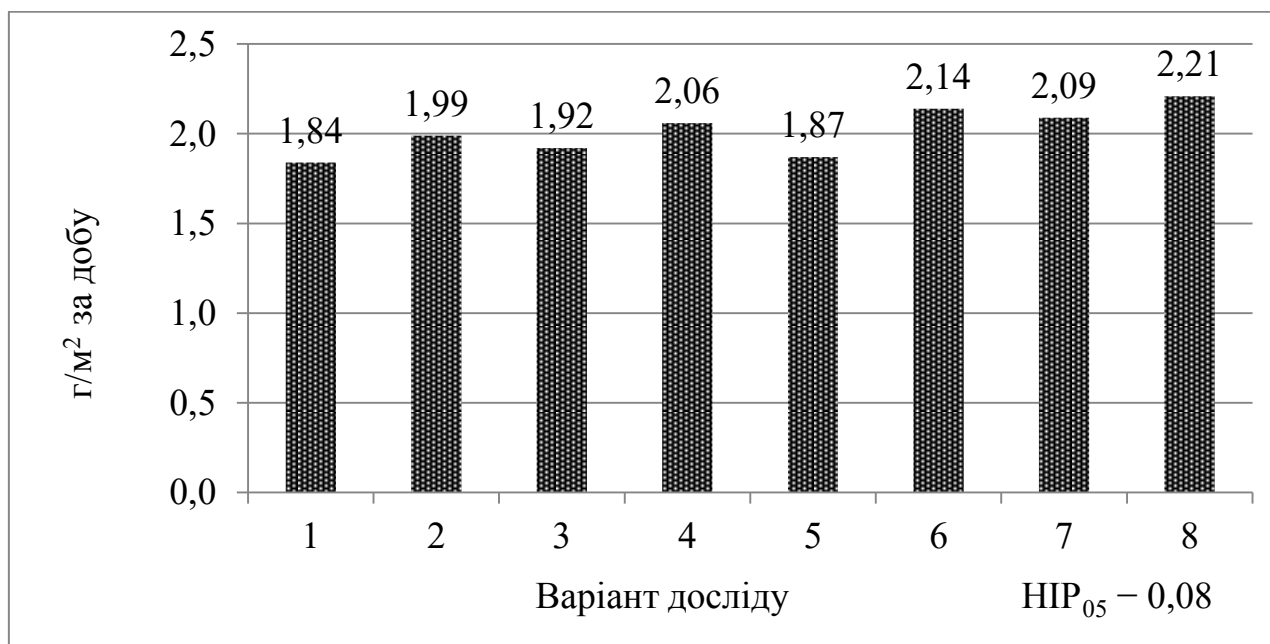


Рис. 3.1. Чиста продуктивність фотосинтезу посівів чини посівної за використання БП Біонеостим та РРР Вермистим Д, г/м^2 за добу (2022 р., фаза бутонізації-цвітіння)

1. Без застосування препаратів (контроль); 2. БП Біонеостим (1,0 л/т – обробка насіння) Фон І; 3. РРР Вермистим Д (7,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ; 4. БП Біонеостим Фон І + РРР Вермистим Д Фон ІІ (Фон ІІІ); 5. РРР Вермистим Д (8,0 л/га – обробка вегетуючих рослин); 6. Фон І + РРР Вермистим Д (8,0 л/га); 7. Фон ІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га); 8. Фон ІІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га).

Дещо активніше фотосинтетична продуктивність посівів формувалася у варіантах, де біопрепарат застосовували сумісно з регулятором росту рослин. Так, якщо за окремого застосування Вермистиму Д у нормі 7,0 л/т чиста продуктивність фотосинтезу складала $1,92 \text{ г/м}^2$ за добу, що на 4% перевищувало контроль, то за внесення цієї ж норми препарату в суміші з Біонеостимом відмічено зростання досліджуваного показника до $2,06 \text{ г/м}^2$ за добу відповідно, що на 12% перевищувало контроль та на 4% – відповідні показники у варіантах окремої дії Біонеостиму.

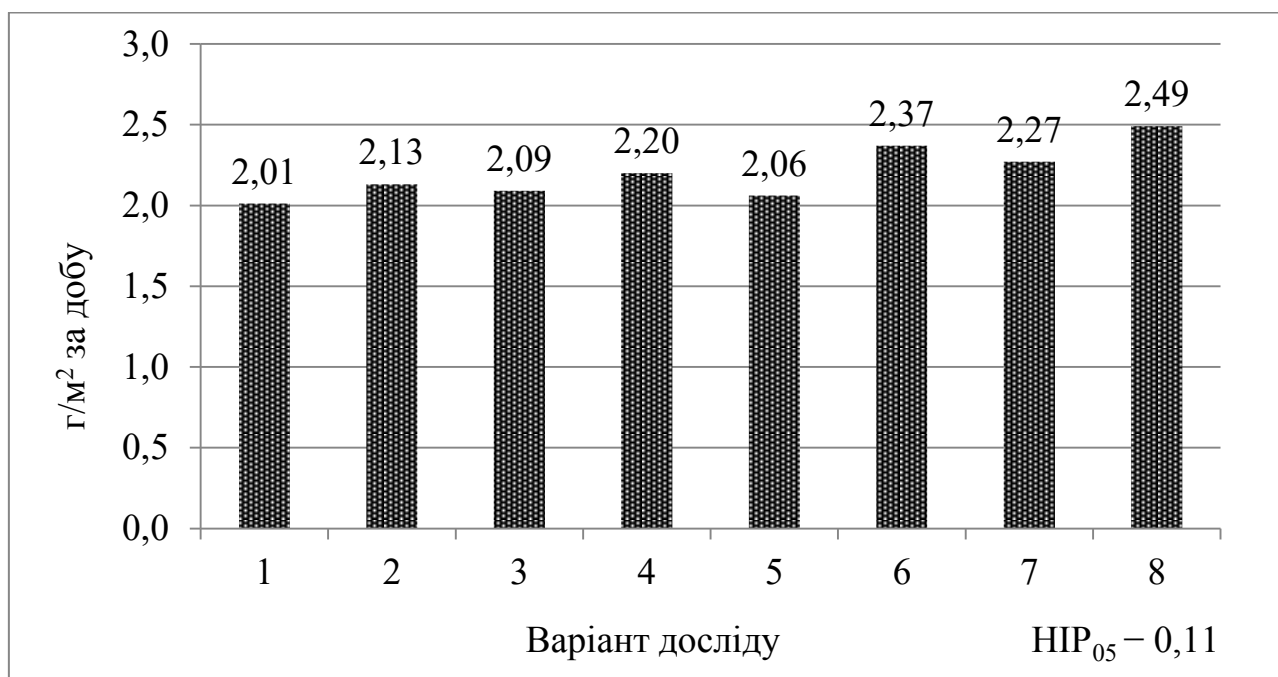


Рис. 3.2. Чиста продуктивність фотосинтезу посівів чини посівної за використання БП Біонеостим та РРР Вермистим Д, г/м² за добу (2023р., фаза бутонізації-цвітіння)

1. Без застосування препаратів (контроль); 2. БП Біонеостим (1,0 л/т – обробка насіння) Фон І; 3. РРР Вермистим Д (7,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ; 4. БП Біонеостим Фон І + РРР Вермистим Д Фон ІІ (Фон ІІІ); 5. РРР Вермистим Д (8,0 л/га – обробка вегетуючих рослин); 6. Фон І + РРР Вермистим Д (8,0 л/га); 7. Фон ІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га); 8. Фон ІІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га).

Одержані дані свідчать про позитивний вплив композиції досліджуваних препаратів на проходження в рослинах чини посівної основних фізіолого-біохімічних процесів, які покращують розвиток надземної біомаси рослин за рахунок стимулювальної дії екзогенних фітогормонів та активізації колонізаційної здатності ризосфери за рахунок інтродукованих мікроорганізмів, що в цілому сприяло покращенню мінерального забезпечення рослинного організму [79, 259].

За використання РРР Вермистим Д у нормі 8,0 л/га по сходах культури на фоні обробки насіння чини БП Біонеостим у нормі 1,0 л/т показник чистої продуктивності фотосинтезу складав 2,14 г/м² за добу при 1,84 г/м² за добу в контролі.

Аналізуючи варіанти дослідів з використанням Біонеостиму та Вермистиму Д для обробки насіння перед сівбою з наступною обробкою посівів Вермистимом Д, слід відмітити найбільше зростання чистої продуктивності посівів, що на $0,37 \text{ г/м}^2$ за добу перевищувало показник контролю.

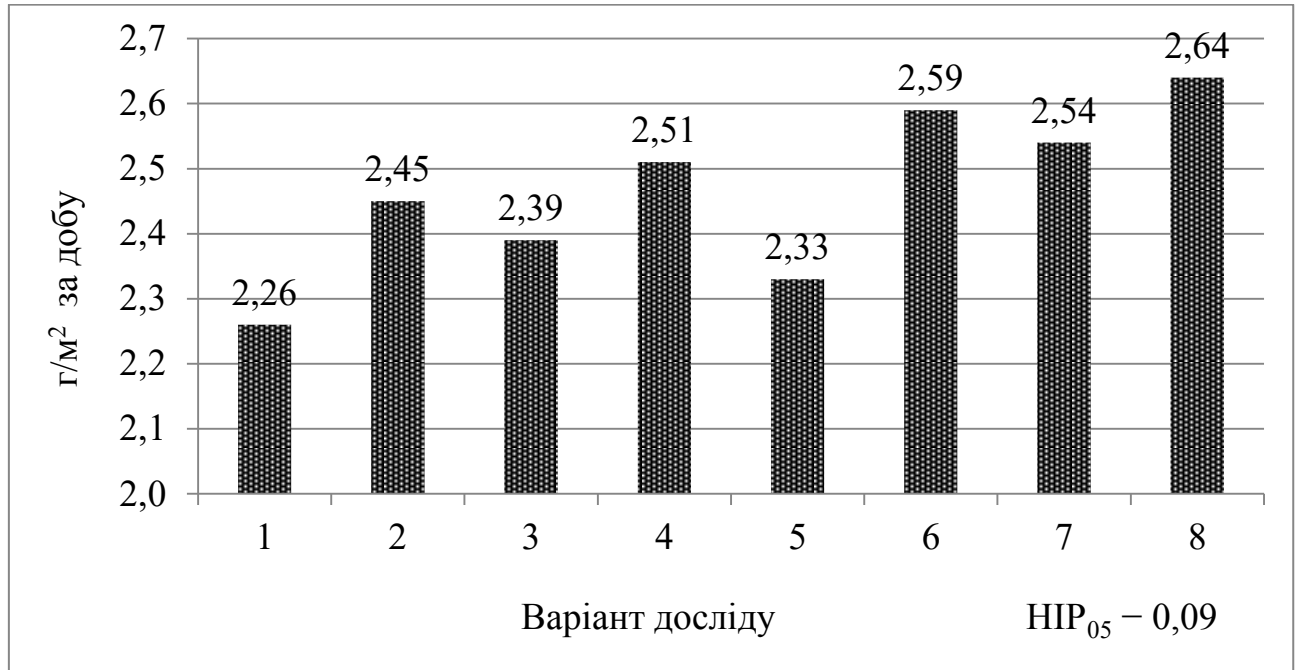


Рис. 3.3. Чиста продуктивність фотосинтезу посівів чини посівної за використання БП Біонеостим та РРР Вермистим Д, г/м² за добу (2024 р., фаза бутонізації-цвітіння)

1. Без застосування препаратів (контроль); 2. БП Біонеостим (1,0 л/т – обробка насіння) Фон І; 3. РРР Вермистим Д (7,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ; 4. БП Біонеостим Фон І + РРР Вермистим Д Фон ІІ (Фон ІІІ); 5. РРР Вермистим Д (8,0 л/га – обробка вегетуючих рослин); 6. Фон І + РРР Вермистим Д (8,0 л/га); 7. Фон ІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га); 8. Фон ІІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га).

Подібна залежність була відмічена і в 2023 та 2024 рр. (рис. 3.2, 3.3) досліджень, однак аналіз експериментальних даних засвідчує чітку залежність формування чистої продуктивності фотосинтезу від погодних умов, які у 2022 р. для рослин чини посівної були менш сприятливими за показниками вологості. Зокрема, найнижчу фотосинтетичну продуктивність посівів у контролі ($1,84 \text{ г/м}^2$ за добу) було відмічено у 2022 році при $2,01 \text{ г/м}^2$ за добу та $2,26 \text{ г/м}^2$ за добу у 2023 і 2024 рр. відповідно.

У середньому за роки досліджень (рис. 3.4), за обробки насіння сумішшю препаратів Біонеостим (1,0 л/т) з Вермистимом Д (7,0 л/т) чиста продуктивність фотосинтезу посівів перевищувала контроль на 11%.

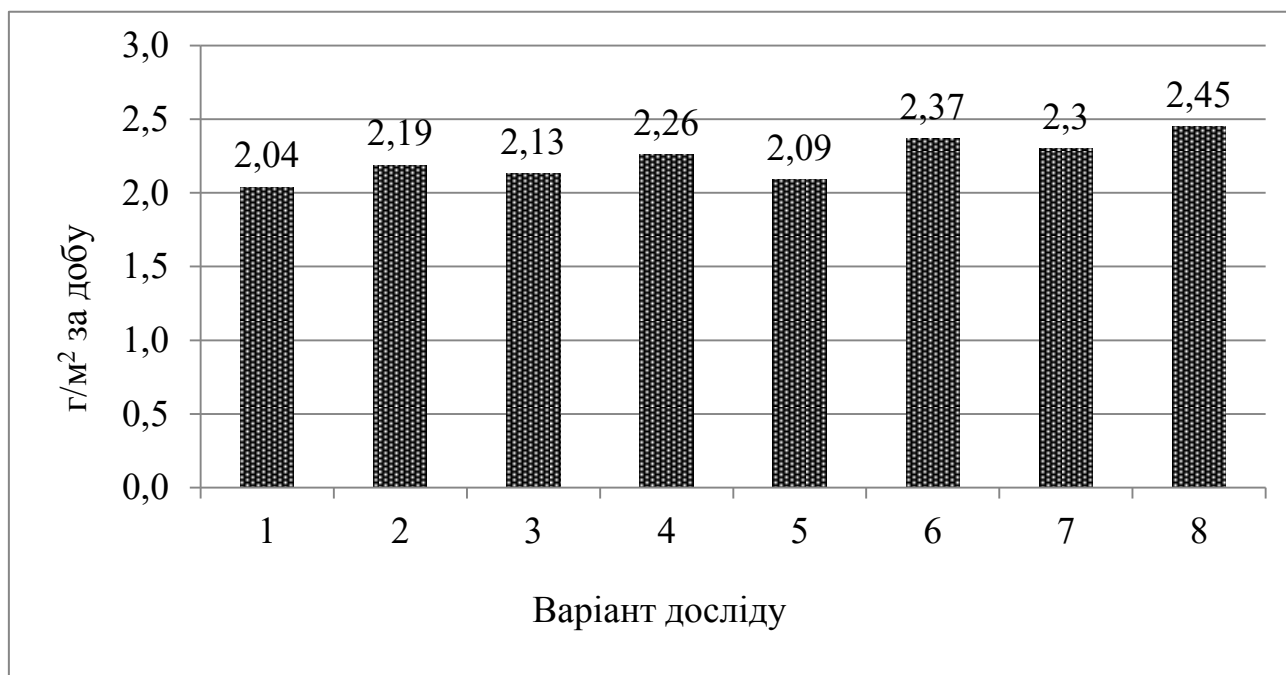


Рис. 3.4. Чиста продуктивність посівів чини посівної за використання біопрепарату Біонеостим та РРР Вермистим Д, г/м² за добу (середнє за 2022–2024 рр., фаза бутонізації–цвітіння)

1. Без застосування препаратів (контроль); 2. БП Біонеостим (1,0 л/т – обробка насіння) Фон І; 3. РРР Вермистим Д (7,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ; 4. БП Біонеостим Фон І + РРР Вермистим Д Фон ІІ (Фон ІІІ); 5. РРР Вермистим Д (8,0 л/га – обробка вегетуючих рослин); 6. Фон І + РРР Вермистим Д (8,0 л/га); 7. Фон ІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га); 8. Фон ІІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га).

Проте найвищий рівень фотосинтетичної продуктивності посівів формувався у варіанті Фон ІІІ + регулятор росту рослин Вермистим Д (8 л/га) і складав 2,45 г/м² за добу при 2,04 г/м² за добу в контролі. Одержані показники фотосинтетичної продуктивності посівів у даному варіанті дослідів узгоджуються з даними найвищої фізіолого-біохімічної активності посівів, встановленими нами у інших дослідженнях.

Таким чином, результати проведених досліджень свідчать про те, що передпосівна обробка насіння біопрепаратом Біонеостим із регулятором росту рослин Вермистим Д з наступним післясходовим внесенням

останнього забезпечує створення найбільш сприятливих умов для проходження в рослинах фізіолого-біохімічних процесів, у тому числі й фотосинтетичних, обумовлених безпосереднім впливом біопрепаратів на показник чистої продуктивності фотосинтезу культури. В середньому за роки досліджень у досліджуваній міжфазний період (бутонізації–цвітіння) розвитку чини посівної ЧПФ зростала на 20%.

Висновки до розділу 3:

1. Одержані дані досліджень свідчать про позитивний вплив комплексу БП + РРР на проходження в рослинах чини ростових процесів, які є наслідком, з одного боку, стимулювальної дії екзогенних фітогормонів, з іншого боку – покращення мінерального забезпечення рослинного організму за рахунок інтродукованих у ризосферу мікроорганізмів.
2. Одержаний матеріал з формування площі листків рослин чини посівної демонструє одержання в посівах найвищих показників за комплексного застосування препаратів – Біонеостим (1,0 л/т – обробка насіння) + Вермистим Д (7,0 л/т – обробка насіння) + Вермистим Д (8,0 л/га – обробка вегетуючих рослин), що є свідченням позитивного впливу вищенаведеної композицій препаратів на проходження обмінних та ростових процесів у рослинах.
3. Біопрепарат Біонеостим та регулятор росту рослин Вермистим Д позитивно впливають на активізацію окремих ферментів класу оксидоредуктаз (каталази, пероксидази, поліфенолоксидази), що є наслідком інтенсифікації проходження в рослинах обмінних процесів, активними та безпосередніми учасниками яких у рослинному організмі є ферменти. Найвищий рівень активності ферментів у рослинах чини посівної простежується за комплексного застосування для обробки насіння перед сівбою біопрепарату Біонеостим у нормі 1,0 л/га з регулятором росту рослин Вермистим Д у нормі 7,0 л/т з наступним обприскуванням по даному фону посівів Вермистимом Д у нормі 8,0 л/га, що, на нашу думку, є наслідком

інтенсифікації рослинно-мікробних взаємодій та, як результат цього, підвищення рівня в рослинах чини ендогенних гормонів, які є активаторами росту.

4. Одержані дані стосовно вмісту фотосинтетичних пігментів (хлорофілів а і b та їх суми) у листках чини посівної свідчать, що передпосівна обробка насіння біопрепаратом Біонеостим із регулятором росту рослин Вермистимом Д та наступним післясходовим внесенням останнього забезпечує створення найбільш сприятливих умов для проходження в рослинах фізіолого-біохімічних процесів, у тому числі й фотосинтетичних, обумовлених безпосередньою стимулювальною дією біопрепаратів на функціонування пігментного комплексу литкового апарату культури. В середньому за роки досліджень у досліджуваній фазі розвитку чини посівної спостерігалось зростання вмісту у листках пігментів. Зокрема, хлорофілу а, b та їх суми, що в середньому перевищувало контроль на 19–58% – для хлорофілу а, 23–60% – для хлорофілу b, 21–58% – для суми $a+b$.

5. Результати проведених досліджень свідчать про те, що передпосівна обробка насіння біопрепаратом Біонеостим із регулятором росту рослин Вермистимом Д з наступним післясходовим внесенням останнього забезпечує створення найбільш сприятливих умов для проходження в рослинах фізіолого-біохімічних процесів, у тому числі й фотосинтетичних, обумовлених безпосереднім впливом біопрепаратів на показник чистої продуктивності фотосинтезу культури. В середньому за роки досліджень у досліджуваній міжфазний період (бутонізації–цвітіння) розвитку чини посівної спостерігалось зростання чистої продуктивності фотосинтезу, що в середньому перевищувало контроль на 20%.

Матеріали розділу 3 опубліковано та апробовано в працях [287–289].

1. Тодосійчук О. В. Вміст хлорофілу й чиста продуктивність фотосинтезу чини посівної за дії біологічних препаратів. Вісник Уманського НУС. 2024. № 2. С. 7–12. DOI: [10.32782/2310-0478-2024-2-7-12](https://doi.org/10.32782/2310-0478-2024-2-7-12)

2. Тодосійчук О. В. Фотосинтетична продуктивність посівів чини посівної за дії біологічних препаратів. The 2nd International scientific and practical conference “Current trends in scientific research development” (September 19-21, 2024) BoScience Publisher, Boston, USA. 2024. P. 22–26.

3. Тодосійчук О. В. Вплив біологічних препаратів на ростові процеси чини посівної. The 16th International Scientific and Practical Internet conference “Modern Movement of Science” (October 14-15), Dnipro, Ukraine. 2024. P. 394–395.

РОЗДІЛ 4

ФУНКЦІОНУВАННЯ МІКРОБІОТИ РИЗОСФЕРИ ЧИНИ ПОСІВНОЇ ЗА ДІЇ БІОПРЕПАРАТУ БІОНЕОСТИМ І РЕГУЛЯТОРА РОСТУ РОСЛИН ВЕРМИСТИМ Д

4.1. Загальна чисельність мікроорганізмів та мікроміцетів

Ґрунт, як основа біогеоценозу, знаходиться під впливом різного за часом, інтенсивністю, масштабом антропогенного навантаження, яке, в свою чергу, порушує нормальний перебіг ґрунтових процесів, що призводять до значних змін у функціонуванні мікробного угруповання. Кількісний та якісний склад ґрунтової мікробіоти віддзеркалює ступінь антропогенного навантаження, тому використовується як діагностичний показник при оцінці екологічного стану ґрунтів сільськогосподарського призначення [220, 225, 260].

Застосування біологічно активних речовин у посівах сільськогосподарських культур є важливою складовою елементів технологій їх вирощування. Загальновідомо, що різні препарати, впливаючи на рослини в межах агроценозів, здійснюють прямий чи опосередкований вплив на мікробіоту ґрунту [261–263]. Ризосферні мікроорганізми в значній мірі реагують на внесення у посівах біопрепаратів, оскільки знаходяться у залежності не лише від умов ґрунту, а й від біологічної активності самих рослин [253, 264].

Одним із показників, що дозволяє дати узагальнену оцінку стану ризосферної мікробіоти, є загальна чисельність мікроорганізмів та мікроміцетів. У результаті проведених досліджень було встановлено, що у 2022–2024 рр. чисельність бактерій та мікроміцетів у ризосфері чини посівної залежала від виду і способу внесення препаратів, їх комбінування, погодних умов та фаз розвитку культури (Додаток В, табл. В.1–В.4). Так, у фазі бутонізації при застосуванні для передпосівної обробки насіння

біопрепарату Біонеостим у нормі 1,0 л/т зумовлювало збільшення чисельності бактерій ризосфери чини у відношенні до контролю відповідно за роками на 40% (2022 р.); 29% (2023 р.) і 32% (2024 р.). За використання Біонеостиму з Вермистимом Д для обробки насіння чини посівної чисельність бактерій у ризосфері перевищувала контроль у 2023 р. на 36% та на 39% у 2024 р. (Додаток В, табл. В.1). Збільшення чисельності мікробіоти ризосфери чини посівної було також у варіанті за посходового внесення РРР Вермистиму Д у нормі 8,0 л/га на фоні обробки насіння перед сівбою БП Вермистимом Д у нормі 1,0 л/т, де перевищення до контролю складало у 2022 р. 52%. Найвища чисельність бактерій у фазі бутонізації була відмічена у варіанті Фон III + РРР Вермистим Д (8,0 л/га), де перевищення до контролю складало 57% відповідно у 2022 р., подібна тенденція спостерігалась в 2023 і 2024 рр.

Вочевидь, це обумовлено більш кращим виділенням у ризосферу більшої кількості ексудатів і формуванням додаткової площі кореневої системи для живлення мікроорганізмів внаслідок стимуляції ростових процесів з боку РРР та покращенням процесу азотного обміну завдяки життєдіяльності бактерій.

У середньому за роки досліджень у фазу бутонізації відзначено зростання чисельності ризосферних бактерій у порівнянні з контролем у варіантах із передпосівною обробкою БП Біонеостим (1,0 л/т) і РРР Вермистим Д (7,0 л/т) – на 33 і 28% та у варіанті з використанням суміші вищезазначених препаратів – на 39% (табл. 4.1). Посходове внесення Вермистиму Д по вищенаведених фонах I та II забезпечило перевищення відповідних показників контролю в середньому на 52 і 45%. У варіанті Фон III + РРР Вермистим Д (8,0 л/га) даний показник перевищував контроль на 59%.

Важливе значення у процесі кругообігу азоту відіграють безпосередні учасники амоніфікації та продукування біологічно активних речовин (амінокислот, ферментів, полісахаридів, вітамінів і т. д.) – міксоміцети, також

вони є найактивнішими учасниками трансформації рослинних залишків та формування гумусу [205, 265].

Таблиця 4.1

**Загальна чисельність мікробіоти ризосфери чини посівної за дії БП
Біонеостим і РРР Вермистим Д
(фаза бутонізації, середнє за 2022–2024 рр.)**

Варіант досліджу	Бактерії		Мікроміцети	
	тис. КУО в 1 г грунту	% до контролю	тис. КУО в 1 г грунту	% до контролю
Без застосування препаратів (контроль)	767	100	234	100
БП Біонеостим (1,0 л/т – обробка насіння) Фон І	1022	133	267	114
РРР Вермистим Д (7,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	981	128	258	110
БП Біонеостим Фон І + РРР Вермистим Д Фон ІІ (Фон ІІІ)	1066	139	276	118
РРР Вермистим Д (8,0 л/га – обробка вегетуючих рослин)	896	117	248	106
Фон І + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	1169	152	296	126
Фон ІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	1108	145	284	121
Фон ІІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	1218	159	312	133
<i>НІР₀₅</i> [*]	24–43		8–13	

Примітка: ^{*} – наведено максимальні і мінімальні значення за роки досліджень.

Аналіз експериментальних даних з визначення загальної кількості мікроміцетів показав, що у варіантах з передпосівною обробкою насіння чини посівної (фон І, ІІ, ІІІ) чисельність мікроміцетів у фазу бутонізації зростала відносно контролю на 14; 10 та 18% відповідно. Посходове внесення РРР Вермистиму Д 8,0 л/га забезпечило зростання чисельності мікроміцетів на 6% відносно контролю.

Найактивніший розвиток мікроміцетів у ризосфері чини простежувався за посходового внесення РРР Вермистим Д 8,0 л/га на фоні передпосівної обробки насіння біопрепаратом із регулятором росту рослин, де зростання їх чисельності у фазу бутонізації до контролю складало 33% відповідно.

Зростання чисельності мікроміцетів у ризосфері чини посівної, на нашу думку, є наслідком створення оптимального середовища для розвитку даних груп мікроорганізмів завдяки зростанню розмірів кореневої системи та утворенню більшої кількості корневих залишків.

Дослідження чисельності бактерій та мікроміцетів у фазу цвітіння–утворення бобів показало, що в роки досліджень простежувалась подібна закономірність щодо розвитку мікроорганізмів, проте їх чисельність зростала у порівнянні з попереднім обліком (Додаток В, табл. В.3–В.4). Так, у фазі цвітіння–утворення бобів найвища чисельність ризосферних бактерій була відмічена у варіанті Фон III + РРР Вермистим Д (8,0 л/га), де перевищення у відношенні до контролю складало 31; 28; 41% відповідно для 2022, 2023, 2024 років та мікроміцетів – 38; 30; 46%.

У середньому за роки досліджень у фазі цвітіння–утворення бобів чини посівної за передпосівної обробки насіння біопрепаратом Біонеостим (1,0 л/т), регулятором росту рослин Вермистим Д (7,0 л/т) та їх сумішшю Біонеостим (1,0 л/т) + Вермистим Д (7,0 л/т) простежувалось зростання чисельності бактерій відносно контролю на 25; 20; 31%, мікроміцетів – на 17; 12; 22% відповідно до вищезгаданих варіантів досліду (табл. 4.2). Посходове внесення Вермистиму Д 8,0 л/га забезпечило перевищення контрольних показників у дану фазу за чисельністю бактерій на 16%, мікроміцетів – на 7%.

Найактивніше досліджувані групи мікроорганізмів у фазу цвітіння–утворення бобів розвивались у варіанті обробки насіння сумішшю біопрепарату Біонеостим із регулятором росту рослин Вермистим Д за наступного внесення по сходах культури РРР Вермистим Д, де чисельність бактерій відносно контролю зростала на 53%, мікроміцетів – 39%.

Таблиця 4.2

**Загальна чисельність мікробіоти ризосфери чини посівної за дії БП
Біонеостим і РРР Вермистим Д
(фаза цвітіння–утворення бобів, середнє за 2022–2024 рр.)**

Варіант досліджу	Бактерії		Мікроміцети	
	тис. КУО в 1 г грунту	% до контролю	тис. КУО в 1 г грунту	% до контролю
Без застосування препаратів (контроль)	899	100	267	100
БП Біонеостим (1,0 л/т – обробка насіння) Фон І	1121	125	312	117
РРР Вермистим Д (7,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	1081	120	300	112
БП Біонеостим Фон І + РРР Вермистим Д Фон ІІ (Фон ІІІ)	1179	131	326	122
РРР Вермистим Д (8,0 л/га – обробка вегетуючих рослин)	1042	116	287	107
Фон І + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	1265	141	349	131
Фон ІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	1206	134	334	125
Фон ІІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	1379	153	370	139
<i>НІР₀₅</i> [*]	20–31		10–14	

Примітка: ^{*} – наведено максимальні і мінімальні значення за роки досліджень.

Одержаний експериментальний матеріал дає підставу зробити висновки, що чисельність ризосферної ґрунтової мікробіоти у посівах чини посівної змінюється залежно від застосовуваних препаратів, погодніх умов та фаз розвитку культури. Проте найактивніший розвиток ґрунтових мікроорганізмів у ризосфері чини простежується у варіантах із комплексним застосуванням РРР Вермистим Д 8,0 л/га по фоні передпосівної обробки насіння БП Біонеостим (1,0 л/т) разом із РРР Вермистим Д (7,0 л/т), де перевищення до контролю у середньому за роками та фазами розвитку складало 53–59% – для бактерій, 33–39% – мікроміцетів.

4.2. Симбіотичний апарат чини посівної та азотфіксувальні мікроорганізми роду *Azotobacter*

Зернобобові культури, серед яких упродовж останніх років набирає популярності чина посівна, є не лише цінним джерелом амінокислот і рослинного білка, а й важливим складником функціонування бобово-ризобіального симбіозу, завдяки якому зв'язуються значні кількості атмосферного азоту та покращуються фізико-хімічні показники ґрунту [266, 267].

Забезпечення рослин біологічним азотом відноситься до важливих і достатньо гострих проблем сучасного землеробства. Негативний вплив на азотфіксувальну здатність мікробіоти ґрунтів внаслідок дії різноманітних чинників (пестициди, нестача органічних сполук тощо) ускладнює процес утворення продуктивних азотфіксувальних симбіозів мікроорганізмів у зоні кореневої системи, навіть у ризосфері бобових культур. Ефективна взаємодія азотфіксувальних бактерій та рослин забезпечує фіксацію атмосферного азоту, продукування біологічно активних сполук, за дії яких покращується живлення рослин, підвищується їх продуктивність, поліпшується якість сільськогосподарської продукції [152, 268]. У зв'язку з цим, важливого практичного та екологічного значення в сільському господарстві набуває біологічна азотфіксація атмосферного азоту і трансформація його в легкодоступні форми, яка реалізується за рахунок симбіозу бобових рослин із бульбочковими бактеріями.

Облік зміни кількості бульбочок та їх маси засвідчив залежність формування симбіотичного апарату рослин чини посівної від роздільного та комплексного використання біопрепарату Біонеостим і регулятора росту рослин Вермистим Д (табл. 4.3).

У контрольному варіанті кількість спонтанних бульбочок на кореневій системі чини у фазі бутонізації становила у 2022 р. 5 шт./рослину, у 2023 р. –

6 шт./рослину, у 2024 р. – 9 шт./рослину, їх маса – 8,4; 7,9 і 8,8 мг/рослину відповідно.

Таблиця 4.3

Формування кількості і маси бульбочок на кореневій системі чини посівної за використання БП Біонеостим та РРР Вермистим Д (фаза бутонізації)

Варіант досліджу	2022 р.	2023 р.	2024 р.	Середнє за три роки
Без застосування препаратів (контроль)	5 / 8,4*	6 / 7,9	9 / 8,8	7 / 8,4
БП Біонеостим (1,0 л/т – обробка насіння) Фон І	9 / 10,7	8 / 10,5	12 / 10,3	10 / 10,5
РРР Вермистим Д (7,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	6 / 9,8	7 / 8,8	11 / 9,6	8 / 9,4
БП Біонеостим Фон І + РРР Вермистим Д Фон ІІ (Фон ІІІ)	16 / 26,3	18 / 25,3	20 / 31,9	18 / 27,8
РРР Вермистим Д (8,0 л/га – обробка вегетуючих рослин)	5 / 8,8	7 / 8,5	9 / 9,0	7 / 8,8
Фон І + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	19 / 32,1	25 / 34,6	26 / 36,1	23 / 34,3
Фон ІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	17 / 28,5	22 / 29,8	21 / 36,5	20 / 31,6
Фон ІІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	22 / 35,9	27 / 35,7	29 / 38,3	26 / 36,6
<i>НІР₀₅</i>	0,6 / 1,4	0,8 / 1,1	1,0 / 1,0	

*Примітка: * – до rischi – кількість бульбочок, шт./рослину; після rischi – маса бульбочок, мг/рослину.*

У 2022 р. на фоні передпосівної обробки насіння Вермистимом Д та обприскування ним же вегетативної маси рослин відмічено збільшення кількості бульбочок у порівнянні з контролем у фазі бутонізації чини посівної на 12 шт./рослину, їх маси – 20,1 мг/рослину.

Одержані експериментальні дані за передпосівної обробки насіння біопрепаратом (фон І) засвідчили зростання кількості бульбочок на коренях чини посівної у порівнянні з контролем у фазі бутонізації на 4 шт./рослину, їх маси – 2,3 мг/рослину.

Найвищі кількісно-вагові показники бобово-ризобіального апарату чини посівної формувались у варіанті досліду із застосуванням регулятора росту рослин Вермистим Д 8,0 л/га, внесеного на фоні передпосівної обробки насіння сумішшю біопрепарату і Вермистиму Д. Таке поєднання біопрепаратів забезпечило збільшення числа бульбочок у фазі бутонізації чини у 2022 р. на 17 шт./рослину, їх маси – 27,5 мг/рослину відносно контролю.

У 2023 та 2024 рр. були відмічені подібні залежності у формуванні симбіотичного апарату чини посівної за дії Біонеостиму та Вермистиму Д, що й у 2022 р., де найвищі показники формування симбіотичного апарату спостерігались у варіанті з передпосівною обробкою насіння сумішшю біопрепарату і регулятора росту рослин з наступним внесенням останнього.

У середньому за роки досліджень за обприскування чини посівної Вермистимом Д спонтанне наростання бульбочок у фазі бутонізації на кореневій системі було на рівні контрольного варіанту, а їх маса перевищувала контроль на 0,4 мг/рослину. Комплексне застосування Вермистиму Д (обробка насіння перед сівбою та посівів) забезпечило формування спонтанного симбіотичного апарату більшого у відношенні до контролю на 13 шт./рослину і 23,2 мг/рослину. Водночас, за передпосівної обробки насіння біопрепаратом Біонеостим з посходовим застосування Вермистиму Д показники кількості та маси бульбочок перевищили контроль у фазі бутонізації на 16 шт./рослину і 25,9 мг/рослину відповідно. Найвищі показники формування симбіотичного апарату спостерігались у варіанті з передпосівною обробкою насіння сумішшю біопрепарату і регулятора росту рослин Вермистим Д з наступним внесенням останнього під час вегетації культури (8,0 л/га), де кількість бульбочок у фазі бутонізації перевищувала контроль на 19 шт./рослину, їх маса – на 28,2 мг/рослину.

Формування симбіотичного апарату чини посівної залежало не лише від застосовуваних препаратів, а й від фази розвитку культури. Так, у варіантах досліду із застосуванням досліджуваних препаратів кількість і маса

бульбочок на кореневій системі чини у фазу цвітіння—утворення бобів зросла в порівнянні до фази бутонізації (табл. 4.4).

У 2022 р. за передпосівної обробки насіння Біонеостимом кількість та маса бульбочок перевищували показники контрольного варіанту на 5 шт./рослину та 91,2 мг/рослину, регулятором росту рослин – 1 шт./рослину та 12,8 мг/рослину відповідно. Комплексне застосування Вермистиму Д (обробка насіння перед сівбою та посівів) забезпечило формування вищих досліджуваних показників, де перевищення контролю складало 19 шт./рослину та 145,7 мг/рослину відповідно.

У варіанті із застосуванням біопрепарату для обробки насіння з наступним післясходовим внесенням регулятора росту рослин кількість і маса бульбочок зростали у порівнянні з контролем на 23 шт./рослину та 186,0 мг/рослину, водночас у варіанті з використанням цих же препаратів для обробки насіння з наступним обприскуванням посівів Вермистимом Д – 25 шт./рослину та 222,2 мг/рослину відповідно.

Аналогічна залежність із формуванням кількості і маси бульбочок у посівах чини посівної простежувалася і в 2023 та 2024 роках. Так, за результатами досліджень у 2023 році за використання Вермистиму Д для обробки посівів кількість бульбочок перевищувала контроль на 1 шт./рослину, їх маса – 3,9 мг/рослину. Комплексне застосування Вермистиму Д (обробка насіння перед сівбою та посівів) забезпечило зростання вищезазначених показників відносно контролю на 19 шт./рослину і 140,7 мг/рослину відповідно. Обробка насіння сумішшю біопрепарату з регулятором росту рослин зумовила активізацію розвитку бульбочкових бактерій на кореневій системі чини за їх кількістю відносно контролю на 17 шт./рослину і 120,8 мг/рослину відповідно.

Проте найвищі показники були відзначені за посходового внесення Вермистиму Д по фоні комплексного використання мікробного препарату із регулятором росту рослин, де досліджувані показники перевищували варіант без застосування препаратів на 21 шт./рослину і 199,7 мг/рослину.

Таблиця 4.4

Формування кількості і маси бульбочок на кореневій системі чини посівної за використання БП Біонеостим та РРР Вермистим Д (фаза цвітіння–утворення бобів)

Варіант досліджу	2022 р.	2023 р.	2024 р.	Середнє за три роки
Без застосування препаратів (контроль)	10 / 79,2*	13 / 85,4	14 / 70,1	12 / 78,2
БП Біонеостим (1,0 л/т – обробка насіння) Фон І	15 / 170,4	15 / 180,4	17 / 105,2	16 / 152,0
РРР Вермистим Д (7,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	11 / 92,0	15 / 96,8	16 / 102,9	14 / 97,2
БП Біонеостим Фон І + РРР Вермистим Д Фон ІІ (Фон ІІІ)	28 / 194,3	30 / 206,2	25 / 260,0	28 / 220,2
РРР Вермистим Д (8,0 л/га – обробка вегетуючих рослин)	11 / 85,1	14 / 89,3	15 / 92,1	13 / 88,8
Фон І + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	33 / 265,2	34 / 231,4	33 / 308,5	33 / 268,4
Фон ІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	29 / 224,9	32 / 226,1	27 / 272,3	29 / 241,1
Фон ІІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	35 / 301,4	34 / 285,1	38 / 331,7	36 / 306,1
<i>НІР₀₅</i>	1,2 / 17,5	0,9 / 13,9	1,0 / 21,3	

*Примітка: * – до rischi – кількість бульбочок, шт./рослину; після rischi – маса бульбочок, мг/рослину.*

У 2024 р. за самостійної дії біопрепарату (1,0 л/т) чисельність бульбочок перевищувала контроль на 3 шт./рослину, їх маса – на 35,1 мг/рослину, за самостійної дії регулятора росту рослин (7,0 л/т) – на 2 шт./рослину та 32,8 мг/рослину відповідно. У варіанті сумісного застосування біопрепарату і регулятора росту рослин збільшення кількості та маси бульбочок на коренях рослин чини посівної відносно контролю складало на 11 шт./рослину та 189,9 мг/рослину відповідно. Найвищі кількісно-вагові показники формування симбіотичного апарату на коренях чини у 2024 році були відмічені за комплексного використання Біонеостиму із Вермистимом Д для передпосівного обробітку насіння та з внесенням по

даному фону Вермистиму Д, що забезпечило наростання кількості та маси бульбочок на коренях чини посівної відносно контролю на 24 шт./рослину та 261,6 мг/рослину.

Серед ризосферних мікроорганізмів нині виявлено більше 60 видів вільноживучих азотфіксаторів, у тому числі й бактерії роду *Azotobacter*. Вони зв'язують молекулярний азот і трансформують його у форми доступні для інших мікроорганізмів і рослин [269, 270].

Результатами наших досліджень встановлено, що залежно від виду, способу внесення препаратів, їх комбінування та фаз розвитку культури у ризосфері чини посівної простежувались зміни в чисельності асоціативних азотфіксувальних мікроорганізмів роду *Azotobacter*. Так, аналіз одержаних результатів зміни в чисельності асоціативних азотфіксувальних мікроорганізмів роду *Azotobacter* (Додаток Д, табл. Д.1–Д.2) засвідчив, що у 2022 р. у фазі бутонізації на фоні передпосівної обробки насіння Вермистимом Д та обприскування ним же по фону II вегетуючих рослин відмічено перевищення до контролю на 2 і 5 шт. оброслих колоніями грудочок ґрунту, а за комплексної передпосівної обробки насіння біопрепаратом Біонеостим (1,0 л/т) та РРР Вермистимом Д (8,0 л/га) відмічено зростання чисельності бактерій роду *Azotobacter* у порівнянні з контролем у фазі бутонізації на 7 шт. оброслих колоніями грудочок ґрунту. Комплексне використання Біонеостиму із Вермистимом Д для передпосівного обробітку насіння та з внесенням по даному фону Вермистиму Д забезпечило зростання чисельності бактерій роду *Azotobacter* у порівнянні з контролем теж на 7 шт. оброслих колоніями грудочок ґрунту.

У 2023 р. були відмічені подібні залежності у кількості оброслих грудочок ґрунту ризосфери чини посівної за дії БП і РРР бактеріями роду *Azotobacter*, що й у 2022 р. Так, за обприскування чини Вермистимом Д даний показник у фазі бутонізації був на рівні контрольного варіанту – 46 шт. оброслих колоніями грудочок ґрунту. За комплексного застосування Вермистиму Д (обробка насіння перед сівбою та посівів) кількість оброслих

грудочок перевищувала контроль на 3 шт. Водночас, за передпосівної обробки насіння біопрепаратом Біонеостим даний показник перевищував контроль у фазі бутонізації на 2 шт. оброслих колоніями грудочок ґрунту. У варіанті з передпосівною обробкою насіння біопрепаратом і регулятора росту рослин Вермистим Д з наступним внесенням останнього під час вегетації культури (8,0 л/га) кількість оброслих грудочок ґрунту бактеріями роду *Azotobacter* складала 50 шт.

За результатами досліджень 2024 р. у фазі бутонізації чини посівної у варіантах з використанням Вермистиму Д для обробки посівів кількість оброслих грудочок ґрунту бактеріями роду *Azotobacter* була на рівні контролю, тоді як за передпосівної обробки насіння ним же – перевищення варіату без застосування препаратів становило 7%. Комплексне застосування Вермистиму Д (обробка насіння перед сівбою та посівів) забезпечило зростання вищеназваного показника до рівня 50 шт. оброслих колоніями грудочок ґрунту, аналогічні показники були відзначені за посходового внесення Вермистиму Д по фону комплексного використання біопрепарату із регулятором росту рослин, де досліджуваний показник становив 50 шт. оброслих колоніями грудочок ґрунту, що перевищувало контроль на 5 шт. оброслих колоніями грудочок ґрунту.

У фазі цвітіння–утворення бобів спотерігалась тенденція до незначного збільшення кількості оброслих грудочок ґрунту бактеріями роду *Azotobacter* в усіх варіантах досліді (Додаток Д, табл. Д.2). Так, у 2022 році у варіанті без застосування препаратів кількість оброслих грудочок була більшою на 2 шт. ніж у фазі бутонізації. За посходового внесення Вермистиму Д (8,0 л/га) даний показник був на рівні контролю. За передпосівної обробки насіння регулятором росту рослин даний показник перевищував контроль на 1 шт. оброслих колоніями грудочок ґрунту. Найвища кількість грудочок оброслих азотфіксувальними мікроорганізмами роду *Azotobacter* була відмічена за передпосівної обробки насіння БП і РРР та за посходового внесення

Вермистиму Д по їх фону, що становило 100% від загальної кількості грудочок.

Подібна залежність розвитку бактерій роду *Azotobacter* простежувалась у фазі цвітіння–утворення бобів у 2023 та 2024 роках. Так, у 2023 році у варіантах фон I, фон II та фон III перевищення до контролю за кількістю оброслих грудочок ґрунту становило 2; 1 і 2 шт. оброслих колоніями грудочок ґрунту. Найвища кількість грудочок, оброслих азотфіксувальними мікроорганізмами роду *Azotobacter*, у фазі цвітіння–утворення бобів була відмічена за передпосівної обробки насіння сумішшю БП і РРР з наступним посходовим внесенням Вермистиму Д по фонах I, III (100% від загальної кількості грудочок).

У 2024 році у фазі цвітіння–утворення бобів перевищення контролю за кількістю оброслих грудочок ґрунту азотфіксувальними мікроорганізмами роду *Azotobacter* складало 2 шт. у варіантах передпосівної обробки насіння (БП+РРР) та за обприскування посівів Вермистимом Д по фону II. Найвища кількість грудочок оброслих азотфіксувальними мікроорганізмами роду *Azotobacter* спостерігалась за передпосівної обробки насіння мікробним препаратом та за посходового внесення Вермистиму Д по фонах I, III (50 шт.).

У середньому за роки досліджень аналіз одержаних результатів зміни чисельності асоціативних азотфіксувальних мікроорганізмів роду *Azotobacter* у ризосфері чини посівної засвідчив, що за використання досліджуваних біологічних препаратів їх кількість збільшується (табл. 4.5). Проте за обприскування вегетуючих рослин Вермистимом Д кількість оброслих грудочок бактеріями роду *Azotobacter* у фазі бутонізації залишилась на рівні контролю (45 шт.). У варіанті із передпосівною обробкою насіння Вермистимом Д, біопрепаратом та їх сумішшю відмічено збільшення оброслих грудочок ґрунту відносно контролю на 2–4 штуки. Водночас за обприскування фону II регулятором росту рослин Вермистим Д кількість оброслих грудочок досягла 49 шт., що на 9% перевищувало контроль.

Таблиця 4.5

Чисельність азотфіксувальних бактерій роду *Azotobacter* (кількість оброслих колоніями грудочок ґрунту, шт.) в ризосфері чини посівної за використання БП Біонеостим та РРР Вермистим Д (середнє за 2022–2024 рр.)

Варіант досліджу	Фаза бутонізації	Фаза цвітіння–утворення бобів
Без застосування препаратів (контроль)	45	46
БП Біонеостим (1,0 л/т – обробка насіння) Фон І	48	47
РРР Вермистим Д (7,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	47	47
БП Біонеостим Фон І + РРР Вермистим Д Фон ІІ (Фон ІІІ)	49	49
РРР Вермистим Д (8,0 л/га – обробка вегетуючих рослин)	45	47
Фон І + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	50	50
Фон ІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	49	49
Фон ІІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	50	50
HI_{05}^*	0,9–1,6	0,8–1,2

Примітка: * – наведено максимальні і мінімальні значення за роки досліджень.

Найбільше оброслих грудочок ґрунту бактеріями роду *Azotobacter* було відмічено у варіанті Фон ІІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га), де їх кількість становила 50 шт. Вочевидь, це пов'язано з продукуванням більшої кількості корневих ексудатів, що мають безпосередній вплив на розвиток ризосферної мікробіоти, у тому числі й роду *Azotobacter*.

Подібна тенденція стосовно кількості азотфіксувальних бактерій роду *Azotobacter* в ризосфері чини посівної спостерігалась у фазі цвітіння–утворення бобів. Так, кількість оброслих колоніями грудочок бактеріями роду *Azotobacter* у дану фазу у варіанті без застосування препаратів в середньому за роки досліджень становила 46 шт. Максимальна кількість

оброслих грудочок ґрунту (100%) була відмічена у варіантах БП Біонеостим (1,0 л/т) + РРР Вермистим Д (7,0 л/т) за наступного обприскування посівів Вермистимом Д (8,0 л/т) по фонах І та ІІІ.

Таким чином, з наведеного експериментального матеріалу можна зробити висновки, що формування симбіотичного апарату чини посівної та чисельності в ризосфері бактерій роду *Azotobacter* залежало як від погодних умов, так і від комбінування досліджуваних препаратів. Найактивніше формування симбіотичного апарату та розвиток асоціативних азотфіксаторів відбувалось у варіанті досліді із передпосівною обробкою насіння сумішшю біопрепарату Біонеостим і регулятора росту рослин Вермистим Д з наступним внесенням Вермистиму Д по сходах, що в середньому за роки досліджень забезпечувало зростання кількості бульбочок залежно від фази розвитку культури на 19–24 шт./рослину та 28,2–227,9 мг/рослину, а кількість оброслих грудочок ґрунту бактеріями роду *Azotobacter* становила 100%.

4.3. Чисельність основних еколого-трофічних груп

Відомо що мікроорганізми займають надзвичайно важливе місце у відновленні родючості ґрунту, збереженні гомеостазу та підтриманні екологічної рівноваги ґрунтової екосистеми [225, 271, 272]. Проте, у зв'язку із зростанням обсягів використання у сільськогосподарському виробництві хімічних речовин, мікробні угруповання зазнають все більшого негативного впливу. Тому, вивчення структури і складу мікробних угруповань є фундаментальним завданням у з'ясуванні проблем спрямованості проходження біологічних процесів у ґрунті з метою біологізації технологій вирощування сільськогосподарських культур [212, 273–275].

У результаті виконаних досліджень з вивчення дії БП Біонеостим, внесених за різних способів застосування РРР Вермистим Д, на чисельність основних еколого-трофічних груп мікроорганізмів у ризосфері чини посівної,

встановлено залежність їх розвитку від комбінації препаратів, погодних умов та фізіологічних особливостей окремих груп бактерій (Додаток Е, табл. Е.1–Е.6). Так, у 2022 році в фазу бутонізації у варіантах, де використовували для передпосівної обробки насіння чини біопрепарат Біонеостим у нормі 1,0 л/т чисельність амоніфікувальних бактерій перевищувала контроль на 17% відповідно. Дещо вищою чисельність даних бактерій була у варіантах із сумісним використанням для передпосівної обробки насіння Біонеостиму з РРР Вермистим Д у нормі 7,0 л/т, зокрема чисельність амоніфікувальних бактерій у даному варіанті досліджу перевищувала контроль на 22%, а варіант з використанням лише Біонеостиму – на 4% (Додаток Е, табл. Е.1).

За використання РРР Вермистим Д у нормі 8,0 л/га на фоні дії Біонеостиму (1,0 л/т) чисельність амоніфікувальних бактерій збільшувалась у відношенні до варіанту із передпосівною обробкою насіння сумішшю біопрепаратів на 8 тис. клітин/г ґрунту та перевищувала чисельність бактерій відносно контролю на 29 тис. клітин/г ґрунту. Найвища чисельність досліджуваних бактерій спостерігалась за поєднання передпосівного обробітку насіння сумішшю Біонеостиму і Вермистиму Д з наступним обприскуванням вегетуючих рослин Вермистимом Д. Так, у варіанті Фон III + РРР Вермистим Д (8 л/га) чисельність амоніфікувальних мікроорганізмів перевищувала показники контролю на 41 тис. клітин/г ґрунту, а у порівнянні з варіантом БП Біонеостим Фон I + РРР Вермистим Д Фон II (Фон III) – на 20 тис. клітин/г ґрунту.

При дослідженні амоніфікувальних бактерій у 2022 р. у фазу цвітіння–утворення бобів чини посівної встановлено збільшення їх чисельності, проте спостерігалась аналогічна залежність розвитку цих мікроорганізмів від норм та способів внесення Біонеостиму і Вермистим Д (Додаток Е, табл. Е.2). Так, найбільша кількість амоніфікувальних бактерій була відмічена у варіантах із застосуванням для обробки насіння перед сівбою суміші Біонеостиму в нормі 1,0 л/т з Вермистимом Д у нормі 7,0 л/т з наступною обробкою посівів Вермистимом Д у нормі 8,0 л/га, що забезпечило перевищення показників

контролю на 67 тис. клітин/г ґрунту та проти варіанту з обробкою насіння перед сівбою сумішшю Біонеостиму з Вермистимом Д – на 30 тис. клітин/г ґрунту.

У 2023 та 2024 роках у фазах бутонізації та цвітіння–утворення бобів чини посівної спостерігалась подібна залежність щодо чисельності ризосферних амоніфікувальних бактерій.

У середньому за роками досліджень у фазу бутонізації у варіанті, де використовували для обробки насіння перед сівбою БП Біонеостим у нормі 1,0 л/т чисельність амоніфікувальних бактерій перевищувала контроль на 23%, а у фазу цвітіння–утворення бобів – на 27% відповідно (табл. 4.6, 4.7). Така ж залежність простежувалась за використання даної норми Біонеостиму у суміші із регулятором росту рослин Вермистим Д, де чисельність амоніфікувальних бактерій у даному варіанті досліджу перевищувала контроль на 30% у фазу бутонізації і на 32% – у фазу цвітіння–утворення бобів, а порівняно до варіантів окремої дії Біонеостиму – 5% та 4% відповідно фазам вегетації.

За використання РРР Вермистим Д у нормі 8,0 л/га на фоні дії Біонеостиму встановлено, що чисельність амоніфікувальних бактерій порівняно до варіанту БП Біонеостим Фон І + РРР Вермистим Д Фон ІІ (Фон ІІІ) підвищувалась на 9% у фазу бутонізації та – 10% у фазу цвітіння–утворення бобів, та на 41 і 44% проти контролю відповідно до варіанту та фаз розвитку культури. Найвища чисельність досліджуваних бактерій спостерігалась за поєднання передпосівного обробітку сумішшю Біонеостиму і Вермистиму Д та обприскуванням вегетуючих рослин Вермистимом Д. Так, у варіанті Фон ІІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га) чисельність амоніфікувальних мікроорганізмів перевищувала показники контролю у фазі бутонізації на 56 тис. клітин/г ґрунту, цвітіння–утворення бобів – 77 тис. клітин/г ґрунту, а порівняно з варіантом БП Біонеостим Фон І + РРР Вермистим Д Фон ІІ (Фон ІІІ) – на 17% та 19% відповідно.

Таблиця 4.6

Чисельність основних еколого-трофічних груп мікроорганізмів у ризосфері чини посівної за використання БП Біонеостим та РРР Вермистим Д (фаза бутонізації, середнє за 2022–2024 рр.)

Варіант досліджу	Амоніфікувальні, тис. клітин/г ґрунту	Нітрифікувальні мікроорганізми, тис. клітин/г ґрунту	Целюлозолітичні мікроорганізми, тис. клітин/г ґрунту
Без застосування препаратів (контроль)	108	23	141
БП Біонеостим (1,0 л/т – обробка насіння) Фон І	133	27	158
РРР Вермистим Д (7,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	126	25	153
БП Біонеостим Фон І + РРР Вермистим Д Фон ІІ (Фон ІІІ)	140	29	164
РРР Вермистим Д (8,0 л/га – обробка вегетуючих рослин)	119	24	147
Фон І + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	152	34	175
Фон ІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	146	30	167
Фон ІІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	164	37	188
<i>НІР₀₅</i> [*]	4,8–8,0	0,7–1,9	1,9–5,1

Примітка: ^{*} – наведено максимальні і мінімальні значення за роки досліджень.

Подібною була дія досліджуваних препаратів на ріст і розвиток у ризосфері чини посівної нітрифікувальних бактерій (Додаток Е, табл. Е.3, Е.4). Так, у середньому за 2022–2024 рр. досліджень за передпосівної обробки насіння чини біопрепаратом Біонеостим чисельність нітрифікувальних бактерій збільшувалася у фазу бутонізації на 19% та на 3–25% – у фазу цвітіння–утворення бобів (табл. 4.6, 4.7). За сумісного використання досліджуваних препаратів для передпосівної обробки насіння відмічено активніший ріст цих бактерій. Так, у фазу бутонізації за

використання суміші Біонеостиму (1,0 л/т) з Вермистимом Д (7,0 л/т) чисельність нітрифікувальних бактерій збільшилась на 25%, а у фазу цвітіння–утворення бобів – на 32%.

Таблиця 4.7

Чисельність основних еколого-трофічних груп мікроорганізмів у ризосфері чини посівної за використання БП Біонеостим та РРР Вермистим Д (фаза цвітіння–утворення бобів, середнє за 2022–2024 рр.)

Варіант досліджу	Амоніфіку- вальні, тис. клітин/г грунту	Нітрифіку- вальні мікро- організми, тис. клітин/г грунту	Целюлозо- літичні мікро- організми, тис. клітин/г грунту
Без застосування препаратів (контроль)	135	31	160
БП Біонеостим (1,0 л/т – обробка насіння) Фон І	171	39	188
РРР Вермистим Д (7,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	160	35	178
БП Біонеостим Фон І + РРР Вермистим Д Фон ІІ (Фон ІІІ)	178	41	196
РРР Вермистим Д (8,0 л/га – обробка вегетуючих рослин)	154	33	169
Фон І + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	195	46	215
Фон ІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	181	42	202
Фон ІІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	212	51	229
<i>НІР₀₅</i> [*]	6,4–10,2	0,9–2,1	3,2–5,1

Примітка: ^{*} – наведено максимальні і мінімальні значення за роки досліджень.

Однак найвищий результат було відмічено за передпосівної обробки насіння сумішшю препаратів Біонеостим у нормі 1,0 л/т і Вермистим Д у нормі 7,0 л/т з наступним обприскуванням посівів Вермистимом Д у нормі 8,0 л/га, де чисельність нітрифікувальних бактерій перевищила контроль на 62 і 66% відповідно до фаз вегетації.

Зростання чисельності окремих груп мікроорганізмів у ризосфері чини посівної за сумісного використання біологічних препаратів узгоджується з активним проходженням фізіологічних та біохімічних процесів у рослинах, завдяки яким збільшується надходження в ризосферу їх корневих виділень, що є живильним субстратом для мікробіоти.

Подібною була дія досліджуваних препаратів на ріст і розвиток у ризосфері чини посівної целюлозолітичних бактерій (Додаток Е, табл. Е.5, Е.6). Так, у середньому за 2022–2024 рр. досліджень за передпосівної обробки насіння чини посівної біопрепаратом Біонеостим чисельність целюлозолітичних бактерій збільшувалася у фазу бутонізації на 12% (табл. 4.6). За сумісного використання досліджуваних препаратів для передпосівної обробки насіння відмічено активніший ріст цих бактерій. Так, за використання суміші Біонеостиму (1,0 л/т) з Вермистимом Д (7,0 л/т) чисельність целюлозолітичних бактерій збільшилась на 16%. Однак найвищий результат було відмічено за передпосівної обробки насіння сумішшю препаратів Біонеостим у нормі 1,0 л/т і Вермистим Д у нормі 7,0 л/т з наступним обприскуванням посівів Вермистимом Д у нормі 8,0 л/га, де чисельність целюлозолітичних мікрорганізмів перевищила контроль на 33% відповідно.

Дослідження целюлозолітичних бактерій у фазу цвітіння–утворення бобів продемонструвало аналогічну залежність їх розвитку від норм та способів застосування препаратів, проте було відмічено збільшення кількості даних мікроорганізмів у порівнянні до обліку у фазу бутонізації чини посівної (табл. 4.7). Так, у середньому за роки досліджень за передпосівної обробки насіння чини БП Біонеостим (1,0 л/т) чисельність целюлозолітичних бактерій збільшувалася на 28 тис. клітин/г ґрунту. За використання суміші Біонеостиму з Вермистимом Д (7,0 л/т) чисельність целюлозолітичних бактерій збільшувалась на 36 тис. клітин/г ґрунту до контролю, але найвищу чисельність даних бактерій було відмічено за передпосівної обробки насіння сумішшю препаратів Біонеостим у нормі 1,0 л/т і Вермистимом Д у нормі 7,0

л/т з наступним обприскуванням посівів Вермистимом Д у нормі 8,0 л/га, що перевищувало контроль на 69 тис. клітин/г ґрунту.

Таким чином, можна констатувати позитивний вплив біопрепарату Біонеостим та регулятора росту рослин Вермистим Д на ріст і розвиток у ризосфері чини посівної амоніфікувальних, нітрифікувальних та целюлозолітичних мікроорганізмів у всі досліджувані фази розвитку культури. Найбільшу стимулювальну дію препаратів на розвиток ризосферної мікробіоти відмічено за сумісного використання для обробки насіння перед сівбою БП Біонеостим і РРР Вермистим Д з наступним обприскуванням вегетуючих рослин Вермистимом Д. Дана композиція забезпечила зростання в ризосфері чини посівної амоніфікувальних бактерій на 52–57%, нітрифікувальних – 62–66%, целюлозолітичних – 33–43%.

Висновки до розділу 4:

1. Використання біопрепарату Біонеостим окремо і в поєднанні з регулятором росту рослин Вермистим Д сприяє більш активному (у порівнянні з контролем) розвитку ризосферної ґрунтової мікробіоти чини посівної. Проте найактивніший розвиток ґрунтових мікроорганізмів у ризосфері чини простежується у варіантах із комплексним застосуванням РРР Вермистим Д 8,0 л/га по фоні передпосівної обробки насіння БП Біонеостим (1,0 л/т) разом із РРР Вермистим Д (7,0 л/т), де перевищення до контролю у середньому за роками та фазами розвитку складало 53–59% – для бактерій, 33–39% – мікроміцетів.
2. Формування симбіотичного апарату чини посівної та чисельності в ризосфері бактерій роду *Azotobacter* залежало як від погодних умов, так і від комбінування досліджуваних препаратів. Найактивніше формування симбіотичного апарату та розвиток асоціативних азотфіксаторів відбувалось у варіанті досліду із передпосівною обробкою насіння сумішшю біопрепарату Біонеостим і регулятора росту рослин Вермистим Д з наступним внесенням Вермистиму Д по сходах, що в середньому за роки досліджень забезпечувало зростання кількості бульбочок залежно від фази

розвитку культури на 19–24 шт./рослину та 28,2–227,9 мг/рослину, а кількість оброслих грудочок ґрунту бактеріями роду *Azotobacter* становила 100%.

3. Біопрепарат Біонеостим та регулятор росту рослин Вермистим Д мали позитивний вплив на ріст і розвиток у ризосфері чини посівної амоніфікувальних, нітрифікувальних та целюлозолітичних мікроорганізмів у всі досліджувані фази розвитку культури. Найбільшу стимулювальну дію препаратів на розвиток ризосферної мікробіоти відмічено за сумісного використання для обробки насіння перед сівбою БП Біонеостим і РРР Вермистим Д з наступним обприскуванням вегетуючих рослин Вермистимом Д. Дана композиція забезпечила зростання в ризосфері чини посівної амоніфікувальних бактерій на 52–57%, нітрифікувальних – 62–66%, целюлозолітичних – 33–43%.

Матеріали розділу 4 опубліковано та апробовано в працях [290, 291].

1. Тодосійчук О. В. Симбіотичний апарат рослин чини посівної за дії біопрепарату і регулятора росту рослин. Збірник наукових праць Уманського НУС. 2024. Вип. 105. Ч. 1. С. 30–37. DOI: 10.32782/2415-8240-2024-105-1-30-37

2. Тодосійчук О. В. Кількість і маса бульбочок кореневої системи чини посівної за дії біологічних препаратів. The 9th International scientific and practical conference “Perspectives of contemporary science: theory and practice” (October 14-16, 2024) SPC “Sci-conf.com.ua”, Lviv, Ukraine. 2024. P. 70–73.

РОЗДІЛ 5

УРОЖАЙНІСТЬ, ЯКІСТЬ ЗЕРНА, ЕКОНОМІЧНА Й ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ БІОПРЕПАРАТУ БІОНЕОСТИМ І РЕГУЛЯТОРА РОСТУ РОСЛИН ВЕРМИСТИМ Д У ПОСІВАХ ЧИНИ ПОСІВНОЇ

5.1. Урожайність і якість зерна

Нині вирішення проблеми підвищення урожайності і якості зерна бобових культур та збільшення надходження рослинного білка в харчуванні людей неможливе без впровадження нових зернобобових культур. Однак, в структурі посівних площ України на їх частку припадає невеликий відсоток у порівнянні з вирощуванням решти зернових культур, що обумовлено нижчою їх урожайністю та неудосконаленими технологіями вирощування [190, 204, 276].

В сучасний період розвитку агропромислового виробництва однією з головних умов збільшення валових зборів та підвищення врожайності бобових культур є постійне удосконалення технологічних елементів вирощування відповідно до морфобіологічних особливостей сортів та факторів довкілля. Пріоритетного значення набувають також питання поліпшення якості зерна та насіння зернобобових культур, у тому числі й чини посівної [2, 176, 277].

Зважаючи на стрімке використання різних бобових культур в харчовій галузі, актуальною є проблема розробки технологій їх вирощування з мінімальним негативним впливом на навколишнє середовище та здоров'я людини, що може бути реалізовано шляхом впровадження у технології вирощування сучасних біологічних препаратів і регуляторів росту рослин природнього походження. Дані препарати підвищують імунізаційні властивості рослин, їх стійкість до стресових чинників абіотичного і

біотичного походження за зниженої негативної дії високотоксичних хімічних засобів захисту [50, 278].

Низкою досліджень доведено [44, 101, 205, 279, 280], що сучасні біологічні препарати із рістрегулювальними властивостями значно підвищують продуктивність посівів і якість урожаю сільськогосподарських культур: приріст урожаю може становити 15–23%, вміст білка у зерні зростає на 1–6%, натури – 1–4%.

У результаті аналізу одержаних нами даних (табл. 5.1) встановлено, що урожайність чини посівної формувалась залежно від погодних умов та комбінування досліджуваних препаратів.

Таблиця 5.1

**Урожайність зерна чини посівної сорту Іволга за використання БП
Біонеостим та РРР Вермистим Д, т/га**

Варіант досліджу	2022 р.	2023 р.	2024 р.	Середнє за три роки
Без застосування препаратів (контроль)	2,48	2,71	3,09	2,76
БП Біонеостим (1,0 л/т – обробка насіння) Фон І	2,59	2,87	3,20	2,89
РРР Вермистим Д (7,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	2,53	2,80	3,16	2,83
БП Біонеостим Фон І + РРР Вермистим Д Фон ІІ (Фон ІІІ)	2,64	2,91	3,26	2,94
РРР Вермистим Д (8,0 л/га – обробка вегетуючих рослин)	2,50	2,76	3,14	2,80
Фон І + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	2,72	3,01	3,36	3,03
Фон ІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	2,66	2,95	3,29	2,97
Фон ІІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	2,94	3,27	3,61	3,27
<i>НІР₀₅</i>	0,10	0,08	0,07	

Так, за використання БП Біонеостим у нормі 1,0 л/т для обробки насіння чини посівної перед сівбою окремо та у комплексі з РРР Вермистим Д найвища врожайність культури у варіантах дослідів формувалася у 2024 році, а найнижча – у 2022 році, що узгоджується з метеорологічними даними цього року щодо нестачі вологи, що наклало свій відбиток на формування продуктивності культури.

За обробки насіння перед сівбою біопрепаратом Біонеостим у нормі 1,0 л/т перевищення врожайності зерна чини у відношенні до контролю у 2022 р. складало 4% відповідно.

Значно вища врожайність спостерігалась у варіанті дослідів із обробкою насіння перед сівбою сумішшю препаратів Біонеостим у нормі 1,0 л/т і Вермистим Д у нормі 7,0 л/т. Так, урожайність чини посівної у даному варіанті дослідів на 0,16 т/га перевищувала показник у контролі. Очевидно, комплексне використання біопрепаратів для передпосівної обробки насіння забезпечувало покращення розвитку як надземної біомаси, так і кореневої системи рослин, що в свою чергу, сприяло зростанню колонізаційної ризосферної поверхні мікроорганізмами, а отже, відбувалося покращення мінерального забезпечення рослинного організму, що є важливою умовою формування врожаю [212, 281].

За обприскування посівів чини Вермистимом Д 8,0 л/га на фоні обробки насіння Біонеостимом приріст зерна у відношенні до контролю складав 0,24 т/га, а у відношенні до варіанту з комплексною обробкою насіння Біонеостимом і Вермистимом Д перед сівбою він підвищувався на 0,08 т/га відповідно.

Аналізуючи результати варіанту дослідів з використанням Біонеостиму 1,0 л/т та Вермистиму Д 7,0 л/т для обробки насіння перед сівбою з наступною обробкою посівів Вермистимом Д у нормі 8,0 л/га, необхідно зазначити, що приріст зерна чини посівної зріс у відношенні до контролю на 0,46 т/га відповідно, а у відношенні того ж варіанту, але без обробки вегетуючих рослин Вермистимом Д – на 0,30 т/га за НІР₀₅ 0,10 т/га.

Подібна залежність з впливу досліджуваних препаратів на урожайність чини посівної простежувалась і в 2023 і 2024 роках. Проте як і в 2022 р. найвищі приростки зерна відносно контролю було відмічено у варіантах досліду з Біонеостимом у нормі 1,0 л/т та Вермистим Д 7,0 л/т, використаними для обробки насіння перед сівбою, з наступною обробкою посівів Вермистимом Д у нормі 8,0 л/га.

У середньому за три роки досліджень ці ж варіанти досліду також забезпечили найвищі показники врожайності. Так, у варіанті без застосування препаратів (контроль) урожайність чини посівної сформувалась на рівні 2,76 т/га, за передпосівної обробки насіння регулятором росту рослин Вермистим Д урожайність перевищувала контроль на 3%, мікробним препаратом Біонеостим – 5%, їх сумішшю – 7%. Обприскування посівів Вермистимом Д забезпечило перевищення контролю за урожайністю лише на 1%. Комплексне застосування Вермистиму Д (обробка насіння перед сівбою та посівів) забезпечило формування урожайності культури на рівні 2,97 т/га, що перевищувало контрольний варіант на 8%. Водночас, за передпосівної обробки насіння біопрепаратом Біонеостим з посходовим застосування Вермистиму Д показники урожайності перевищили контроль на 10% відповідно. Найвищі показники урожайності були отримані нами у варіанті з передпосівною обробкою насіння сумішшю біопрепарату Біонеостим (1,0 л/т) і регулятора росту рослин Вермистим Д (7,0 л/т) з наступним внесенням останнього під час вегетації культури (8,0 л/га), де перевищення до контролю складало 18%.

Одержані експериментальні дані щодо врожайності чини посівної узгоджуються із нашими дослідженнями стосовно проходження біологічних процесів у рослинах і ґрунті та засвідчують, що підвищення продуктивності посівів культури є, з одного боку, наслідком активізації функціонування симбіотичної системи з одночасним посиленням проходження основних мікробних процесів у ґрунті за сумісної обробки насіння біопрепаратом

Біонеостим з регулятором росту рослин Вермистим Д із наступним післясходовим внесенням останнього.

Біопрепарати та регулятори росту рослин належать до сполук з відносно складним впливом на рослини впродовж вегетації [101, 282]. Тому, при вивченні дії біопрепарату Біонеостим та регулятора росту рослин Вермистим Д на фізіолого-біохімічні та мікробіологічні зміни в посівах чини посівної важливо було дослідити ефективність дії композицій препаратів на формування якості зерна даної культури.

Як встановлено результатами наших досліджень, формування фізичних та хімічних показників якості зерна чини посівної сорту Іволга залежало як від погодних умов, так і від застосування в посівах БП Біонеостим і РРР Вермистим Д (табл. 5.2, Додаток Ж, табл. Ж.1, Ж.2).

Найвищі фізичні та хімічні показники якості зерна чини посівної формувалися в 2023 та 2024 рр., дещо нижчі – у 2022 р., що обумовлено менш сприятливими умовами для росту й розвитку рослин чини.

У результаті проведеного аналізу якості зерна чини посівної в середньому за роки досліджень встановлено (табл. 5.2), що у контролі маса 1000 насінин складала 189,8 г, а у варіанті з передпосівною обробкою насіння біопрепаратом Біонеостим (1,0 л/т) цей показник був вищим на 5,4 г. За внесення в посівах Вермистиму Д (8,0 л/га) показники маси 1000 насінин перевищували контроль на 2 г. У варіанті Фон І + регулятор росту рослин Вермистим Д (8,0 л/га) маса 1000 насінин перевищувала показники контролю на 13,2 г. Найвищі показники за масою 1000 насінин були відмічені у варіанті обприскування посівів регулятором росту рослин по фону ІІІ, де перевищення до контролю складало 17,5 г.

Досліджувані композиції препаратів мали істотний вплив на формування такого важливого показника якості зерна як вміст білка. Так, за внесення по вегетуючих рослинах регулятора росту рослин вміст білка у порівнянні до контролю зростав на 0,2%. Передпосівна обробка насіння Біонеостимом у суміші з Вермистимом Д забезпечила перевищення вмісту

білка до контролю на 1,5%, що може бути обумовлено позитивною дією біологічних препаратів на проходження в рослинах фізіолого-біохімічних процесів на фоні покращення умов мінерального живлення. Дещо вищі показники вмісту білка були відмічені у варіанті Біонеостим (1,0 л/т) + Вермистим Д (7,0 л/т) де перевищення контролю склало 2,1%.

Таблиця 5.2

Якість зерна чини посівної сорту Іволга за використання БП Біонеостим та РРР Вермистим Д (середнє за 2022–2024 рр.)

Варіант досліджу	Маса 1000 насінин, г	Вміст білка, %
Без застосування препаратів (контроль)	189,8	27,1
БП Біонеостим (1,0 л/т – обробка насіння) Фон І	195,2	28,2
РРР Вермистим Д (7,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	194,7	27,8
БП Біонеостим Фон І + РРР Вермистим Д Фон ІІ (Фон ІІІ)	198,0	28,6
РРР Вермистим Д (8,0 л/га – обробка вегетуючих рослин)	191,8	27,3
Фон І + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	203,0	29,2
Фон ІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	199,9	28,9
Фон ІІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	207,3	29,7
<i>НІР₀₅</i> [*]	0,7–1,3	0,2–0,4

Примітка: ^{*} – наведено максимальні і мінімальні значення за роки досліджень.

Найвищі показники вмісту білка були відмічені в зерні чини посівної, яку вирощували з обробкою насіння сумішшю біопрепарату Біонеостим (1,0 л/т) із регулятором росту рослин Вермистим Д (7,0 л/т) за наступного обприскування посівів Вермистимом Д (8,0 л/га), де перевищення до контролю складало 2,6%.

Таким чином, передпосівна обробка насіння чини посівної сумішшю біопрепарату Біонеостим (1,0 л/т) з регулятором росту рослин Вермистим Д

(7,0 л/т) за наступного посходового внесення Вермистиму Д (8,0 л/га) сприяє активізації проходження у рослинах і ґрунті низки біологічних процесів, наслідком чого є зростання урожайності культури (прибавка зерна на рівні 0,51 т/га) за збільшеного на 9% показника маси 1000 зерен і 2,6% – вмісту білка.

5.2. Економічна і біоенергетична ефективність

Першочергове значення в умовах розвитку ринкових відносин має оцінка економічної ефективності застосування всіх агрозаходів. Саме вона дозволяє на основі вартісних показників визначити найвигідніші технології вирощування у сільськогосподарському виробництві [283].

У сучасних умовах ведення сільського господарства важливою вимогою до елементів технології вирощування, які розробляються та впроваджуються в виробництво, є зниження собівартості одиниці продукції, зменшення енергетичних витрат, і як результат – підвищення прибутку. Окрім цього, сучасні технології вирощування повинні бути конкурентоспроможними на ринку технологій. Виробництво продукції рослинництва в умовах дефіциту ресурсного потенціалу вимагає перегляду підходів щодо розподілу виробничих витрат при розробці технологій вирощування польових культур. Розробка комплексу агрономічних заходів, які забезпечують високу урожайність сільськогосподарської культури, обов'язково супроводжується всебічною економічною оцінкою. Оцінювати ефективність будь-якого комплексу агрозаходів лише за зміною рівня урожаю недостатньо, оскільки залишаються поза увагою витрати на його отримання. У зв'язку з цим, виникає необхідність визначення не лише однієї агротехнічної ефективності, а в комплексі – з економічною [284–286].

Результати проведеної економічної оцінки використання досліджуваних препаратів у посівах чини посівної показали (табл. 5.3),

Таблиця 5.3

**Економічна ефективність застосування БП Біонеостим та РРР Вермистим Д у посівах чини посівної
(середнє за 2022–2024 рр.)**

Варіанти дослідів	Урожайність, т/га	Прибавка врожаю, т/га	Загальні витрати на вирощування, грн./га	У т. ч. додаткові, грн./га	Вартість валової продукції, грн./га	У т. ч. додаткової, грн./га	Чистий прибуток з 1 га, грн.	Собівартість 1 т продукції, грн.	Рентабельність, %	Додатковий чистий прибуток, грн./га	Окупність додаткових витрат, рази
Без застосування препаратів (контроль)	2,76	–	26200	–	75624	–	49424	9493	187	–	–
БП Біонеостим (1,0 л/т – обробка насіння) Фон І	2,89	0,13	26653	453	79186	3562	52533	9222	197	3109	6,9
РРР Вермистим Д (7,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	2,83	0,07	26385	185	77542	1918	51157	9323	194	1733	9,4
БП Біонеостим Фон І + РРР Вермистим Д Фон ІІ (Фон ІІІ)	2,94	0,18	26774	574	80556	4932	53782	9107	201	4358	7,6
РРР Вермистим Д (8,0 л/га – обробка вегетуючих рослин)	2,80	0,04	26425	225	76720	1096	50295	9438	190	871	3,9
Фон І + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	3,03	0,27	26897	697	83022	7398	56125	8877	209	6701	9,6
Фон ІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	2,97	0,21	26628	428	81378	5754	54750	8966	206	5326	12,4
Фон ІІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	3,27	0,51	27052	852	89598	13974	62546	8273	231	13122	15,4

що за використання регулятора росту рослин Вермистим Д у нормі 8,0 л/т було отримано додатковий чистий прибуток на рівні 871 грн./га, рівень рентабельності при цьому складав 190% за окупності додаткових витрат 3,9 рази, а за обробки насіння вищезазначеним препаратом в нормі 7,0 л/т було одержано додатковий чистий прибуток на рівні 1733 грн./га за рентабельності 194% та окупності додаткових витрат в 9,4 рази. Вищими ці показники були за обробки перед сівбою насіння біопрепаратом Біонеостим, де додатковий чистий прибуток склав 3109 грн./га за рівня рентабельності 197% і окупності додаткових витрат в 6,9 рази. За передпосівної обробки насіння сумішшю БП і РРР додатковий чистий прибуток становив 4358 грн./га за рівня рентабельності 201% з окупністю додаткових витрат 7,6 рази. За внесення по фонах I і II Вермистиму Д було одержано додатковий чистий прибуток на рівні 5326–6701 грн./га за рентабельності 206–209% та окупності додаткових витрат в 9,6–12,4 рази відповідно. За комплексного використання досліджуваних препаратів (БП + РРР – обробка насіння + РРР – обробка рослин), додатковий чистий прибуток був найвищим і склав 13122 грн./га за рівня рентабельності 231% і окупності додаткових витрат – 15,4 рази.

Аналіз енергетичної ефективності застосування біопрепарату і регулятора росту рослин у посівах чини посівної показав (табл. 5.4), що енергетична доцільність використання препаратів визначалась формуванням величини додаткового урожаю. Так, у контрольному варіанті за витрати сукупної антропогенної енергії 23246 мДж/1 га вихід валової енергії становив 58717 мДж/1 га. У варіанті БП Біонеостим (1,0 л/т) + РРР Вермистим Д (7,0 л/т) вихід валової енергії складав 74889 мДж/1 га із коефіцієнтом енергетичної ефективності 2,8. У варіантах передпосівної обробки насіння біопрепаратом з посходовим застосуванням регулятора росту рослин коефіцієнт енергетичної ефективності перевищував контроль на 26%. Обприскування посівів РРР по фону II забезпечило перевищення варіанту без обробки препаратами за коефіцієнтом енергетичної ефективності на 22%. За внесення Вермистиму Д по фону БП Біонеостим + РРР Вермистим Д

коефіцієнт енергетичної ефективності був найвищим та перевищував контроль на 35%.

Таблиця 5.4

**Енергетична ефективність застосування БП Біонеостим та РРР
Вермистим Д у посівах чини посівної
(середнє за 2022–2024 рр.)**

Варіант досліджу	Витрати сукупної антропогенної енергії на 1 га, МДж	Вихід валової енергії з 1 га, МДж	Коефіцієнт енергетичної ефективності
Без застосування препаратів (контроль)	23246	58717	2,3
БП Біонеостим (1,0 л/т – обробка насіння) Фон І	26659	70459	2,7
РРР Вермистим Д (7,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	26102	62255	2,5
БП Біонеостим Фон І + РРР Вермистим Д Фон ІІ (Фон ІІІ)	26764	74889	2,8
РРР Вермистим Д (8,0 л/га – обробка вегетуючих рослин)	23709	56901	2,4
Фон І + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	27032	78392	2,9
Фон ІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	29916	63765	2,8
Фон ІІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	27235	84428	3,1

Таким чином, з одержаних даних економічного та енергетичного аналізів можна зробити висновок, що найбільш економічно вигідним є застосування в посівах чини посівної композиції БП Біонеостим 1,0 л/т + РРР Вермистим Д 7,0 л/т + РРР Вермистим Д 8,0 л/га, яка забезпечує зростання рівня рентабельності до 231% при 187% у контролі за додаткового чистого прибутку 13122 грн./га та коефіцієнта енергетичної ефективності 3,1. Ця композиція препаратів дає можливість підвищити урожайність чини посівної

за використання препаратів біологічного походження, як складової біологізованої технології.

Висновки до розділу 5:

1. Передпосівна обробка насіння чини посівної сумішшю біопрепарату Біонеостим (1,0 л/т) з регулятором росту рослин Вермистим Д (7,0 л/т) за наступного посходового внесення Вермистиму Д (8,0 л/га) сприяє активізації проходження у рослинах і ґрунті низки біологічних процесів, наслідком чого є зростання урожайності культури (прибавка зерна на рівні 0,51 т/га) за збільшеного на 9% показника маси 1000 зерен і 2,6% – вмісту білка.

2. Одержані дані з економічного та енергетичного аналізу застосування препаратів дають зробити висновок, що найбільш економічно вигідним є застосування в посівах чини посівної композиції БП Біонеостим 1,0 л/т + РРР Вермистим Д 7,0 л/т + РРР Вермистим Д 8,0 л/га, яка забезпечує зростання рівня рентабельності до 231% при 187% у контролі за додаткового чистого прибутку 13122 грн./га та коефіцієнта енергетичної ефективності 3,1.

Матеріали розділу 5 опубліковано та апробовано в працях [292, 293].

1. Тодосійчук О. В. Урожайність і якість зерна чини посівної за дії біологічних препаратів. Агробіологія. Збірник наукових праць Білоцерківського НАУ. Біла Церква. 2024. № 2 (191). С. 128–133. DOI: [10.33245/2310-9270-2024-191-2-128-133](https://doi.org/10.33245/2310-9270-2024-191-2-128-133)

2. Тодосійчук О. В. Продуктивність посівів чини посівної за дії біологічних препаратів. Науково-інноваційний розвиток агровиробництва як запорука продовольчої безпеки України: вчора, сьогодні, завтра: матеріали VI Всеукраїнської науково-практичної конференції, Київ, 25–26 вересня 2024 р. НААН, ННСГБ, Ін-т історії аграр. науки, освіти та техніки, ІМА АПВ НААН. Київ, 2024. С.152–155.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі наведено обґрунтування та шляхи вирішення наукового завдання з розрізненої та комплексної дії біопрепарату Біонеостим і регулятора росту рослин Вермистим Д на перебіг основних фізіолого-біохімічних процесів у рослинах чини посівної, формування ризосферного мікробного комплексу рослин, урожайності, якості зерна та економічності й енергетичної ефективності застосування досліджуваних препаратів.

1. З'ясовано, що комплексне застосування біопрепарату і регулятора росту рослин позитивно вплинуло на приріст висоти та надземної біомаси рослин чини посівної, однак найвищі показники були отримані у варіанті досліду за сумісного використання композиції Біонеостим 1,0 л/т + Вермистим Д 7,0 л/т + Вермистим Д 8,0 л/га, де перевищення контролю за формуванням висоти і надземної біомаси в середньому за роки і фази досліджень складало на 11–26%.

2. Встановлено, що за розрізненої та комплексної дії в посівах чини посівної біопрепарату Біонеостим і регулятора росту рослин Вермистим Д площа листового апарату культури у фазі бутонізації та цвітіння–утворення бобів зростала відносно контролю в середньому за роки досліджень на 5–30%.

3. Встановлено, що застосування біопрепарату Біонеостим окремо і в сумішах з регулятором росту рослин Вермистим Д зумовлює зростання активності в рослинах чини посівної основних ферментів класу оксидоредуктаз, проте їх активність залежить від досліджуваних препаратів та способу поєднання їх використання. Значне підвищення активності ферментів в листках чини посівної простежується за обробки насіння перед сівбою сумішшю Біонеостиму та Вермистиму Д з наступною обробкою вегетуючих рослин Вермистимом Д (активність каталази у фазу цвітіння–утворення бобів зростала на 28–36%, пероксидази – 34–40%,

поліфенолоксидази – 47–77%), що узгоджується з нашими даними з інтенсифікації проходження в рослинах ростових процесів, невід’ємною складовою яких є ферменти.

4. Одержані дані стосовно вмісту фотосинтетичних пігментів (хлорофілів а і b та їх суми) у листках чини посівної свідчать, що передпосівна обробка насіння біопрепаратом Біонеостим із регулятором росту рослин Вермистим Д з наступним післясходовим внесенням останнього забезпечує створення найбільш сприятливих умов для проходження в рослинах фізіолого-біохімічних процесів, у тому числі й фотосинтетичних, обумовлених безпосередньою стимулювальною дією біопрепаратів на функціонування пігментного комплексу литкового апарату культури. В середньому за роки досліджень у досліджуваній фазі розвитку чини посівної спостерігалось зростання вмісту у листках пігментів. Зокрема, хлорофілу а, b та їх суми, що в середньому перевищувало контроль на 19–58% – для хлорофілу а, 23–60% – для хлорофілу b, 21–58% – для суми $a+b$.

5. Результати проведених досліджень свідчать про те, що передпосівна обробка насіння біопрепаратом Біонеостим із регулятором росту рослин Вермистим Д з наступним післясходовим внесенням останнього забезпечує створення найбільш сприятливих умов для проходження в рослинах фізіолого-біохімічних процесів, у тому числі й фотосинтетичних, обумовлених безпосереднім впливом біопрепаратів на показник чистої продуктивності фотосинтезу культури. В середньому за роки досліджень у досліджуваній міжфазний період (бутонізації–цвітіння) розвитку чини посівної спостерігалось зростання чистої продуктивності фотосинтезу, що в середньому перевищувало контроль на 20%.

6. Встановлено, що чисельність ризосферної мікробіоти у посівах чини посівної змінюється залежно від застосовуваних препаратів, погодніх умов та фаз розвитку культури. Проте найактивніший розвиток ґрунтових мікроорганізмів у ризосфері чини простежується у варіантах із комплексним застосуванням РРР Вермистим Д 8,0 л/га по фоні передпосівної обробки

насіння БП Біонеостим (1,0 л/т) разом із РРР Вермистим Д (7,0 л/т), де перевищення до контролю у середньому за роками та фазами розвитку складало 53–59% – для бактерій, 33–39% – мікроміцетів.

7. Досліджено, що найактивніше формування симбіотичного апарату та розвиток асоціативних азотфіксаторів відбувалось у варіанті досліду із передпосівною обробкою насіння сумішшю біопрепарату Біонеостим і регулятора росту рослин Вермистим Д з наступним внесенням Вермистиму Д по сходах, що в середньому за роки досліджень забезпечувало зростання кількості бульбочок залежно від фази розвитку культури на 19–24 шт./рослину та 28,2–227,9 мг/рослину, а кількість оброслих грудочок ґрунту бактеріями роду *Azotobacter* становила 100%.

8. Встановлено позитивний вплив біопрепарату Біонеостим та регулятора росту рослин Вермистим Д на ріст і розвиток у ризосфері чини посівної амоніфікувальних, нітрифікувальних та целюлозолітичних мікроорганізмів у всі досліджувані фази розвитку культури. Найбільшу стимулювальну дію препаратів на розвиток ризосферної мікробіоти відмічено за сумісного використання для обробки насіння перед сівбою БП Біонеостим і РРР Вермистим Д з наступним обприскуванням вегетуючих рослин Вермистимом Д. Дана композиція забезпечила зростання в ризосфері чини посівної амоніфікувальних бактерій на 52–57%, нітрифікувальних – 62–66%, целюлозолітичних – 33–43%.

9. Встановлено, що передпосівна обробка насіння чини посівної сумішшю біопрепарату Біонеостим (1,0 л/т) з регулятором росту рослин Вермистим Д (7,0 л/т) за наступного посходового внесення Вермистиму Д (8,0 л/га) сприяє активізації проходження у рослинах і ґрунті низки біологічних процесів, наслідком чого є зростання урожайності культури (прибавка зерна на рівні 0,51 т/га) за збільшеного на 9% показника маси 1000 зерен і 2,6% – вмісту білка.

10. Аналіз економічної та енергетичної ефективності застосування біопрепаратів дає можливість зробити висновок, що найбільш економічно

вигідним є застосування в посівах чини посівної композиції БП Біонеостим 1,0 л/т + РРР Вермистим Д 7,0 л/т + РРР Вермистим Д 8,0 л/га, яка забезпечує зростання рівня рентабельності до 231% при 187% у контролі за додаткового умовно чистого прибутку 13122 грн./га та коефіцієнта енергетичної ефективності 3,1.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

З метою підвищення урожайності і якості зерна чини посівної у технологіях її вирощування слід застосовувати суміш біопрепарату Біонеостим у нормі 1,0 л/т з регулятором росту рослин Вермистим Д у нормі 7,0 л/т – для передпосівної обробки насіння і Вермистим Д у нормі 8,0 л/га – для обприскування посівів по даному фоні у фазу стеблуння культури.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кохан А. В., Самойленко О. А., Ленъ О. І. [та ін.]. Продуктивність чини посівної залежно від мінерального живлення та інокуляції насіння в умовах Лівобережного Лісостепу. Корми і кормовиробництво. 2015. Вип. 81. С. 109–115.
2. Лавренко С. О. Розробка елементів технології вирощування чини посівної на зрошуваних землях півдня України: Автореф. дис. канд. с.-г. наук. Херсон: Херсонський державний аграрний університет. 2005. 19 с.
3. Almeida, N. F., Rubiales, D., & Vaz Patto, M. C. Grass Pea. Handbook of Plant Breeding. 2015. P. 251–265. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2797-5_8
4. Hillocks R. J., Maruthi M. N. Grass pea (*Lathyrus sativus*): Is there a case for further crop improvement. Euphytica. 2012. № 186. 647–654 с.
5. Ушкаренко В. О., Минкін М. В., Лавренко С. О. Ефективність вирощування та врожай чини посівної при застосуванні різноманітних варіантів норм висіву на різних фонах живлення мінеральних добрив. Таврійський науковий вісник: Зб. наук. пр. Херсон: Айлант, 2002. Вип. 24. С. 8–11.
6. Кохан А. В., Самойленко О. А., Ленъ О. І. [та ін.]. Продуктивність чини посівної залежно від мінерального живлення та інокуляції насіння в умовах Лівобережного Лісостепу. Зернові культури. Том 3. № 1. 2019. С. 13–17.
7. Тараріко Ю. О. Формування сталих агроєкосистем: теорія і практика. Київ, 2015. 508 с.
8. Івасюк Ю. І., Карпенко В. П., Грицаєнко З. М. Симбіотичний стан посівів за дії біологічно активних речовин. Вісник Уманського національного університету садівництва. 2015. № 2. С. 13–16.
9. Марченко К. Ю. Вміст хлорофілу в листках вівса голозерного за дії біологічних препаратів. Сучасна наука: стан та перспективи розвитку. матеріали IV Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих

вчених з нагоди Дня працівника сільського господарства, 17 листопада 2021 р. Херсон. С. 80–84.

10. Макогоненко С. Ю., Баранов В. І., Терек О. І. Вплив Регопланту і Стимпо на вміст вільних амінокислот та інтенсивність пероксидного окиснення ліпідів у *Brassica napus* L. за вирощування на техноземах. [Вісник Харківського національного аграрного університету](#). 2019. Вип. 1. С. 47–53.

11. Карпенко В. П., Притуляк Р. М., Зазимко В. Г. Біологічні препарати в технології вирощування сільськогосподарських культур. Всеукраїнська наукова Інтернет-конференція «Сучасні проблеми біології в умовах змін клімату». Умань. 2021. С 18.

12. Грицаєнко З. М., Даценко А. А. Урожайність зерна гречки за дії біологічних препаратів. *Агробіологія*. 2014. № 2. С. 39–42.

13. Конончук О. Б., Пида С. В., Пономаренко С. П. Ростові процеси та бобово-ризобіальний симбіоз сої культурної за передпосівної обробки насіння рістрегуляторами Регоплант і Стімпо. *Агробіологія*. 2012. Вип. 9 (96). С. 103–107.

14. Іутинська Г. О. Вплив регуляторів росту рослин на продуктивність сої. *Агроекологічний журнал*. 2004. № 1. С. 62–64.

15. Патики В. П., Кириленко Л. В., Алексєєв О. О. [та ін.]. Вплив біопрепаратів, фітопатогенних мікроорганізмів на мікробіом ґрунту ризосфери і ефективність функціонування симбіотичної системи бульбочкові бактерії – соя, козлятник. Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. 2017. № 1. С. 123–132. http://nbuv.gov.ua/UJRN/NZTNPU_2017_1_21

16. Kouris-Blazos, A., & Belski, R. Health benefits of legumes and pulses with a focus on Australian sweet lupins. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*. 2016. № 25 (1). P. 1–17. <https://doi.org/10.6133/apjcn.2016.25.1.23>

17. Tsygankova V. A., Andrusevich Ya. V., Shtompel O. I. [et al.]. Auxin-like effect of derivatives of pyrimidine, pyrazole, isoflavones, pyridine, oxazolopyrimidine and oxazole on acceleration of vegetative growth of flax.

International Journal of PharmTech Research. 2018. 11. № 3. P. 274–286. (DOI: 10.20902/IJPTR.2018.11309).

18. Карпенко В. П., Марченко К. Ю. Формування окремих фізіолого-біохімічних показників вівса голозерного за дії мікробного препарату Меланоріз та регулятора росту рослин Агролайт. Таврійський науковий вісник. Херсонський державний аграрно-економічний університет. Херсон. 2021. Вип. 118. С. 105–113.

19. Шевчук М. Й., Дідковська Т. П. Ефективність застосування бактеріальних препаратів. Сільськогосподарська мікробіологія. 2007. Вип. 5. С. 129–135.

20. Карпенко В. П., Грицаєнко З. М. Івасюк Ю. І. Симбіотичний стан посівів сої за дії біологічно активних речовин. Вісник Уманського національного університету садівництва. 2015. № 2. С. 13–16.

21. Калінін Ф. Л. Застосування регуляторів росту в сільському господарстві. К.: «Урожай». 1989. 168 с.

22. Рекомендації із застосування регуляторів росту рослин у сільськогосподарському виробництві. К.: Високий врожай, 2006. 25 с.

23. Білоножко В. Я., Карпенко В. П., Полторецкий С. П., Притуляк Р. М. Фізіолого-біохімічні процеси в рослинах ячменю ярого за роздільного та інтегрованого застосування гербіцидів і регуляторів росту рослин. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2012. № 2. С. 7–14.

24. Фурдичко О. І. Агроекологія: монографія. К.: Аграрна наука. 2014. 400 с.

25. Даценко А. А. Ростові процеси гречки за дії біологічних препаратів. Матеріали Міжнародної. наук.-практ. Інтернет-конференції [Актуальні наукові дослідження у сучасному світі] (Переяслав-Хмельницький. 13–14 юня, 2015 г.). Переяслав-Хмельницький, 2015. Вип. 1. Ч. 1. С. 114–117.

26. Sateesh Kagale., Divi Uday K., Krochko Joan E. [et al.]. Brassinosteroid confers tolerance in Arabidopsis thaliana and Brassica napus to a range of abiotic stresses. Planta. 2007. 225. № 2. P. 353–364.

27. Yokota T. The structure, biosynthesis and function of brassinosteroids. *Trends Plant Sci.* 1997. № 2. P. 137–143.
28. Колесніков М. О., Пономаренко С. П. Вплив біостимуляторів Стимпо та Регоплант на продуктивність ячменю ярого. *Агробіологія. Зб. наук. Праць БЦНАУ.* 2016. № 1 (124). С. 82–87.
29. Данильченко О. М., Коваленко І. М., Бутенко А. О. Продуктивність чини при внесенні різних доз мінеральних добрив та інокуляції насіння в умовах Північно-Східного Лісостепу України «НАУКОВІ ГОРИЗОНТИ», «SCIENTIFIC HORIZONS». 2018. № 2 (65). С. 29–33.
30. Карпенко В. П., Павлишин С. В. Залежність вмісту хлорофілу в листках пшениці полби звичайної за дії гербіциду Пріма Форте 195 і регулятора росту рослин Вуксал БІО Vita. Молодь і поступ біології: програма та тези доповідей XIV Міжнародної наукової конференції студентів і аспірантів, присвяченої 185 річниці від дня народження Б. Дибовського (м. Львів, 10–12 квітня 2018 р.). Львів. 2018. С. 304–305.
31. Притуляк Р. М., Шевченко Ю. Ю., Кудима Д. В. Чиста продуктивність фотосинтезу вівса голозерного за дії біологічних препаратів. Сучасні проблеми біології в умовах змін клімату: матер. Всеукраїнської наукової Інтернет-конференції (18 червня 2024 року). Умань: Уманський НУС, 2024. С. 62–63.
32. Карпенко В. П., Марченко К. Ю. Формування біомаси вівса голозерного за дії біологічних препаратів. Всеукраїнська наукова Інтернет-конференція «Сучасні проблеми біології в умовах змін клімату» (м. Умань, 25 червня 2021 р.). Умань. 2021. С 16.
33. Притуляк Р. М., Войтенко С. О., Набабій О. О. Біологічні основи застосування регуляторів росту рослин в рослинництві. Сучасні проблеми біології в умовах змін клімату: матер. Всеукраїнської наукової Інтернет-конференції (7 липня 2023 року). Умань: Уманський НУС, 2023. С. 66–68.
34. Карпенко В. П., Притуляк Р. М., Чернега А. О. Активність окремих антиоксидантних ферментів класу оксидоредуктаз за дії гербіциду Калібр 75

і регулятора росту рослин Біолан. Збірник наукових праць Уманського НУС. Умань. 2013. Вип. 83. С. 19–25.

35. Притуляк Р. М., Карпенко В. П. Вплив гербіциду Град та його бакових сумішей з регулятором росту рослин Радостим на фотосинтетичні показники рослин тритикале озимого. Збірник наукових праць. Переяслав-Хмельницький. 2015. Вип. 2. С. 120–122.

36. Коробко О. О. Вплив біологічно активних речовин на ріст і розвиток рослин нуту в умовах Правобережного Лісостепу України. Зб. наук. праць Міжн. наук.-практ. конф., 2018, "Національне виробництво й економіка в умовах реформування: стан і перспективи інноваційного розвитку та міжрегіональної інтеграції" ПДТУ (м. Кам'янець-Подільський. 31 жовтня 2018 р.). Тернопіль: Крок. 2018. С. 58–60.

37. Новікова Т. П. Фотосинтетична продуктивність посівів сочевиці за дії біологічних препаратів. Наукові горизонти. Scientific Horizons. Житомир. 2019. № 10 (83). С. 28–34.

38. Пономаренко С. П. Біостимуляція в рослинництві – український прорив. Международная конференция Radostim 2008. Биологические препараты в растениеводстве. К. 2008. С. 45–48.

39. Карпенко В. П., Івасюк Ю. І., Оратівська С. А. [та ін.] Біологізована технологія вирощування бобових культур (соя, горох); за ред. В. П. Карпенка. Умань. 2016. 19 с.

40. Калитка В. В., Капінос М. В. Вплив регуляторів росту і активних штамів ризобій на пігментний комплекс та продуктивність гороху посівного (*Pisum sativum* L.) Вісник ХНАУ. Серія Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво і зберігання. Харків. 2015. Вип. 2. С. 8–18.

41. Каленська С. М., Новицька Н. В., Гарбар Л. А. Біоенергетична оцінка елементів технології вирощування сої. Наукові доповіді НУБіП. Київ. 2011. № 6 (28). URL: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2011_6/11ksm.pdf.

42. Дорохов В. І., Складенко Т. В. Природні стимулятори росту рослин. Житомир: ЖНАЕУ, 2014. 113 с.

43. Шевчук О. А. Вплив паклобутразолу на активність гіберелінів, вміст різних форм абсцизової кислоти та накопичення азоту в органах рослин цукрового буряка. Наукові записки Тернопільського педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка. Серія Біологія. Тернопіль. 2008. № 2 (36). С. 37–42.

44. Karpenko V., Marchenko K. Productivity of hulless oats under the effect of microbiological preparation and a plant growth regulator. *Acta Sci. Pol. Agricultura*. 2021. № 20 (3). P. 113–122. DOI: 10.37660/aspagr.2021.20.3.3.

45. Skoric D., Pacueanu-Joita M. Possibilities for increasing sunflower resistance broomrape (*Orobancha cumana*) *Jornal of Agricultural Science and Technology B. I*. 2011. P. 151–152.

46. Карпенко В. П., Новікова Т. П. Урожайність сочевиці за дії біологічних препаратів. Матеріали Всеукраїнської наукової інтернет-конференції «Сучасні проблеми біології». Умань. 2020. С. 19–20.

47. Martin C. Goffinet Anatomy of Grapevine Winter Injury and Recovery [Електронний ресурс]. Cornell University Department of Horticultural Sciences, NY State Agricultural Experiment Station, Geneva, NY 14456. Date: 28 February 2004. http://www.hort.cornell.edu/goffinet/Anatomy_of_Winter_Injury_hi_res.pdf

48. Rebetzke G. J., Ellis M. H., Bonnett D. G. [et al.]. Height reduction and agronomic performance for selected gibberellin-responsive dwarfing genes in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Field Crops Research*. 2012. Vol. 126. № 14. P. 87–96.

49. Грицаєнко З. М., Даценко А. А. Анатомічна структура епідермісу листового апарату гречки за дії біологічних препаратів. Вісник Уманського НУС. 2014. № 1. С. 65–68.

50. Карпенко В. П., Івасюк Ю. І., Притуляк Р. М. [та ін.]. Основи біологізації в технологіях вирощування сої : монографія (рекомендації виробництву); за ред. В. П. Карпенка. Умань : Видавець «Сочінський М. М.», 2017. 146 с.

51. Заболотний О. І., Заболотна А. В. Формування листкової поверхні рослин пшениці ярої при застосуванні гербіциду Лінтур 70 WG і PPP Емістим С. Актуальні питання сучасної аграрної науки: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. Умань. 2014. С. 34–36.
52. Карпенко В. П., Притуляк Р. М. Фізіологічні зміни в рослинах ячменю ярого за дії біологічно активних речовин. Вісник Уманського НУС. 2014. № 1 С. 60–64.
53. Карпенко В. П. Структурна організація і функціональна активність листкового апарату ячменю ярого за дії гербіциду і біологічних. Вісник Львівського НАУ, 2011. № 15 (1). С. 23–28.
54. Горщар В. І. Вплив біологічно активних речовин на врожайність ярого ячменю в північному Степу України. Бюлетень Інституту зернового господарства. 2010. № 39. С. 77–79. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/bisg_2010_39_22
55. Леонтюк І. Б. Вплив біологічно активних речовин на фізіолого-біохімічні процеси пшениці озимої. Зб. наук. праць Ін.-ту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2013. Вип. 17. Т. 2. С. 149–153.
56. Грицаєнко З. М., Даценко А. А. Формування площі листкового апарату рослин гречки за дії біологічних препаратів. Таврійський науковий вісник. 2014. Вип. 88. С. 69–73.
57. Сендецький В. М. Вплив регуляторів росту на ріст, розвиток та формування врожайності рослин соняшнику. Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету. № 3 (45). 2017. С. 40–43.
58. Куриленко І. М., Паладіна Т. О. Вплив сольового стресу і синтетичних регуляторів росту на активність каталази та пероксидази у проростках кукурудзи. Укр. біохім. журн. 2005. Т. 77. № 6. С. 86–93.
59. Стороженко В. О. Ключові антиоксидантні ферменти фотосинтетичного апарату вищих рослин за дії стресових чинників. Фізіологія та біохімія культ. рослин. 2004. Т. 36. № 1. С. 36–42.

60. Karpenko V., Pavlyshyn S., Prytuliak R., Naherniuk D. Content of malondialdehyde and activity of enzyme glutathione-S-transferase in the leaves of emmer wheat under the action of herbicide and plant growth regulator. *Agronomy Research*. 2019. № 17 (1). P. 144–154.
61. Коць С. Я. Дослідження біологічної фіксації азоту в Інституті фізіології рослин і генетики НАН України. *Физиология растений и генетика*. 2016. Т. 48. № 3. С. 215–231. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/FBKR_2016_48_3_5
62. Hayes J. D., Flanagan J. U., Jowsey I. R. Glutathione transferases. *Annu. Rev. Pharmacol. Toxicol.* 2005. P. 51–88.
63. Hayes P. C., May L., Hayes J. D. [et al.]. Glutathione S-transferases in human liver cancer. *Gut*. 1991. № 12. P. 1546–1549.
64. Івасюк Ю. І., Карпенко В. П., Пригуляк Р. М. Активність основних ґрунтових ферментів за інтегрованого застосування препаратів різної фізіологічної дії. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Стан і перспективи розробки та впровадження ресурсоощадних, енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур» (м. Дніпро, 22–23 листопада 2016 р.). Дніпро: ДДАЕУ. 2016. С. 66–68.
65. Campanoni P., Nick P. Auxin dependent cell division and cell elongation 1-Naphthaleneacetic acid and 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid activate different pathways. *Plant Physiol.* 2005. № 137. P. 939–48.
66. Грицаєнко З. М., Даценко А. А. Активність антиоксидантних ферментів у рослинах гречки за дії біологічних препаратів. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2014. Вип. 84. С. 38–43.
67. Mittler R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends in Plant Science*. 2002. № 7 (9). P. 405–410.
68. Chaitanya K. V., Sundar D., Masilamani S., Ramachandra Reddy A. Variation in heat stress-induced antioxidant enzyme activities among three mulberry cultivars. *Plant Growth Regul.* 2002. V. 36. P. 175–180. doi: 10.1023/A:1015092628374.

69. Хромих Н. О., Россихіна-Галича Г. С., Лихолат Ю. В. Післядія гербіцидної обробки на окисно-відновну активність та вміст хлорофілу у рослин пшениці наступної генерації. Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. 2013. № 5. С. 81–88.

70. Apel K., Hirt H. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. *Annu. Rev. Plant. Biol.* 2004. P. 373–399.

71. Карпенко В. П., Бойко Я. О. Ліпопероксидаційні й ферментативні процеси у рослинах гороху озимого за дії біологічно активних речовин. Наукові горизонти. 2020. № 4 (89). С. 94–100.

72. Грицаєнко З. М., Макаринський О. Ю. Реакція антиоксидантних ферментних систем рослин гороху на застосування гербіцидів і біостимуляторів росту. Зб. наук. пр. УДАУ “Біологічні науки і проблеми рослинництва.” Умань. 2003. С. 36–39.

73. Карпенко В. П., Коробко О. О. Елементи біологізованої технології вирощування нуту. Рекомендації виробництву. Черкаси: Видавництво «Брама-Україна». 2019. 24 с.

74. Карпенко В. П., Новікова Т. П. Ферментативна активність ґрунту в посівах сочевиці за дії препаратів біологічного походження. Матеріали XIII наукової конференції молодих вчених «Мікробіологія в сучасному сільськогосподарському виробництві», присвяченої 100-річчю з дня заснування Національної академії аграрних наук України. Чернігів. 2018. С. 84–85.

75. Карпенко В. П., Шутко С. С. Ліпопероксидаційні та ферментативні процеси в рослинах соризу за використання гербіциду і регулятора росту рослин. Наукові доповіді НУБіП України, [S.l.], № 6 (76). гру. 2018. ISSN 2223-1609. Доступно за адресою: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/11755>

76. Покопцева Л. А., Єременко О. А., Булгаков Д. В. Використання регуляторів росту рослин для передпосівної обробки насіння соняшнику

гібриду армада. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2015. Вип. 4. С. 124–135.

77. Пономаренко С. П. Створення та впровадження нових регуляторів росту рослин в агропромисловому комплексі України. Ефективність хімічних засобів у підвищенні продуктивності с.-г. культур. Зб. наук. праць Уманської ДАА. 2001. С. 15–23.

78. Карпенко В. П., Новікова Т. П., Притуляк Р. М., Гнатюк М. Г. Вміст пігментів у листках сочевиці за дії біологічних препаратів. Наукові горизонти. Scientific Horizons. Житомир. 2019. № 7 (80). С. 41–47.

79. Марченко К. Ю. Вміст хлорофілу та чиста продуктивність фотосинтезу вівса голозерного за дії біологічних препаратів. Зрошуване землеробство: міжвідомчий тематичний науковий збірник. Херсон: Видавничий дім «Гельветика», 2022. Вип. 77. С. 62–67.

80. Грицаєнко З. М., Даценко А. А. Формування пігментного комплексу листового апарату гречки за дії біологічних препаратів. Наукові доповіді НУБіП (електронне видання) http://nd.nubip.edu.ua/2015_5/12.pdf.

81. He H., Zhiting X., Minjing L., Shuanglian X., Shenglan L., Mba F. O. Effect of Cadmium and Herbicides on the Growth, Chlorophyll and Soluble Sugar Content in Rice Seedlings. Wuhan University Journal of Natural Sciences. 2006. Vol. 11. № 3. P. 742–748.

82. Gill S. S., Tuteja N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. Plant Physiology and Biochemistry. 2010. Vol. 48. № 12. P. 909–930.

83. Langaro A. C., Agostinetto D., Oliveira C., Silva J. D. G., Bruno M. S. Biochemical and physiological changes in rice plants due to the application of herbicides. Planta Daninha. 2016. Vol. 34. № 2. P. 277–289.

84. Чернецький Ю. О. Вплив мікробіологічних препаратів на вміст хлорофілу в листках озимої пшениці. Сільськогосподарська мікробіологія. 2006. Вип. 4. С. 196–200.

85. Приплавко С. О. Залежність окремих фізіологічних процесів і продуктивності сільськогосподарських культур від дії металовмісних синтетичних регуляторів росту рослин. Автореф. дис...роб. на здоб. нак. ступ. канд. с.-г. наук спец. – 03.00.12 – «Фізіологія рослин». Умань. 2008. 21 с.

86. Розборська Л. В. Вплив сумісного застосування гербіциду Естерону та біостимулятора росту на вміст хлорофілу в листках пшениці озимої. Матеріали Всеукраїнської наукової конференції молодих учених. Умань, 2011. Ч. 1. С. 103–104.

87. Грицаєнко З. М., Карпенко В. П., Підан Л. Ф. Пігментний комплекс соняшника за дії гербіциду Фюзилад Форте 150 і регулятора росту рослин Радостим. Карантин і захист рослин. 2016. № 4 (235). С. 1–3.

88. Hirasawa T., Hsiao T. C. Some characteristics of reduced leaf photosynthesis at midday in maize growing in the field. *Field Crops Research*. 1999. Vol. 62. №1. P. 53–62.

89. Чернега А. О. Біологічні процеси і продуктивність посівів ячменю озимого за дії гербіциду Калібр 75 та регулятора росту рослин Біолан : автореферат дис. на здобуття наук. ступеня кандидата с.-г. наук : спец. 03.00.12 «Фізіологія рослин». Уманський НУС, Умань. 2012. 46 с.

90. Kutasy E., Csajbók J., Hunyadi Borbély E. Relations Between Yield and Photosynthetic Activity of Winter Wheat Varieties. *Cereal Research Communications*. 2005. Vol. 33. № 1. P. 173–176.

91. Грицаєнко З. М., Підан Л. Ф., Карпенко В. П. Стан фотосинтетичної та пігментної систем соняшника за дії гербіцидів Фюзилад Форте 150, Дуал Голд 960 та регулятора росту Агролайт. Зб. наук. праць Уманського НУС. Умань. 2014. Вип. 86. Ч. 1. С. 221–228.

92. Терек О. І., Мамчур О. В. Вміст цукрів та пігментів фотосинтезу у рослинах кукурудзи. Біологічні науки і проблеми рослинництва: Зб. наук. праць Уманського ДАУ. 2003. С. 72–76.

93. Карпенко В. П., Новікова Т. П. Вміст хлорофілів у листках сочевиці за дії біологічних препаратів. Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції «Перспективні шляхи розвитку наукових знань». Київ. 2019. С. 52–53.
94. Karpenko V., Boiko Y., Prytuliak R. [et. al.]. Anatomical changes in the epidermis of winter pea stipules and their area under usage of herbicide, plant growth regulator and microbial preparation. *Agronomy Research*. 2021. № 19 (2). P. 472–483.
95. Векірчик К., Конончук О. Вплив регулятора росту Емістиму С на деякі фізіологічні процеси, ріст, розвиток і продуктивність сої культурної в умовах Тернопільської області. Тези II Міжн. конф. [«Онтогенез рослин у природньому та трансформованому середовищі. Фізіолого-біохімічні та екологічні аспекти»]. (Львів, 18–21 серпня 2004 р.). Львів: вид-во «Сполом». 2004. С. 137.
96. Карпенко В. П., Притуляк Р. М., Даценко А. А., Івасюк Ю. І. Фізіолого-біохімічні механізми інтегрованої дії гербіцидів і регуляторів росту рослин. *Вісник Уманського НУС*. Умань, 2016. № 1. С. 72–76.
97. Кур'ята В. Г., Ходаніцька О. О. Вплив трептолему на формування фотосинтетичного апарату рослин льону олійного. Актуальні питання географічних, біологічних та хімічних наук. Основні наукові проблеми та перспективи дослідження. *Збірник наукових праць ВДПУ*. Вінниця. 2013. Вип. 10 (15). С. 190–193.
98. Федак В. В., Мамчур О. В., Рівіс Й. Ф. Вміст хлорофілів у рослинах кукурудзи за впливу біологічно активних речовин. Міжнародна наук.-практ. конф «Розвиток і впровадження нових ідей в аграрній науці»: збірник тез. Одеса. 2012. С. 43–47.
99. Пида С. В., Тригуба О. В. Динаміка накопичення хлорофілів і вуглеводів у листках люпину білого при застосуванні *Bradirhizobium* sp. (*Lupinus*) та рістрегуляторів. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2012. № 79. С. 211–219.

100. Mesejo C., Rosito S., Reig C., Martinez-Fuentes A. & Agusti M. Synthetic auxin 3,5,6-TPA provokes Citrus clementina (Hort. ex Tan) fruitlet abscission by reducing photosynthate availability. *Journal of Plant Growth Regulation*. 2012. № 2. P. 186–194. <https://doi.org/10.1007/s00344-011-9230-z>
101. Карпенко В. П., Полторецький С. П., Притуляк Р. М. та ін. Елементи біологізації в рослинництві: рекомендації виробництву (монографія); за ред. В. П. Карпенка. Умань : Видавець «Сочінський М. М.», 2017. 112 с.
102. Fang S., Gao K., Hu W., Wang S., Chen B. & Zhou Z. Foliar and seed application of plant growth regulators affects cotton yield by altering leaf physiology and floral bud carbohydrate accumulation. *Field Crops Research*. 2018. № 231. P. 105–114. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.11.012>
103. Герасько Т. В., Калитка В. В. Вплив антиоксидантних препаратів Марс-1 та АОК-М за їх сумісного застосування з фунгіцидом бенлат на стан посівів та пігментний комплекс озимої пшениці. *Збірник наукових праць Луганського національного аграрного університету*. Луганськ: Елтон. 2006. № 66 (89). С. 5–10.
104. Петриченко В. Ф., Лісова Т. Є. Шляхи підвищення продуктивності гороху в умовах Лісостепу України. *Зб. наук. пр. Вінницького держ. аграр. ун-ту*. Вінниця. 2001. Вип. 9. С. 74–77.
105. Карпенко В. П., Коробко О. О. Вплив гербіциду і біологічних препаратів на фотосинтетичну продуктивність і врожайність нуту. *Вісник Миколаївського національного університету*. Миколаїв. 2018. № 4 (100). С. 48–54.
106. Гангур В. В., Єремко Л. С., Сокирко Д. П. Формування продуктивності нуту залежно від технологічних факторів в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Зернові культури*. 2017. Том 1. № 2. С. 285–292.

107. Грицаєнко З. М., Даценко А. А. Фотосинтетична продуктивність посівів гречки за дії біологічних препаратів. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2015. Вип. 3 (86). С. 100–106.

108. Serekrayev N., Popov V., Stybayev G., Nogayev A., Ansabayeva A. Agroecological aspects of chickpea growing in the Dry Steppe Zone of Akmla Region, Northern Kazakhstan. Biotech Res Asia. 2016. № 13 (3). P. 1341–1351.

109. Карпенко В. П., Павлишин С. В. Пігментна система пшениці полби звичайної за використання гербіциду Пріма Форте 195 і регулятора росту рослин Вуксал БІО Vita. Вісник Уманського національного університету садівництва. 2018. № 1. С. 100–103.

110. Пида С. В., Вакуленко В. О., Кобрин І. М. Фотосинтетичні процеси у рослинах білого та жовтого люпину за дії регуляторів росту Агросимулін та Емістим С. Біологічні дослідження. 2017. С. 22–24.

111. Каленська С. М., Новицька Н. В., Джемесюк О. В. Формування площі листової поверхні сої під впливом інокуляції та підживлення. Вісник Полтавської державної академії. 2016. № 3. С. 6–10.

112. Каленська С. М., Новицька Н. В., Андрієць Д. В., Холодченко Р. М. Фотосинтетична діяльність посівів сої на чорноземах типових. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія «Агрономія». 2011. Вип. 162. Ч. 1. С. 82–89.

113. Веселовська Л. І., Михалків Л. М., Коць С. Я. Вплив екзогенного лектину на ефективність симбіозу *Glycine max-Bradyrhizobium japonicum* в умовах посухи. Фізіологія рослин і генетика. 2013. 45. № 4. С. 319–326.

114. Михалків Л. М., Коць С. Я., Якимчук Р. А. Продуктивність люцерни в умовах недостатнього водозабезпечення за обробки регуляторами росту рослин. Сільськогосподарська мікробіологія. 2008. № 7. С. 115–121.
<https://doi.org/10.35868/1997-3004.7.115-121>

115. Грабак Н. Х., Дудник А. В. Вплив біостимуляторів росту на продуктивність гібридів соняшнику в умовах південного Степу України.

Вісник аграрної науки Причорномор'я. Миколаївс. держ. аграр. ун-т. Миколаїв. 2003. Вип. 2 (22). С. 165–169.

116. Miliuvienė L., Novickienė L., Jurevičius J. Oilseed rape growth regulation by compounds 3-DEC and 17-DMC. Bot. Lithuan. 2007. Vol. 13. № 2. P. 115–121.

117. Марченко К. Ю. Фотосинтетична продуктивність посівів вівса голозерного за дії біологічних препаратів. Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур. Матеріали IX Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених і спеціалістів (с. Центральне, 23 квітня 2021 р.). с. Центральне, Україна. 2021. С. 72–73. URL: <http://confer.uisr.sops.gov.ua>

118. Тіней В.А. Інтенсифікація технологій вирощування гречки в умовах південно-західного Лісостепу України : автореф. дис. канд. с.-г. наук: 06.01.09; Подільський державний аграрний університет. Кам'янець-Подільськ, 2007. 19 с.

119. Чорна В. М. Формування урожайності та якості насіння сої за дії інокуляції та ретарданту в умовах Лісостепу Правобережного: дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.09. Інститут кормів та сільського господарства Поділля. Вінниця. 2017. 268 с.

120. Байда М. П. Ефективність фотосинтезу сої залежно від впливу елементів технології вирощування. Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2021. Вип. 29. С. 129–138. DOI: 10.47414/np.29.2021.249939

121. Калитка В. В., Капінос М. В. Вплив регуляторів росту рослин і біопрепаратів на продуктивність гороху посівного (*Pisum sativum* L.) в умовах Південного Степу України. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2015. № 210. Ч. 1. С. 38–46.

122. Овечко К. О., Пащенко Ю. П. Розміри листкового апарату та фотосинтетична продуктивність *Pisum Sativum* L. за дії біостимуляторів

(Стимпо і Регоплант) та Ризогуміну. Інноваційні аспекти виробництва плодоовочевої продукції : матеріали Міжвузівської студентської науково-практичної конференції. Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Lux», 2019. С. 94–97.

123. Карпенко В. П., Шутко С. С. Вміст хлорофілу у рослинах соризу за використання гербіциду Пік 75 WG і регулятора росту рослин Регоплант. XIV Міжнародна наукова конференція студентів і аспірантів «Молодь і поступ біології», присвячена 185-й річниці від дня народження Б. Дибовського. Львів. 10–12 квітня 2018. С. 310–311.

124. Калінін О. В., Колесніков М. О. Сумісний вплив біостимуляторів та мікробіологічного препарату Азотофіт на формування фото асиміляційного апарату *Pisum Sativum* L. Інноваційні аспекти виробництва плодоовочевої продукції: матеріали Міжвузівської студентської науково-практичної конференції. Мелітополь : Видавничо-поліграфічний центр «Lux», 2019. С. 90–93.

125. Голодрига О. В. Формування якості насіння сої за умов комплексного застосування гербіцидів і Емістиу С. Збірник наукових праць Уманського НУС. 2011. С. 103–107.

126. Melnyk A. V., Akuaku J., Makarchuk A. V. Effect of foliar fertilizers in reducing stress in sunflower plants under conditions of climate change in the Forest-Steppe of Ukraine. 11th International Conference «Plant Functioning Under Environmental Stress». Krakov. 2018. P. 134.

127. Шевчук О. А., Голунова Л. А., Ткачук О. О. [та ін.]. Перспективи застосування синтетичних регуляторів росту інгібіторного типу у рослинництві та їх екологічна безпека. Корми і кормовиробництво. 2017. Вип. 84. С. 86–90.

128. LeBaron H. M., McFarland E. J., Burnside O. C. The Triazine Herbicides: 50 years Revolutionizing Agriculture.. Amsterdam : Elsevier, 2008. 584 p.

129. Чорна В. М. Ефективність застосування регулятора росту хлормекват-хлорид при вирощуванні сої. Корми і кормовиробництво. 2017. Вип. 84. С. 126–132.

130. Хомовий М. Агрономічна оцінка застосування регуляторів росту рослин в посівах ярої пшениці. Актуальні питання сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур в умовах змін клімату : збірник наукових праць всеукр. наук.-практ. конф., м. Кам'янець-Подільський, 15–16 червня 2017 р. Тернопіль: Крок. 2017. С. 38–40.

131. Трибель С. О. Екологізація захисту рослин. Карантин і захист рослин. 2010. № 5. С. 16–20.

132. Карпенко В. П., Притуляк Р. М., Чернега А. О. Розробка елементів біологізованих технологій вирощування сільськогосподарських культур з використанням регуляторів росту рослин і гербіцидів; за ред. В. П. Карпенка. Умань : Видавець „Сочінський”. 2016. 357 с.

133. Курдиш І. К. Роль мікроорганізмів у відтворенні родючості ґрунтів. Сільськогосподарська мікробіологія: міжвід. темат. наук. зб. 2009. Вип. 9. С. 7–32.

134. Marzaioli R., D'Ascoli R., De Pascale R. A., Rutigliano F. A. Soil quality in a Mediterranean area of Southern Italy as related to different land use types. *Appl Soil Ecol.* 2010. № 44. P. 205–212.

135. Карпенко В. П., Павлишин С. В. Мікробіологічна активність ризосфери пшениці полби звичайної за роздільного та інтегрованого застосування гербіциду Пріма Форте 195 і регулятора росту рослин Вуксал БІО Vita. Наукові доповіді НУБіП України. 2018. № 6 (76). URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/11625>

136. Tejada M., Gómez I., del Toro M. Use of organic amendments as a bioremediation strategy to reduce the bioavailability of chlorpyrifos insecticide in soils. Effects on soil biology. *Ecotoxicol Environ Saf.* 2011. № 74. P. 2075–2081.

137. Алексєєв О. О., Пати́ка В. П. Урожайність сортів сої Горлиця та КиВін за дії інокулянту та пестицидного навантаження в умовах

Правобережного Лісостепу України. Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. 2017. Вип. 90. Ч. 1 С. 289–297.

138. Мекіч М. З., Жура Н. М., Терек О. І. Функціональне та прикладне значення біологічної активності ґрунту. Біологічні студії. 2013. Т. 7. № 3. С. 246–258.

139. Волкогон В. В., Коломієць Л. П., Пиріг О. В. Вплив мікробних препаратів на формування фотосинтетичного апарату рослин люпину жовтого при дії вірусної інфекції. Бюлетень Ін-ту сільського господарства степової зони НААН України. 2012. № 3. С. 45–49.

140. Адамчук-Чала Н. І. Вплив іннокуляції *Bradyrhizobium japonicum* УКМ-6035 на фотосинтетичний апарат трансгенної сої. Агроекологічний журнал. 2014 № 2. С. 95–99.

141. Небаба К. С. Симбіотична продуктивність гороху посівного залежно від впливу мінеральних добрив та регуляторів росту в умовах Лісостепу Західного. Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. ПДАТУ. Кам'янець-Подільський. 2020. Вип. 32. С. 54–58.

142. Бахмат М. І., Плахтій Д. П., Небаба К. С. Формування симбіотичного апарату гороху посівного залежно від удобрення мінеральними добривами та регуляторів росту в умовах Лісостепу Західного. Рослинництво та ґрунтознавство: наук. журн. НУБІП. Вип. 11. № 3. Київ. 2020. С. 33–43.

143. Буряк Ю. І., Чернобаб О. В., Бондаренко Л. В. Застосування регуляторів росту при вирощуванні насіння ярого ячменю. Вісник Центру наукового забезпечення агропромислового виробництва в Харківській області. Харків. 2006. Вип. 4. С. 14–21.

144. Вишнівський П. С., Фурман О. В. Продуктивність сої залежно від елементів технології вирощування в умовах Правобережного Лісостепу України. Рослинництво та ґрунтознавство. 2020. Вип. 11. № 1. С. 13–22.

145. Shtilman M. I. Phytoactive polymers polymeric derivatives of plant growth regulation. Ibid. 1993. Vol. 20. P. 208–209.

146. Терек О., Величко О., Яворська Н. Механізми адаптації проростків сої до стресових умов за дії регуляторів росту Емістиму С та Агростимуліну. Вісник Львівського університету. 2006. № 41. С. 132–136.
147. Zhalnina K. [et al.]. Dynamic root exudate chemistry and microbial substrate preferences drive patterns in rhizosphere microbial community assembly. *Nature microbiology*. 2018. Vol. 3. № 4. P. 470–480. DOI: 10.1038/s41564-018-0129-3
148. Кириченко О. В., Титова Л. В., Жеймода А. В. [та ін.]. Симбіотичні властивості *Bradyrhizobium japonicum* 634б за дії фіторегулятора Reglalg. Мікробіологічний журнал. 2008. Т. 70. № 1. С. 17–25.
149. Treesubsuntorn C., Dhurakit P., Khaksar G., Thiravetyan P. Effect of microorganisms on reducing cadmium uptake and toxicity in rice (*Oryza sativa* L.). *Environmental Science and Pollution Research*. 2018. Vol. 25. P. 25690–25701. DOI: 10.1007/s11356-017-9058-6
150. Карпенко В. П., Патика В. П., Притуляк Р. М. [та ін.]. Біологізована технологія вирощування гречки: рекомендації виробництву. За ред. В. П. Карпенка. Умань: Видавничо-поліграфічний центр «Візаві». 2016. 16 с.
151. Tomashow L. S., Weller D. M. Role of phenazine antibiotic from *Pseudomonas fluorescens* in biological control of *Gaeumannomyces graminis* var *tritici*. *Journal of Bacteriology*. 1988. Vol. 170. P. 3499–3508.
152. Волкогон В. В., Надкернична О. В., Ковалевська Т. М. [та ін.]. Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика: Монографія. К.: Аграрна наука, 2006. 312 с.
153. Bulyhin S., Tonkha O. Biological evaluation of the rationality of soil usage in agriculture. *Agricultural Science and Practice*. 2018. Vol. 5. № 1. P. 23–29. DOI: 10.15407/agrisp5.01.023
154. Карпенко В. П., Притуляк Р. М., Новікова Т. П. Активність мікробіоти в ризосфері сочевиці за дії біологічних препаратів. Таврійський науковий вісник. № 103. 2018. С. 56–62.

155. Цигічко Г. О. Зміни функціональної структури мікробних угруповань чорнозему типового залежно від системи удобрень. Агрохімія і ґрунтознавство. 2013. Вип. 79. С. 102–106.
156. Пати́ка В. П., Коць С. Я., Волкогон В. В. [та ін.]. Біологічний азот: монографія; за ред. В. П. Патики. К.: Світ, 2003. 424 с.
157. Пати́ка В. П., Гнатюк Т. Т., Булеца Н. М., Кириленко Л. В. Біологічний азот у системі землеробства. Землеробство. 2015. Вип. 2. С. 12–20.
158. Frans J. de Bruijn (Editor) Biological Nitrogen Fixation, 2 Volume Set., Wiley–Blackwell. 2015. 1260 p. Режим доступу: <http://eu.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle /productCd-1118637046>
159. Kandan A., Ramiah M., Vasanthi V. Use of *Pseudomonas fluorescens*-based formulations for management of tomato spotted wilt virus (TSWV) and enhanced yield in tomato. Biocontrol science and technology. 2005. V. 15 (6). P. 553–569.
160. Петриченко В. Ф., Коць С. Я. Симбіотичні системи у сучасному сільськогосподарському виробництві. Вісн. НАН України. 2014. № 3. С. 57–66.
161. Шерстобоева О. В., Чайковська В. В., Чабанюк Я. В. Комплексні мікробні препарати для інтегрованих систем землеробства. Мікробіологія і біотехнологія. 2007. № 1. С. 75–81.
162. Волкогон В. В. Мікробіологія у сучасному аграрному виробництві. Сільськогосподарська мікробіологія: Міжвід. темат. наук. зб. Чернігів. 2005. Вип. 1–2. С. 6–29.
163. Сайко В. Ф. Землеробство в сучасних умовах. Вісник аграрної науки. 2002. № 5. С. 5–10.
164. Воцелко С. К., Лапа С. В., Данькевич Л. А. Роль обробки насіння бобових культур біологічним препаратом ЕПАА у підвищенні імунітету та продуктивності рослин. Сільськогосподарська мікробіологія. 2007. Вип. 5. С. 161–170.

165. Effect of humic preparation on winter wheat productivity and rhizosphere microbial community under herbicide-induced stress / O. S. Bezuglova et al. *Journal of Soils and Sediments*. 2019. Vol. 19. P. 2665–2675. DOI: 10.1007/s11368-018-02240-z
166. Карпенко В. П., Заболотний О. І., Притуляк Р. М. [та ін.]. Мікробіота ґрунту ризосфери сої за використання Ризоактиву і гербіцидів. *Мікробіологічний журнал*. 2019. Т. 81. № 3. С. 48–61.
167. Stoyanova A., Petkova R. Yield ingredients and quality of wheat grain treated with foliar fertilizers. *Plant Science*. 2010. V. 47. P. 36–40.
168. Kamishvili N., Jgenti M., Samadashvili M. Influence of inoculation and different doses of mineral nitrogen on soybean productivity. *Bull. Georg. Acad. Sci.* 2001. № 1. P. 174–177.
169. Меркушина А. С. Фіторегулятори та мікроелементи в захисті рослин. *Вісник аграрної науки*. 1999. С. 54–57.
170. Добровольський А. В. Ефективність сучасних рістрегулюючих препаратів за біологізації технології вирощування соняшнику в Південному Степу України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.09. Херсон. 2019. 21 с.
171. Карпенко В. П., Полторецький С. П., Притуляк Р. М. [та ін.]. Біологізована технологія вирощування озимих зернових культур (ячмінь, пшениця): рекомендації виробництву; за ред. В. П. Карпенка. Умань: Видавничо-поліграфічний центр «Візаві». 2016. 20 с.
172. Шендрік К. М. Ефективність біологічних та хімічних засобів захисту сої від кореневих гнилей. *Захист і карантин рослин: міжвід. темат. наук. зб.* 2008. Вип. 54. С. 494–497.
173. Грицаєнко З. М., Пономаренко С. П., Карпенко В. П., Леонтюк І. Б. Біологічно активні речовини в рослинництві. К.: НІЧЛАВА. 2008. 352 с.
174. Пищур І. М., Канівець В. І., Ларченко І. В. Вплив сучасних гербіцидів на формування соєво-ризобіального симбіозу за використання мікробного препарату ризогуміну. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2011. Вип. 14. С. 100–108. URL: http://www.sg-microb.ho.ua/arh/pdf14/SM14_08.pdf

175. Григор'єва О. М. Продуктивність сої залежно від агротехнічних заходів її вирощування в умовах Північного Степу України. Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2004. Вип. 21. С. 115–121.

176. Гангур В. В., Лень О. І., Єремко Л. С., Мостовий Є. Г. Вплив елементів технології вирощування чини посівної (*Lathyrus sativus* L.) на урожайність зерна в умовах Лівобережного Лісостепу України. Scientific Progress & Innovations. 2023. № 26 (4). С. 5–8.

177. Василенко М. Г., Стадник А. П., Душко П. М. [та ін.]. Урожайність і якість насіння сільськогосподарських культур за дії регуляторів росту рослин. Агроєкологічний журнал. 2018. № 1. С. 96–101.

178. Draga M. Influence of new Physiologically Active Substances of natural origin on nitrogen metabolism of winter wheat. Агроєкологічний журнал. 2013. № 4. Р. 91–95.

179. Василенко М. Г. Агроєкологічне обґрунтування застосування нових вітчизняних добрив і регуляторів росту в агроєкосистемах Лісостепу і Полісся України: автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук М.Г. Василенко. К., 2015. 50 с.

180. Анішин Л. А. Біостимулятори: урожай, якість та валові збори озимої пшениці. Новини захисту рослин. 1998. № 9. С. 30–31.

181. Береговенко С. К. Ефективність симбіозу сортів сої і штамів *Bradyrhizobium japonicum* залежно від ступеня їх комплементарності та умов вирощування: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: 03.00.07. К., 1998. 21 с.

182. Шадчина Т. М., Гуляєв Б. І., Кірізій Д. А. Регуляція фотосинтезу і продуктивність рослин: фізіологічні та екологічні аспекти. Київ: Фітосоціоцентр, 2006. 348 с.

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

184. Петриченко В. Ф., Патики В. П., Пасічник Л. А. [та ін.]. Хвороби сої: моніторинг, діагностика, захист: монографія. За редакцією академіків НААН В. Ф. Петриченка, В. П. Патики. Вінниця: «Віндрук», 2016. 106 с.

185. Таран Н. Ю., Светлова Н. Б., Оканенко О. А. [та ін.]. Регулятори росту рослин у формуванні адаптивних реакцій рослин до посухи. Вісник аграрної науки. 2004. № 8. С. 29–32.

186. Карпенко В. П., Коробко О. О. Формування продуктивності нуту за дії гербіциду, регулятора росту рослин і мікробного препарату. Зб. наук. праць Всеукраїнської наук. конф. молодих учених, ЧНУ ім. Б. Хмельницького. "Актуальні проблеми природничих і гуманітарних наук у дослідженнях молодих вчених" (м. Черкаси, 16 травня 2019 р.) Черкаси. 2019. С. 145–146.

187. Танасевич В. І., Шаповал А. В. Вплив біостимуляторів на насіння озимої пшениці різного ступеня травмування. Вісник аграрної науки. 2006. № 8. С. 77–79.

188. Василенко М. Г., Стадник А. П., Душко П. М. [та ін.]. Урожайність і якість насіння сільськогосподарських культур за дії регуляторів росту рослин. Агроекологічний журнал. 2018. № 1. С. 96–101. DOI: 10.33730/2077-4893.1.2018.161350

189. Григор'єва О. М. Перспективи використання регуляторів росту рослин при вирощуванні соняшнику. Сучасні інтенсивні технології в рослинництві в умовах Північного степу України : матеріали конф. присвяченої 10-й річниці заснування кафедри загального землеробства КНТУ. 2007. С. 50–57.

190. Карпенко В. П., Мостов'як І. І., Новікова Т. П. [та ін.]. Хвороби сочевиці: монографія. За редакцією В. П. Карпенка. Умань: Видавець «Сочінський М. М.», 2021. 112 с.

191. Безвіконний П., Тарасюк В. Роль сучасних регуляторів росту рослин в технології вирощування буряка столового. Актуальні питання сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур в умовах

змін клімату : збірник наукових праць всеукр. наук.-практ. конф., м. Кам'янець-Подільський, 15–16 червня 2017 р. Тернопіль: Крок, 2017. С. 55–57.

192. Чинчик О. С. Вплив обробки насіння біопрепаратами на тривалість вегетаційного періоду та урожайність сортів гороху. Корми і кормовиробництво: міжвід. темат. наук. зб. Ін-т кормів та с.-г. Поділля НААН. Вінниця: Діло, 2015. Вип. 81. С. 74–77.

193. Гангур В. В., Єремко Л. С., Саєнко В. О. Динаміка формування листової поверхні чини посівної та продуктивність її фотосинтетичної діяльності залежно від рівня мінерального живлення. Аграрні інновації. 2021. № 8. С. 23–28. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.8.3>

194. Sarig S., Blum A., Okon Y. Improvement of the water status and yield of field-grown grain sorghum (*Sorghum bicolor*) by inoculation with *Azospirillum brasilense*. The Journal of Agricultural Science. 1988. Vol. 110. № 2. P. 271–277.

195. Гентош Д. Т., Башта О. В., Гентош І. Д. Біологічні препарати проти корневих гнилей гороху. Карантин і захист рослин. 2012. № 10. С. 3–6.

196. Barat S., Shah A. Biological control fusarial with of pigeon pea by *Bacillus brevis*. Can. J. Microbiol. 2000. Vol 46. № 2. P. 125–132.

197. Пономаренко С. П. Створення та впровадження нових регуляторів росту в агропромисловому комплексі України : зб. наук. пр. Уманського ДАА. Вип. 51. 2001. С. 15–19.

198. Регулятори росту рослин – агротехнологія ХХІ сторіччя. Пропозиція. 2002. № 1. С. 69.

199. Цюк О. А. Ефективність елементів органічного землеробства в Лісостепу : збірник наукових праць Національного наукового центру «Інститут землеробства УААН». Київ, 2009. Вип. 3. С. 25–32.

200. Лісовий М. М., Пархоменко О. Л., Дідович С. В. [та ін.]. Розробка системи комплексного застосування мікробних препаратів в агротехнології

вищущування нуту. Сільськогосподарська мікробіологія. 2010. Вип. 11. С. 90–101.

201. Анішин Л. Вітчизняні біологічно активні препарати просяться на поля України. Пропозиція. 2004. № 10. С. 48–50.

202. Павленко Г. В. Ефективність мінеральних добрив та біопрепаратів у технології вищущування сої в Лісостепу. Вісник аграрної науки. Київ. 2012. № 11. С. 68–79.

203. Гаврилюк М. М. Наукові й організаційні засади сучасного насінництва в Україні: автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук: 06.01.14. Селекційно-генетичний ін.-т. Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення УААН; Чернігівський інститут агропромислового в-ва УААН; Вінницька держ. сільсько-господарська дослідна станція УААН. 2003. 22 с.

204. Івасюк Ю. І. Продуктивність посівів сої за роздільного та інтегрованого застосування мікробіологічного препарату, регулятора росту рослин і гербіциду. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2016. Вип. 3. С. 89–95.

205. Карпенко В. П., Мостов'як І. І., Коробко О. О., Притуляк Р. М. Біологізована технологія вищущування нуту : монографія. За редакцією І. І. Мостов'яка. Умань: ВПЦ «Візаві», 2021. 125 с.

206. Харченко Г. Л., Рябчинська Т. А., Саранцева Н. А., [та ін.]. Комплексний захист і підвищення продуктивності конюшини за використання препарату Альбіт. Захист і карантин рослин. 2009. № 6. С. 32–36.

207. Буряк Ю. І., Чернобаб О. В., Огурцов Ю. Є., Клименко І. І. Ефективність застосування регуляторів росту і мікродобрива в процесі розмноження насіння сортів пшениці озимої та ячменю ярого. Селекція і насінництво. 2015. №. 107. С. 145–153.

208. Калюжна Ю. І. Вплив мікробіологічного препарату у поєднанні з біостимулятором росту на розвиток і врожайність рослин сої. Підвищення ефективності ресурсозберігаючих технологій на зернопереробних

підприємствах. Тези доповідей Всеукраїнської наукової конференції. Умань. 2013. С. 61–62.

209. Алексєєв О. О., Пати́ка В. П., Гнатюк Т. Т. Взаємовідносини між *Bradyrhizobium japonicum* і збудниками бактеріозів сої та їх чутливість до пестицидів. Молодий вчений. 2016. № 12.1 (40). С. 60–63.

210. Мусатенко Л. І. Фітогормони і фізіологічно активні речовини в регуляції росту і розвитку рослин. Фізіологія рослин: проблеми та перспективи розвитку: Ф 50 у 2 т. НАН України, Ін-т фізіології рослин і генетики. Українське товариство фізіологів рослин; голов. ред. В. В. Моргун. К.: Логос, 2009. С. 508–536.

211. Inzé D., Montagu M. V. (Eds) *Oxidative Stress in Plants*. London: Taylor& Francis Inc. 2002. 381 p.

212. Karpenko V., Krasnoshtan V., Mostoviak I. & Prytuliak R. Liczba mikroorganizmów w ryzosferze sorga (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) po zastosowaniu herbicydu, regulatora wzrostu roślin i biopreparatu. *Agronomy Science* 2021. № 76 (2). P 17–26. <https://doi.org/10.24326/as.2021.2.2>

213. Каменєва І. О., Дідович С. В., Мельничук Т. М., Толкачов М. З. Мікробіологічні препарати – ключ до біологізації технологій вирощування зернових і бобових культур. Проблеми виробництва зерна в Україні: мат. Всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених і спеціалістів (м. Київ 30 трав. 2002 р.). УААН. Ін-т зерн. господарства. 2002. С. 77–78.

214. Шевченко А. О. Регулятори росту рослин в землеробстві: Збірник наукових праць за ред. академіка НАН України А.О. Шевченка. К., 1998. 143 с.

215. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В., Іванюк С. В. [та ін.]. Соя: монографія.; за ред. В. Ф. Петриченко. Вінниця: «Діло», 2016. 392 с.

216. Темрієнко О. О. Вплив бактеріально-мінерального живлення на тривалість вегетаційного періоду та врожайність насіння сої в умовах Лісостепу Правобережного. Новітні технології вирощування сільськогосподарських культур: тези доповідей VI Міжнародної науково-

практичної конференції молодих вчених, м. Київ, 29 березня 2018 р. Вінниця: Нілан-ЛТД, 2018. С. 143–144.

217. Анішин Л. А. Ефективність регуляторів росту за різних доз та способів їх внесення на посівах озимої пшениці. Посібник українського хлібороба. 2009. С. 105–106.

218. Лохова В. І., Волкогон В. В. Вплив біопрепарату діазобактерину на амінокислотний склад зерна гречки. Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліть. К. 2001. Ч. 1. С. 259–264.

219. Екологічна експертиза технологій вирощування сільськогосподарських культур (методичні рекомендації). За ред. д. с.-г. н. Н. А. Макаренко. К.: 2008. 81 с.

220. Алексєєв О. О. Вплив екологічних факторів на розвиток і продуктивність бобово-ризобіального симбіозу. Сільське господарство та лісівництво. Екологія та охорона навколишнього середовища. 2016. № 4. С. 187–196.

221. Jarvis B. D. W., Berkum P. Van, Chenet W. X. al. Transfer of *Rhizobium loti*, *Rhizobium huakuii*, *Rhizobium ciceri*, *Rhizobium mediterraneum* and *Rhizobium tianshanense* to *Mesorhizobium* gen. nov. *International Journal of Systematic Bacteriology*. 1997. Vol. 47. № 3. P. 895–898. <https://doi.org/10.1099/00207713-47-3-895>

222. Осауленко О. Г. Україна в цифрах 2011. Статистичний збірник; за ред. О. Г. Осауленка. К.: Державна служба статистики України, 2012. 250 с.

223. Лихочвор В. В., Щербачук В. М., Панасюк Р. М., Панасюк О. В. Вплив удобрення на формування фотосинтетичної та зернової продуктивності сої в умовах Західного Лісостепу. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2016. Вип. 60. С. 88–96.

224. Швайківський Б. Я., Лопушняк В. І., Киричук Р. Г. Регулятори росту рослин – ефективний засіб підвищення продукції сільськогосподарських культур. Сільський господар. 2000. № 5–6. С. 3–4.

225. Патика В. П., Макаренко Н. А., Моклячук Л. І. [та ін.]. Агроекологічна оцінка мінеральних добрив та пестицидів: монографія; за ред. В. П. Патики. К.: Основа, 2005. 300 с.

226. Халеп Ю. М., Веремейчик Н. М., Горбань В. П., Крутило Д. В. Економічне обґрунтування доцільності застосування біопрепаратів при вирощуванні бобових культур . Сільськогосподарська мікробіологія. 2007. № 6. С. 132–139.

227. Бровдій В. М., Гулий В. В., Федоренко В. П. Біологічний захист рослин. К.: Світ, 2003. 352 с.

228. Заєць С. О., Нетіс В. І. Ефективність застосування біостимуляторів та їх комплексів з мікроелементами, на посівах сої в умовах зрошення. Зрошуване землеробство. 2016. Вип. 66. С. 60–62.

229. Каленська С. М., Новицька Н. В., Стрихар А. Є. Стан та перспективи розширення виробництва сої. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2009. Вип. 141. С. 133–136.

230. Клименко І. В. Вплив регуляторів росту рослин, мінеральних добрив на врожайність сої залежно від сортів та краплинного зрошення: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: 06.01.09. Харків, 2016. 20 с.

231. Господаренко Г. М., Прокопчук І. В., Кривда Ю. І., Нікітіна О. В. Агрохімічні показники якості чорнозему опідзоленого після тривалого (49 років) застосування добрив у польовій сівоzmіні. Збірник наукових праць «Охорона ґрунтів». Випуск № 1. 2014. С. 135–139.

232. Прокопчук С. В. Оптимізація мінерального живлення нуту на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.04. Нац. наук. центр "Ін-т ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського". Харків. 2015. 20 с.

233. Біопрепарат «КОМПОЗИЦІЙНЕ ДОБРИВО З АНТИОКСИДАНТНОЮ І СТИМУЛЮЮЧОЮ ДІЄЮ «БІОНЕОСТИМ», Р.

Режим доступу: <https://agrarii-razom.com.ua/preparations/kompoziciyne-dobrivo-z-antioksidantnoyu-i-stimulyuyuchoyu-dieyu-bioneostim-r>

234. Перелік пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні. Міністерство екології та природних ресурсів України : Київ, 2022. 1040 с.

235. Регулятор росту Вермистим Д. Режим доступу: <https://superagronom.com/pesticidi-regulyatori-rostu/vermistim-d-vidrojdjennya-id7533>

236. Клиша А. І., Кандаурова К. Ф., Кулінич О. О., Кобос І. О. Характеристика нового сорту чини посівної Іволга. Зернові культури. Том 3. № 1. 2019. С. 13–17.

237. Сорт ІВОЛГА (чина, Чина посівна). Режим доступу: <https://agrarii-razom.com.ua/culture-variety/ivolga-0>

238. Технологія вирощування чини. Режим доступу: <https://ias.pp.ua/>

239. Культура ЧИНА (особливості вирощування та зберігання). Режим доступу: <https://agrarii-razom.com.ua/culture/china>

240. Growth stages of mono-and dicotyledonous plants: BBCH Monograph / Edited by Uwe Meier. Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry, Germany. 2001. 158 p. Режим доступу до ресурсу: <https://www.politicheagricole.it/flex/AppData/WebLive/Agrometeo/MIEPFY800/BBCHengl2001.pdf>

241. Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. Київ: Нічлава. 2003. 320 с.

242. Von Wettstein D. Chlorophyll-letale und der submikroskopische Formwechsel der Plastiden. Experimental cell research. 1957. Vol. 65. № 3. P. 427–506.

243. Волкогон В. В., Надкернична О. В., Токмакова Л. М. та ін. Експериментальна ґрунтова мікробіологія. За редакцією В. В. Волкогона. К : Аграрна наука. 2010. 464 с.

244. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Опришко В. П., Костогриз П. В. Основи наукових досліджень в агрономії; за ред. В. О. Єщенка. К.: Дія. 2005. 288 с.
245. ДСТУ ISO 520:2015. Зернові і бобові. Визначення маси 1000 зерен. Київ. 2015. 10 с.
246. Городній М. М., Бикін А. В., Сердюк А. Г. [та ін.]. Агрохімічний аналіз. За ред. М. М. Городнього. К.: Арістей. 2007. 624 с.
247. ДСТУ ISO 5983:2003. Корми для тварин. Визначення азоту і обчислювання вмісту сирого білка. Стандартінфарм. 29.12.2017. С. 1–8.
248. ДСТУ 4595:2006. Білок соєвий. ТУ 29.12.2017 С. 1–6.
249. Медведовський О. К., Іваненко П. І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. К.: Урожай. 1991. 217 с.
250. Алексевич М., Ваник М., Конончук А., Конончук О. Оптимізація фізіолого-біохімічних процесів у сої застосуванням регуляторів росту рослин та молібдену. Проблеми та перспективи наук в умовах глобалізації: матер. ІХ Всеукр. наук. конф. Тернопіль: ТНПУ ім. В. Гнатюка. 2013. С. 229–233.
251. Грицаєнко З. М., Даценко А. А. Листковий апарат рослин гречки за дії біологічних препаратів. Тези доповідей державної науково-практичної конференції [Новітні технології в рослинництві], (Біла Церква, 6 листопада, 2014 р.). Біла Церква. 2014. С. 4.
252. Адаптивні технології вирощування круп'яних культур. Частина 1. Гречка: монографія. За ред. С. П. Полторецького і В. Я. Білоножка. Умань: Видавничо-поліграфічний центр "Візаві", 2018. 176 с.
253. Карпенко В. П., Грицаєнко З. М., Притуляк Р. М. Біологічні основи інтегрованої дії гербіцидів і регуляторів росту рослин; за ред. В. П. Карпенка. Умань : Видавець „Сочінський”, 2012. 357 с.
254. Марченко К. Ю. Активність каталази, поліфенолоксидази і пероксидази у листках вівса голозерного за використання мікробного препарату і регулятора росту рослин. The 8th International scientific and

practical conference “Actual trends of modern scientific research” (March 14–16, 2021) MDPC Publishing, Munich, Germany. 2021. P. 27–31.

255. Roca M., Chen K., Pérez-Gálvez A. Chlorophylls. Handbook on Natural Pigments in Food and Beverages. 2016. P. 125–158. DOI: 10.1016/b978-0-08-100371-8.00006-3

256. Гуляєв Б. І. Екофізіологія фотосинтезу: досягнення, стан та перспективи досліджень. Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліть. 2001. № 1. С. 60–74.

257. Todorova D., Aleksandrov V., Anev S., Sergiev I. Photosynthesis Alternations in Wheat Plants Induced by Herbicide, Soil Drought or Flooding. Agronomy. 2022. Vol. 12. № 2. DOI: 10.3390/agronomy12020390

258. Розборська Л. В., Заболотний О. І., Леонтюк І. Б. [та ін.]. Особливості хімічного захисту посівів пшениці озимої з метою підвищення її продуктивності в умовах екологізації. Таврійський науковий вісник. 2021. № 118. С. 359–368. DOI: 10.32851/2226-0099.2021.118.46

259. Грицаєнко З. М., Даценко А. А. Пігментний комплекс гречки за використання біологічних препаратів Діазобактерин і Радостим. Матеріали Міжнар. наук.-практ. конференції [Актуальні питання сучасної аграрної науки], (Умань, 15–16 листопада 2013 р.). Умань. 2013. С. 30–31.

260. Підан Л. Ф. Мікробіологічна активність ризосфери соняшника за дії гербіциду Фюзилад форте 150 та регулятора росту рослин Радостим. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2015. № 7. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2015_7_13

261. Lanthana P. C., Gopal H. Effect of Herbicides on Soil Microorganisms. Indian Journal of Weed Science. 2010. Vol. 42. № 3 & 4. P. 217–222.

262. Impact of Agrichemicals on Soil Microbiota and Management: A Review. R. S. Meena et al. Land. 2020. Vol. 9. № 34. DOI: 10.3390/land9020034

263. Karpenko V., Krasnoshtan V., Mostoviak I., Prytuliak R. Microorganisms number in sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) rhizosphere

after herbicide, plant growth regulator, and a biopreparation use. *Agronomy Science*. 2021. Vol. 76. № 2. P. 17–26. DOI: 10.24326/as.2021.2.2

264. Gregory P. J. Roots, rhizosphere and soil: the route to a better understanding of soil science? *European Journal of Soil Science*. 2006. Vol. 57. P. 2–12. DOI: 10.1111/j.1365-2389.2005.00778

265. Копилов Є. П. Ґрунтові гриби як біологічний чинник впливу на рослини. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2012. № 15–16. С. 7–28.

266. Лавренко С. О. Вплив агротехнічних прийомів на врожайність чини посівної при зрошенні в умовах півдня України. *Таврійський науковий вісник: Зб. наук. пр. Херсон: Айлант, 2002. Вип. 21. С. 37–40.*

267. Вознюк С. В., Титова Л. В., Ратушинська О. В., Іутинська Г. О. Формування та функціонування симбіотичних систем та мікробіоценозу ризосфери сої за використання різних фунгіцидів. *Мікробний журнал*. 2016. Т. 78. № 4. С. 59–70.

268. Новікова Т. П., Карпенко В. П. Формування симбіотичного апарату сочевиці за дії біологічних препаратів. *Матеріали XV Міжнародній наукової конференції «Молодь і поступ біології», присвяченої 135-й річниці від дня народження Якуба Парнаса. Львів. 2019. С. 122–123.*

269. Даценко А. А. Мікробіологічна активність ризосфери гречки за дії бактеріального препарату Діазобактерин і регулятора росту рослин Радостим. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2014. Вип. 86. С. 215–220.

270. El-Badry M. A., Elbarbary T. A., Ibrahim I. A., Abdel-Fatah Y. M. *Azotobacter vinelandii* evaluation and optimization of Abu Tartur Egyptian phosphate ore dissolution. *Saudi Journal of Pathology and Microbiology*. 2016. Vol. 1. № 3. P. 80–93. DOI: 10.21276/sjpm.2016.1.3.2

271. Пида С. В. Еколого-трофічні взаємодії вищих рослин і мікроорганізмів. *Аграрна наука і освіта*. 2007. Т. 8. № 2. С. 11–18.

272. Vassilev N., Vassileva M., Lopez A. [et al.]. Unexploited potential of some biotechnological techniques for biofertilizer production and formulation.

Appl Microbiol Biotechnol. 2015 Jun;99(12):4983-96. doi: 10.1007/s00253-015-6656-4. Epub 2015 May 9.

273. Arora S., Sahni D. Pesticides effect on soil microbial ecology and enzyme activity – An overview. J App. Nat. Sci. 2016. № 8 (2). P. 1126–1132.

274. Курдиш І. К. Роль мікроорганізмів у відтворенні родючості ґрунту. Сільськогосподарська мікробіологія. Міжвідомчий науковий збірник. 2009. Чернігів. С. 7–32.

275. Kumar A., Nayak A. K., Shukla A. K., Panda B. B., Raja R., Shahid M., Tripathi R., Mohanty S., Rath P. C. Microbial biomass and carbon mineralization in agricultural soils as affected by pesticide addition. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 2012. № 88 (4). P. 538–542.

276. Мельник А. В., Романько Ю. О. Вплив комплексного застосування азотних добрив та бактеріальних препаратів на врожайність сої в умовах Лівобережного Лісостепу України. Вісник Сумського НАУ. Суми. 2015. Вип. 30. С. 170–172.

277. Маслак О. О. Сучасні тенденції вирощування вівса та гороху. Агробізнес сьогодні. 2013. № 11. С.13–15.

278. Tsygankova V., Andrushevich Y., Kopich V. [et al.]. Brovarets Application of oxazole and oxazolopyrimidine as new effective regulators of oilseed rape growth. Sch. Bull. 2018. № 3. P. 301–312. DOI: 10.21276/sb.2018.4.3.8

279. Домарицький О. О., Ревтьо О. Я., Хомин І. О. Вплив регуляторів росту на ріст, розвиток та формування врожайності соняшнику гібрида Форвард в умовах недостатнього зволоження Південного Степу України. Таврійський науковий вісник. 2018. № 100. С. 51–56.

280. Ernst-Detlf Schulze, Erwin Beck, Klaus Muller-Hohenstein. Plant Ecologu. Spektrum Akademischer Verlag GmbH, Heidelberg. 2002. 692 p.

281. Шевніков М. Я., Кулібаба М. Ю. Урожайність та якість насіння сої залежно від строків сівби і використання біопрепаратів. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2013. № 3. С. 41–44.

282. Івасюк Ю. І. Ефективність симбіозу соя – бульбочкові бактерії за використання біологічних препаратів і гербіциду: автореферат дис. ... к. с.-г. н.: спец. 03.00.07 – мікробіологія. Умань. 2017. 23 с.
283. Ященко О. І., Романюк О. П. Економічні та соціальні аспекти оцінки ефективності. Науковий вісник НЛТУ України. 2008. Вип. 18.6. С. 237–238.
284. Каленська С. М., Новицька Н. В., Барзо І. Т. Економічна ефективність вирощування нуту в умовах Правобережного Лісостепу України. Молодий вчений. 2014. № 10 (13). С. 18–20.
285. Притуляк Р. М. Економічна ефективність застосування гербіцидів і регулятора росту рослин у посівах тритикале озимого. Тези наукової конференції. Умань. 2011. Ч. 1. С. 95.
286. Материнська О. А. Економічна ефективність виробництва зернових культур в сільськогосподарських підприємствах. Ефективна економіка. 2013. № 11. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=2521> (дата звернення: 01.06.2022).
287. Тодосійчук О. В. Вміст хлорофілу й чиста продуктивність фотосинтезу чини посівної за дії біологічних препаратів. Вісник Уманського НУС. 2024. № 2. С. 7–12. DOI: [10.32782/2310-0478-2024-2-7-12](https://doi.org/10.32782/2310-0478-2024-2-7-12)
288. Тодосійчук О. В. Фотосинтетична продуктивність посівів чини посівної за дії біологічних препаратів. The 2nd International scientific and practical conference “Current trends in scientific research development” (September 19-21, 2024) BoScience Publisher, Boston, USA. 2024. P. 22–26.
289. Тодосійчук О. В. Вплив біологічних препаратів на ростові процеси чини посівної. The 16th International Scientific and Practical Internet conference “Modern Movement of Science” (October 14-15), Dnipro, Ukraine. 2024. P. 394–395.
290. Тодосійчук О. В. Симбіотичний апарат рослин чини посівної за дії біопрепарату і регулятора росту рослин. Збірник наукових праць Уманського

НУС. 2024. Вип. 105. Ч. 1. С. 30–37. DOI: 10.32782/2415-8240-2024-105-1-30-37

291. Тодосійчук О. В. Кількість і маса бульбочок кореневої системи чини посівної за дії біологічних препаратів. The 9th International scientific and practical conference “Perspectives of contemporary science: theory and practice” (October 14-16, 2024) SPC “Sci-conf.com.ua”, Lviv, Ukraine. 2024. Р. 70–73.

292. Тодосійчук О. В. Урожайність і якість зерна чини посівної за дії біологічних препаратів. Агробіологія. Збірник наукових праць Білоцерківського НАУ. Біла Церква. 2024. № 2 (191). С. 128–133. DOI: 10.33245

293. Тодосійчук О. В. Продуктивність посівів чини посівної за дії біологічних препаратів. Науково-інноваційний розвиток агровиробництва як запорука продовольчої безпеки України: вчора, сьогодні, завтра: матеріали VI Всеукраїнської науково-практичної конференції, Київ, 25–26 вересня 2024 р. НААН, ННСГБ, Ін-т історії аграр. науки, освіти та техніки, ІМА АПВ НААН. Київ, 2024. С.152–155.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Таблиця А.1

**Надземна біомаса рослин чини посівної за використання БП
Біонеостим та РРР Вермистим Д (фаза бутонізації, г/1 рослину)**

Варіант досліджу	2022 р.	2023 р.	2024 р.
Без застосування препаратів (контроль)	8,14	9,66	10,31
БП Біонеостим (1,0 л/т – обробка насіння) Фон І	8,54	10,24	11,25
РРР Вермистим Д (7,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	8,38	10,15	10,97
БП Біонеостим Фон І + РРР Вермистим Д Фон ІІ (Фон ІІІ)	8,96	10,82	11,67
РРР Вермистим Д (8,0 л/га – обробка вегетуючих рослин)	8,33	10,02	10,77
Фон І + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	9,77	11,43	12,69
Фон ІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	9,42	11,21	12,09
Фон ІІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	10,21	11,74	13,39
<i>НІР₀₅</i>	0,32	0,41	0,38

Таблиця А.2

**Надземна біомаса рослин чини посівної за використання БП
Біонеостим та РРР Вермистим Д
(фаза цвітіння–утворення бобів, г/1 рослину)**

Варіант досліджу	2022 р.	2023 р.	2024 р.
Без застосування препаратів (контроль)	35,21	37,94	41,06
БП Біонеостим (1,0 л/т – обробка насіння) Фон І	37,29	40,03	43,61
РРР Вермистим Д (7,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	36,86	39,87	43,24
БП Біонеостим Фон І + РРР Вермистим Д Фон ІІ (Фон ІІІ)	38,55	41,89	45,99
РРР Вермистим Д (8,0 л/га – обробка вегетуючих рослин)	36,30	39,61	42,17
Фон І + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	40,21	44,43	49,27
Фон ІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	39,19	43,25	48,00
Фон ІІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	42,07	46,92	51,41
<i>НІР₀₅</i>	1,02	0,80	1,17

ДОДАТОК Б

Таблиця Б.1

**Активність антиоксидантних ферментів у листках чини посівної за
використання БП Біонеостим та РРР Вермистим Д
(фаза бутонізації, 2022 р.)**

Варіант досліджу	Каталаза, мкМоль розкладеного H ₂ O ₂ /г сирії речовини за 1 хв.	Пероксидаза, мкМоль окисненого гваяколу/г сирії маси за 1 хв.	Поліфенол- оксидаза, мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирії маси за 1 хв.
Без застосування препаратів (контроль)	56,4	101,9	18,5
БП Біонеостим (1,0 л/т – обробка насіння) Фон І	63,6	112,5	23,2
РРР Вермистим Д (7,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	60,3	108,2	21,2
БП Біонеостим Фон І + РРР Вермистим Д Фон ІІ (Фон ІІІ)	64,9	114,9	24,4
РРР Вермистим Д (8,0 л/га – обробка вегетуючих рослин)	59,4	105,7	20,1
Фон І + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	67,7	130,7	27,8
Фон ІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	65,9	120,8	26,2
Фон ІІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	71,4	141,5	29,8
<i>НІР₀₅</i>	1,17	2,8	1,1

Таблиця Б.2

Активність антиоксидантних ферментів у листках чини посівної за використання БП Біонеостим та РРР Вермистим Д (фаза бутонізації, 2023 р.)

Варіант досліджу	Каталаза, мкМоль розкладеного H_2O_2 /г сирії речовини за 1 хв.	Пероксидаза, мкМоль окисненого гваяколу/г сирії маси за 1 хв.	Поліфенол-оксидаза, мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирії маси за 1 хв.
Без застосування препаратів (контроль)	64,2	118,3	22,1
БП Біонеостим (1,0 л/т – обробка насіння) Фон І	73,3	132,4	28,2
РРР Вермистим Д (7,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	70,0	125,4	26,1
БП Біонеостим Фон І + РРР Вермистим Д Фон ІІ (Фон ІІІ)	75,0	135,1	30,0
РРР Вермистим Д (8,0 л/га – обробка вегетуючих рослин)	68,8	121,1	25,1
Фон І + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	79,4	148,0	34,1
Фон ІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	77,1	142,3	31,8
Фон ІІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	84,1	153,2	37,5
<i>НІР₀₅</i>	1,42	3,1	2,4

Таблиця Б.3

Активність антиоксидантних ферментів у листках чини посівної за використання БП Біонеостим та РРР Вермистим Д (фаза бутонізації, 2024 р.)

Варіант досліджу	Каталаза, мкМоль розкладеного H_2O_2 /г сирової речовини за 1 хв.	Пероксидаза, мкМоль окисненого гваяколу/г сирової маси за 1 хв.	Поліфенол-оксидаза, мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирової маси за 1 хв.
Без застосування препаратів (контроль)	70,6	136,8	30,6
БП Біонеостим (1,0 л/т – обробка насіння) Фон І	80,1	154,9	36,8
РРР Вермистим Д (7,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	77,5	148,3	34,5
БП Біонеостим Фон І + РРР Вермистим Д Фон ІІ (Фон ІІІ)	82,9	157,5	41,2
РРР Вермистим Д (8,0 л/га – обробка вегетуючих рослин)	75,2	144,5	32,9
Фон І + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	86,6	177,0	43,9
Фон ІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	84,2	167,9	42,7
Фон ІІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	89,7	184,7	46,1
<i>НІР₀₅</i>	1,75	3,5	1,9

Таблиця Б.4

Активність антиоксидантних ферментів у листках чини посівної за використання БП Біонеостим та РРР Вермистим Д (фаза цвітіння–утворення бобів, 2022 р.)

Варіант досліджу	Каталаза, мкМоль розкладеного H_2O_2 /г сирії речовини за 1 хв.	Пероксидаза, мкМоль окисненого гваяколу/г сирії маси за 1 хв.	Поліфенол-оксидаза, мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирії маси за 1 хв.
Без застосування препаратів (контроль)	69,1	122,4	21,3
БП Біонеостим (1,0 л/т – обробка насіння) Фон І	77,5	135,4	25,5
РРР Вермистим Д (7,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	75,0	132,3	24,3
БП Біонеостим Фон І + РРР Вермистим Д Фон ІІ (Фон ІІІ)	80,1	140,6	27,3
РРР Вермистим Д (8,0 л/га – обробка вегетуючих рослин)	73,7	129,7	23,2
Фон І + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	85,7	154,0	31,9
Фон ІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	82,3	147,4	29,2
Фон ІІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	90,9	163,8	37,6
<i>НІР₀₅</i>	1,38	3,6	1,7

Таблиця Б.5

Активність антиоксидантних ферментів у листках чини посівної за використання БП Біонеостим та РРР Вермистим Д (фаза цвітіння–утворення бобів, 2023 р.)

Варіант досліджу	Каталаза, мкМоль розкладеного H_2O_2 /г сирії речовини за 1 хв.	Пероксидаза, мкМоль окисненого гваяколу/г сирії маси за 1 хв.	Поліфенол-оксидаза, мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирії маси за 1 хв.
Без застосування препаратів (контроль)	82,4	140,1	29,7
БП Біонеостим (1,0 л/т – обробка насіння) Фон І	95,3	158,6	35,1
РРР Вермистим Д (7,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	89,8	154,1	32,9
БП Біонеостим Фон І + РРР Вермистим Д Фон ІІ (Фон ІІІ)	95,1	163,4	37,2
РРР Вермистим Д (8,0 л/га – обробка вегетуючих рослин)	86,7	147,4	31,4
Фон І + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	101,7	182,8	42,5
Фон ІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	99,5	173,7	39,8
Фон ІІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	105,4	196,3	46,8
<i>НІР₀₅</i>	2,01	5,8	2,1

Таблиця Б.6

Активність антиоксидантних ферментів у листках чини посівної за використання БП Біонеостим та РРР Вермистим Д (фаза цвітіння–утворення бобів, 2024 р.)

Варіант досліджу	Каталаза, мкМоль розкладеного H ₂ O ₂ /г сирії речовини за 1 хв.	Пероксидаза, мкМоль окисненого гваяколу/г сирії маси за 1 хв.	Поліфенол- оксидаза, мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирії маси за 1 хв.
Без застосування препаратів (контроль)	91,7	163,7	36,9
БП Біонеостим (1,0 л/т – обробка насіння) Фон І	105,5	184,7	42,9
РРР Вермистим Д (7,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	101,6	179,1	40,3
БП Біонеостим Фон І + РРР Вермистим Д Фон ІІ (Фон ІІІ)	107,7	192,8	44,6
РРР Вермистим Д (8,0 л/га – обробка вегетуючих рослин)	99,9	175,0	38,4
Фон І + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	116,9	209,0	50,2
Фон ІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	111,8	200,7	47,9
Фон ІІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	124,8	227,0	54,1
<i>НІР₀₅</i>	1,96	4,2	2,3

Додаток В

Таблиця В.1

**Загальна чисельність бактерій ризосфери чини посівної за дії БП
Біонеостим і РРР Вермистим Д (фаза бутонізації)**

Варіант досліджу	Тис. КУО в 1 г ґрунту		
	2022 р.	2023 р.	2024 р.
Без застосування препаратів (контроль)	689	784	827
БП Біонеостим (1,0 л/т – обробка насіння) Фон І	963	1011	1092
РРР Вермистим Д (7,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	945	956	1042
БП Біонеостим Фон І + РРР Вермистим Д Фон ІІ (Фон ІІІ)	984	1066	1150
РРР Вермистим Д (8,0 л/га – обробка вегетуючих рослин)	804	893	992
Фон І + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	1048	1145	1315
Фон ІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	1003	1098	1224
Фон ІІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	1079	1185	1391
<i>НІР₀₅</i>	24	38	43

Таблиця В.2

**Загальна чисельність мікроміцетів ризосфери чини посівної за дії БП
Біонеостим і РРР Вермистим Д (фаза бутонізації)**

Варіант досліджу	Тис. КУО в 1 г ґрунту		
	2022 р.	2023 р.	2024 р.
Без застосування препаратів (контроль)	191	247	263
БП Біонеостим (1,0 л/т – обробка насіння) Фон І	220	271	310
РРР Вермистим Д (7,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	212	264	297
БП Біонеостим Фон І + РРР Вермистим Д Фон ІІ (Фон ІІІ)	227	279	321
РРР Вермистим Д (8,0 л/га – обробка вегетуючих рослин)	202	257	284
Фон І + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	241	296	350
Фон ІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	231	287	334
Фон ІІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	251	314	370
<i>НІР₀₅</i>	8	10	13

Таблиця В.3

**Загальна чисельність бактерій ризосфери чини посівної за дії БП
Біонеостим і РРР Вермистим Д (фаза цвітіння–утворення бобів)**

Варіант досліджу	Тис. КУО в 1 г ґрунту		
	2022 р.	2023 р.	2024 р.
Без застосування препаратів (контроль)	801	904	991
БП Біонеостим (1,0 л/т – обробка насіння) Фон І	985	1148	1229
РРР Вермистим Д (7,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	953	1121	1169
БП Біонеостим Фон І + РРР Вермистим Д Фон ІІ (Фон ІІІ)	1017	1193	1328
РРР Вермистим Д (8,0 л/га – обробка вегетуючих рослин)	921	1085	1120
Фон І + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	1073	1275	1447
Фон ІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	1041	1220	1358
Фон ІІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	1139	1401	1598
<i>НІР₀₅</i>	24	20	31

Таблиця В.4

**Загальна чисельність мікроміцетів ризосфери чини посівної за дії БП
Біонеостим і РРР Вермистим Д (фаза цвітіння–утворення бобів)**

Варіант досліджу	Тис. КУО в 1 г ґрунту		
	2022 р.	2023 р.	2024 р.
Без застосування препаратів (контроль)	214	279	308
БП Біонеостим (1,0 л/т – обробка насіння) Фон І	250	315	370
РРР Вермистим Д (7,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	240	304	357
БП Біонеостим Фон І + РРР Вермистим Д Фон ІІ (Фон ІІІ)	261	332	385
РРР Вермистим Д (8,0 л/га – обробка вегетуючих рослин)	229	293	339
Фон І + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	280	352	416
Фон ІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	268	338	397
Фон ІІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	296	364	449
<i>НІР₀₅</i>	10	14	11

Додаток Д

Таблиця Д.1

Чисельність азотфіксувальних бактерій роду *Azotobacter* (кількість оброслих колоніями грудочок ґрунту, шт.) в ризосфері чини посівної за використання БП Біонеостим та РРР Вермистим Д (фаза бутонізації)

Варіант досліджу	2022 р.	2023 р.	2024 р.
Без застосування препаратів (контроль)	43	46	45
БП Біонеостим (1,0 л/т – обробка насіння) Фон І	47	48	48
РРР Вермистим Д (7,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	45	47	48
БП Біонеостим Фон І + РРР Вермистим Д Фон ІІ (Фон ІІІ)	50	49	48
РРР Вермистим Д (8,0 л/га – обробка вегетуючих рослин)	44	46	45
Фон І + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	50	49	50
Фон ІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	48	49	50
Фон ІІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	50	50	50
<i>НІР</i> ₀₅	1,6	0,9	1,1

Таблиця Д.2

Чисельність азотфіксувальних бактерій роду *Azotobacter* (кількість оброслих колоніями грудочок ґрунту, шт.) в ризосфері чини посівної за використання БП Біонеостим та РРР Вермистим Д (фаза цвітіння–утворення бобів)

Варіант досліджу	2022 р.	2023 р.	2024 р.
Без застосування препаратів (контроль)	45	46	46
БП Біонеостим (1,0 л/т – обробка насіння) Фон І	47	48	49
РРР Вермистим Д (7,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	45	47	48
БП Біонеостим Фон І + РРР Вермистим Д Фон ІІ (Фон ІІІ)	49	48	50
РРР Вермистим Д (8,0 л/га – обробка вегетуючих рослин)	46	47	47
Фон І + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	49	50	50
Фон ІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	49	48	50
Фон ІІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	50	50	50
<i>НІР</i> ₀₅	0,8	1,0	1,2

Додаток Е

Таблиця Е. 1

Чисельність амоніфікувальних мікроорганізмів ризосфери чини посівної за використання БП Біонеостим та РРР Вермистим Д (фаза бутонізації)

Варіант досліджу	Тис. клітин/г ґрунту		
	2022 р.	2023 р.	2024 р.
Без застосування препаратів (контроль)	97	104	123
БП Біонеостим (1,0 л/т – обробка насіння) Фон І	113	133	153
РРР Вермистим Д (7,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	107	127	144
БП Біонеостим Фон І + РРР Вермистим Д Фон ІІ (Фон ІІІ)	118	141	162
РРР Вермистим Д (8,0 л/га – обробка вегетуючих рослин)	101	121	134
Фон І + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	126	156	175
Фон ІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	120	147	170
Фон ІІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	138	165	189
<i>НІР₀₅</i>	6,1	4,8	8,0

Таблиця Е. 2

**Чисельність амоніфікувальних мікроорганізмів ризосфери чини
посівної за використання БП Біонеостим та РРР Вермистим Д
(фаза цвітіння–утворення бобів)**

Варіант досліджу	Тис. клітин/г ґрунту		
	2022 р.	2023 р.	2024 р.
Без застосування препаратів (контроль)	117	138	151
БП Біонеостим (1,0 л/т – обробка насіння) Фон І	147	171	196
РРР Вермистим Д (7,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	139	159	183
БП Біонеостим Фон І + РРР Вермистим Д Фон ІІ (Фон ІІІ)	154	178	201
РРР Вермистим Д (8,0 л/га – обробка вегетуючих рослин)	133	150	178
Фон І + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	172	193	219
Фон ІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	161	181	202
Фон ІІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	184	209	243
<i>НІР₀₅</i>	8,1	6,4	10,2

Таблиця Е. 3

**Чисельність нитрифікувальних мікроорганізмів ризосфери чини
посівної за використання БП Біонеостим та РРР Вермистим Д
(фаза бутонізації)**

Варіант досліджу	Тис. клітин/г ґрунту		
	2022 р.	2023 р.	2024 р.
Без застосування препаратів (контроль)	15	24	31
БП Біонеостим (1,0 л/т – обробка насіння) Фон І	19	27	36
РРР Вермистим Д (7,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	16	25	34
БП Біонеостим Фон І + РРР Вермистим Д Фон ІІ (Фон ІІІ)	20	29	37
РРР Вермистим Д (8,0 л/га – обробка вегетуючих рослин)	15	25	33
Фон І + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	24	35	43
Фон ІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	20	31	40
Фон ІІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	27	39	46
<i>НІР₀₅</i>	0,7	1,9	1,6

Таблиця Е. 4

**Чисельність нитрифікувальних мікроорганізмів ризосфери чини
посівної за використання БП Біонеостим та РРР Вермистим Д
(фаза цвітіння–утворення бобів)**

Варіант досліджу	Тис. клітин/г ґрунту		
	2022 р.	2023 р.	2024 р.
Без застосування препаратів (контроль)	23	32	39
БП Біонеостим (1,0 л/т – обробка насіння) Фон І	30	37	49
РРР Вермистим Д (7,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	27	34	45
БП Біонеостим Фон І + РРР Вермистим Д Фон ІІ (Фон ІІІ)	32	39	52
РРР Вермистим Д (8,0 л/га – обробка вегетуючих рослин)	24	32	42
Фон І + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	36	42	59
Фон ІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	34	39	54
Фон ІІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	41	50	63
<i>НІР₀₅</i>	0,9	1,8	2,1

Таблиця Е. 5

**Чисельність целюлозолітичних мікроорганізмів ризосфери чини
посівної за використання БП Біонеостим та РРР Вермистим Д
(фаза бутонізації)**

Варіант досліджу	Тис. клітин/г ґрунту		
	2022 р.	2023 р.	2024 р.
Без застосування препаратів (контроль)	127	142	154
БП Біонеостим (1,0 л/т – обробка насіння) Фон І	144	151	180
РРР Вермистим Д (7,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	139	147	173
БП Біонеостим Фон І + РРР Вермистим Д Фон ІІ (Фон ІІІ)	147	155	189
РРР Вермистим Д (8,0 л/га – обробка вегетуючих рослин)	132	144	165
Фон І + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	157	165	202
Фон ІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	150	157	194
Фон ІІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	169	181	214
<i>НІР₀₅</i>	4,6	1,9	5,1

Таблиця Е. 6

Чисельність целюлозолітичних мікроорганізмів ризосфери чини посівної за використання БП Біонеостим та РРР Вермистим Д (фаза цвітіння–утворення бобів)

Варіант досліджу	Тис. клітин/г ґрунту		
	2022 р.	2023 р.	2024 р.
Без застосування препаратів (контроль)	149	160	172
БП Біонеостим (1,0 л/т – обробка насіння) Фон І	160	196	208
РРР Вермистим Д (7,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	156	180	197
БП Біонеостим Фон І + РРР Вермистим Д Фон ІІ (Фон ІІІ)	167	202	219
РРР Вермистим Д (8,0 л/га – обробка вегетуючих рослин)	154	171	183
Фон І + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	180	224	242
Фон ІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	171	209	226
Фон ІІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	194	231	263
<i>НІР₀₅</i>	3,7	3,2	5,1

Додаток Ж

Таблиця Ж. 1

Маса 1000 насінин чини посівної чини посівної сорту Іволга за використання БП Біонеостим та РРР Вермистим Д, г

Варіант досліджу	2022 р.	2023 р.	2024 р.
Без застосування препаратів (контроль)	176,1	193,9	199,3
БП Біонеостим (1,0 л/т – обробка насіння) Фон І	179,5	198,7	207,4
РРР Вермистим Д (7,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	178,0	197,1	204,9
БП Біонеостим Фон І + РРР Вермистим Д Фон ІІ (Фон ІІІ)	181,7	201,9	210,5
РРР Вермистим Д (8,0 л/га – обробка вегетуючих рослин)	176,9	195,0	203,4
Фон І + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	185,3	208,1	215,6
Фон ІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	183,1	204,7	212,0
Фон ІІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	187,0	213,7	221,2
<i>НІР₀₅</i>	0,7	1,0	1,3

Таблиця Ж. 2

Вміст білка в зерні чини посівної чини посівної сорту Іволга за використання БП Біонеостим та РРР Вермистим Д, %

Варіант досліджу	2022 р.	2023 р.	2024 р.
Без застосування препаратів (контроль)	25,1	27,3	28,5
БП Біонеостим (1,0 л/т – обробка насіння) Фон І	26,0	28,2	30,3
РРР Вермистим Д (7,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	25,6	27,9	30,0
БП Біонеостим Фон І + РРР Вермистим Д Фон ІІ (Фон ІІІ)	26,5	28,5	30,9
РРР Вермистим Д (8,0 л/га – обробка вегетуючих рослин)	25,3	27,7	28,9
Фон І + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	27,1	29,1	31,3
Фон ІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	26,7	28,9	31,0
Фон ІІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	27,7	29,4	31,9
<i>НІР₀₅</i>	0,2	0,4	0,2

Додаток 3



АКТ

впровадження науково-дослідної роботи у виробництво

« 21 » жовтня 2024 р.

Аспірант кафедри біології УНУС Тодосійчук Олександр Вячеславович і голова ФГ «Агрофірма «Базис» Берташене Галина Володимирівна (с. Кочубіївка, Уманського району Черкаської області) склали даний акт про те, що в ФГ «Агрофірма «Базис» виконувалось впровадження результатів науково-дослідної роботи з вивчення біологічних препаратів у технології вирощування чини посівної.

Вид впровадження – площа чини посівної 3,0 га, обробка насіння перед сівбою біопрепаратом Меланоріз у нормі 1,0 л/т сумісно з регулятором росту рослин Вермистим Д у нормі 7,0 л/т та обприскування рослин регулятором росту рослин Вермистим Д у нормі 8,0 л/га.

Економічний ефект – прибавка врожаю чини посівної 0,39 т/га та одержання додаткового прибутку на рівні 9740 грн./га.

Соціальний і науково-технічний ефект – підвищення врожайності посівів чини посівної та економічних показників.

Аспірант кафедри біології

Олександр ТОДОСІЙЧУК

Додаток К

«Затверджую»
 ФГ «Кримяне»
 Іван ЛЮБЧЕНКО
 « 21 » 10 2024р.
 Код 32726001

«Затверджую»
 Ректор УНУС
 Олена ПЕПОЧАТЕНКО
 « 21 » 10 2024р.

Акт

впровадження науково-дослідної роботи у виробництво

« 21 » 10 2024р.

Аспірант кафедри біології УНУС Тодосійчук Олександр Вячеславович і голова ФГ «Кримяне» Любченко Іван Іванович (с. Доброводи, Уманського району Черкаської області) склали даний акт про те, що в ФГ «Кримяне» виконувалось впровадження результатів науково-дослідної роботи з вивчення біологічних препаратів у технології вирощування чини посівної.

Вид впровадження – площа чини посівної 5,0 га, обробка насіння перед сівбою біопрепаратом Біонеостим у нормі 1,0 л/т сумісно з регулятором росту рослин Вермистим Д у нормі 7,0 л/т (ФОН). По даному фоні посіви у фазі стеблуння обприскували регулятором росту рослин Вермистим Д у нормі 8,0 л/га.

Економічний ефект – за використання даної композиції біопрепаратів прибавка врожаю чини посівної склала 0,47 т/га, що забезпечило формування додаткового прибутку в розмірі 11400 грн./га.

Соціальний і науково-технічний ефект – підвищення врожайності посівів чини посівної, покращення якості зерна за рахунок комплексного використання у технології вирощування культури біологічних препаратів.

Аспірант кафедри біології



Олександр ТОДОСІЙЧУК

Додаток Л

СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Тодосійчук О. В. Урожайність і якість зерна чини посівної за дії біологічних препаратів. Агробіологія. Збірник наукових праць Білоцерківського НАУ. Біла Церква. 2024. № 2 (191). С. 128–133. DOI: [10.33245/2310-9270-2024-191-2-128-133](https://doi.org/10.33245/2310-9270-2024-191-2-128-133)
2. Тодосійчук О. В. Симбіотичний апарат рослин чини посівної за дії біопрепарату і регулятора росту рослин. Збірник наукових праць Уманського НУС. 2024. Вип. 105. Ч. 1. С. 30–37. DOI: 10.32782/2415-8240-2024-105-1-30-37
3. Тодосійчук О. В. Вміст хлорофілу й чиста продуктивність фотосинтезу чини посівної за дії біологічних препаратів. Вісник Уманського НУС. 2024. № 2. С. 7–12. DOI: 10.32782/2310-0478-2024-2-7-12

Праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

4. Тодосійчук О. В. Продуктивність посівів чини посівної за дії біологічних препаратів. Науково-інноваційний розвиток агровиробництва як запорука продовольчої безпеки України: вчора, сьогодні, завтра: матеріали VI Всеукраїнської науково-практичної конференції, Київ, 25–26 вересня 2024 р. НААН, ННСГБ, Ін-т історії аграр. науки, освіти та техніки, ІМА АПВ НААН. Київ, 2024. С.152–155.
5. Тодосійчук О. В. Фотосинтетична продуктивність посівів чини посівної за дії біологічних препаратів. The 2nd International scientific and practical conference “Current trends in scientific research development” (September 19-21, 2024) BoScience Publisher, Boston, USA. 2024. P. 22–26.

6. Тодосійчук О. В. Кількість і маса бульбочок кореневої системи чини посівної за дії біологічних препаратів. The 9th International scientific and practical conference “Perspectives of contemporary science: theory and practice” (October 14-16, 2024) SPC “Sci-conf.com.ua”, Lviv, Ukraine. 2024. P. 70–73.
7. Тодосійчук О. В. Вплив біологічних препаратів на ростові процеси чини посівної. The 16th International Scientific and Practical Internet conference “Modern Movement of Science” (October 14-15), Dnipro, Ukraine. 2024. P. 394–395.