МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

**КАРПЕНКО ВАЛЕНТИН ВІКТОРОВИЧ**

УДК 633.11:631.86/.87(477.4)

# ДИСЕРТАЦІЯ
# ОБҐРУНТУВАННЯ КОМПЛЕКСНОГО ЗАСТОСУВАННЯ БІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ У ПОСІВАХ ТРИТИКАЛЕ ОЗИМОГО В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

202 – Захист і карантин рослин
20 – Аграрні науки та продовольство
Подається на здобуття ступеня доктора філософії

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

Науковий керівник – Мостов'як Іван Іванович, доктор сільськогосподарських наук, професор

Умань – 2024

# АНОТАЦІЯ

*Карпенко В. В.* Обґрунтування комплексного застосування біологічних препаратів у посівах тритикале озимого в умовах Правобережного Лісостепу України. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 202 Захист і карантин рослин (20 Аграрні науки та продовольство). Уманський національний університет садівництва, Умань, 2024 р.

У вступній частині дисертаційної роботи обґрунтовано актуальність теми дослідження, сформульовано мету і завдання, висвітлено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів.

У першому розділі проаналізовано результати наукових праць вітчизняних і зврубіжних учених щодо роздільного та комплексного застосування біологічних препаратів, у тому числі й мікробного походження, у посівах польових культур, та їх вплив на фітосанітарний стан посівів, мікробіологічні процеси у ґрунті і фізіолого-біохімічні – у рослинах, і їх вплив на формування якісних і кількісних показників урожайності. Встановлено, що хоча питання застосування біологічних препаратів мікробного походження у посівах польових культур вивчалося досить широко, проте комплексна їх дія у посівах тритикале озимого дотепер залишається маловивченою, що актуалізує дослідження в даному напрямку.

Експериментальна частина роботи виконувалася впродовж 2020–2023 років в польових умовах ННВ Уманського НУС та лабораторних – кафедри захисту і карантину рослин.

Погодні умови в роки проведення досліджень були переважно сприятливими для вирощування тритикале озимого, однак з деякими відхиленнями від норми, в основному за забезпеченістю рослин вологою, що відобразилося на розвитку патогенної мікробіоти, мікробіологічній активності ґрунту та перебігу основних фізіолого-біохімічних процесів, які лежать в основі формування продуктивності посівів.

Вплив досліджуваних біологічних препаратів мікробного походження Меланоріз, Біозлак і Бактофіт, що застосовувалися окремо і у комплексі, вивчали у посівах тритикале озимого сорту Єлань.

У ході досліджень вивчалась дія обприскування посівів мікробним препаратом з фунгіцидною дією Бактофіт окремо і на фоні передпосівної бактеризації насіння біологічними препаратами мікробного походження Меланоріз і Біозлак. Схема польового досліду передбачала 12 дослідних варіантів, на яких проводилися польові і лабораторні дослідження.

У результаті виконання досліджень встановлено, що обробка насіння Меланорізом і Біозлаком з наступним обприскуванням посівів Бактофітом мала суттєвий вплив на фітосанітарний стан посівів тритикале озимого залежно від погодніх умов. У 2023 році через надмірну кількість опадів у квітні місяці ураженість патогенною мікробіотою посівів була найвищою. За комплексного використання препаратів простежувалось значне зниження ураженості та поширення кореневих гнилей, хвороб листків та колосу, особливо у разі обприскування посівів Бактофітом (2,0–3,0 л/га) на фоні передпосівної бактеризації Меланорізом, де показник ураження кореневими гнилями у середньому за роки досліджень знижувався до рівня 0,3–1,0%; поширення плямистостей листків – до рівня 4,2–2,7%, борошнистої роси – до 2,0–0,3%; ураженість колосу септоріозом – до 2,2–1,2%; фузаріозом – до 1,6–0,6%; летючою сажкою – до 3,9–3,6% і твердою сажкою – до 4,9–4,6% залежно від норм застосування біофунгіциду.

Встановлено, що передпосівна бактеризація насіння тритикале озимого мікробним препаратом Меланоріз сприяла зростанню загальної чисельності мікроорганізмів ризосфери культури відносно контрольного варіанту в 1,43–1,56 рази.

За використання Бактофіту на фоні бактеризації насіння Біозлаком у ризосфері тритикале озимого відмічено зростання загальної чисельності мікробіоти у 1,50–1,92 рази.

Очевидно, що збільшення загальної чисельності мікробіоти у ризосфері культури було зумовлено більш активним формуванням розмірів кореневої системи за дії бактеріальних препаратів, що, в свою чергу, сприяло додатковому виділенню кореневих ексудатів, які виступають у якості живильних субстратів для мікробних угруповань. Водночас зростання чисельності ризосферної мікробіоти тритикале озимого може бути напряму пов'язане з інтродукцією в ризосферу активних штамів, складових препаратів.

Дослідження чисельності мікроміцетів у ризосфері тритикале озимого виявило подібну залежність: найбільш активний розвиток мікроміцетів відмічався за використання Біозлаку на фоні обробки насіння Меланорізом, де перевищення до контролю складало 1,33–1,68 рази. Дане поєднання препаратів сприяло зростанню чисельності целюлозолітичних, нітрифікувальних та азотфіксувальних бактерій ризосфери тритикале озимого.

Досліджувані біологічні препарати викликали зміни в активності ферментів класу оксидоредуктаз рослин тритикале озимого.

У середньому за роки досліджень, у фазі виходу в трубку за бактеризації насіння Меланорізом активність каталази порівняно з контролем зростала на 11%, пероксидази – на 5% та поліфенолоксидази – на 7%, тоді як за передпосівної обробки насіння Біозлаком активність досліджуваних ферментів перевищувала показники контрольного варіанту на 9, 4 і 5% відповідно. Посходове обприскування посівів культури Бактофітом у нормах 2,0; 2,5 і 3,0 л/га сприяло зростанню активності каталази порівняно з контролем на 10, 23 і 32%, пероксидази – на 5, 8 і 15% та поліфенолоксидази – на 4, 11 і 17% відповідно до норм біофунгіциду.

Застосування вказаних норм Бактофіту на фоні передпосівної бактеризації насіння Біозлаком сприяло підвищенню активності каталази проти контрольного варіанту на 15–33%, пероксидази – на 11–18% та поліфенолоксидази – на 19–40% залежно від норми застосування

біофунгіциду. Також у цих варіантах досліду активність ферментів на 6–10% перевищувала дані, отримані у варіантах із застосуванням Біозлаку на фоні необробленого насіння.

Серед усіх варіантів досліду найвищу ферментативну активність забезпечувало застосування Бактофіту на фоні передпосівної бактеризації насіння Меланорізом. У цих варіантах досліду активність каталази зростала проти контрольного варіанту на 23–46%, пероксидази – на 14–22% та поліфенолоксидази – на 26–49%.

У ході досліджень виявлено, що використання мікробних препаратів для передпосівної бактеризації насіння тритикале озимого та обробки посівів сприяло зростанню вмісту в листках рослин фотосинтетичних пігментів

Найбільш активне накопичення хлорофілів та каротиноїдів було відмічено у випадку посходового застосування 2,0; 2,5 і 3,0 л/га Бактофіту на фоні бактеризації насіння культури Меланорізом. У фазі цвітіння у цих варіантах досліду збільшення вмісту пігментів порівняно з контрольним варіантом складало: хлорофілу *a* – на 0,46; 0,54 і 0,63; хлорофілу b – на 0,07; 0,08 і 0,11; суми хлорофілів (*a*+b) – на 0,53; 0,62 і 0,73; каротиноїдів – на 0,06; 0,10 і 0,13 мг/г сирої речовини відповідно до норм біофунгіциду. Також простежувалась тенденція до зростання відношення хлорофілу *a* до хлорофілу b за одночасного зниження відношення суми хлорофілів (*a*+b) до каротиноїдів, що свідчить про створення за дії біологічних препаратів більш сприятливих умов для росту і розвитку рослин культури.

Дослідження інтенсивності дихання рослин тритикале озимого показало залежність зміни даного показника від виду та способу використання біологічних препаратів. У фазі цвітіння у середньому за роки досліджень за бактеризації насіння культури перед посівом мікробіологічним препаратом Меланоріз спостерігалась тенденція до зростання інтенсивності дихання порівняно з контрольним варіантом на 8%, а при використанні обробки насіння Біозлаком – на 7%. Позитивний вплив на зміну інтенсивності дихання мало і посходове внесення Бактофіту у нормах 2,0; 2,5

і 3,0 л/га, що сприяло підвищенню даного показника порівняно з контролем на 6, 11 і 17% відповідно до норм препарату.

Значну зміну інтенсивності дихання рослин тритикале озимого відмічено за використання Бактофіту у досліджуваних нормах по фону передпосівної бактеризації насіння, де перевищення до контролю складало 11–24%, а по фону бактеризації насіння Меланорізом – на 17–30%.

Зростання показника інтенсивності дихання рослин тритикале озимого узгоджується із отриманими раніше результатами досліджень щодо активності антиоксидантних ферментів: інтенсивність дихання була найвищою у тих же варіантах досліду, що й активність досліджуваних ферментів.

У середньому за роки досліджень у фазі цвітіння обробка насіння Меланорізом та Бактофітом сприяла наростанню листкового апарату рослин порівняно з контролем до 106 і 105%; посходове внесення Бактофіту (2,0; 2,5 і 3,0 л/га) – до 106, 108 і 108%; застосування цих же норм біофунгіциду по фону обробки насіння Біозлаком – на 8, 10 і 13% та по фону обробки насіння Меланорізом – на 14, 17 і 21% відповідно. Очевидно, позитивний вплив мікробних препаратів на наростання площі листкового апарату тритикале озимого зумовлений сумарною дією чинників: фітоценотичного, що полягав у покращенні ростових процесів; фізіолого-біохімічного, який реалізувався через біологічно активні речовини, що синтезуються мікроорганізмами та завдяки яким покращувався фітосанітарний стан посівів, підвищувалась функціональна активність і продуктивність листкового апарату.

Одержані експериментальні дані дають підставу стверджувати, що досліджувані біологічні препарати за різних способів застосування мали позитивний вплив на формування надземної біомаси рослинами тритикале озимого. Зокрема, у середньому за роки досліджень передпосівна обробка насіння Меланорізом сприяла збільшенню у фазі цвітіння надземної біомаси тритикале озимого проти контролю на 8%, тоді як бактеризація Біозлаком – на 6%. Застосування біофунгіциду Бактофіт по вегетації культури у нормах

2,0–3,0 л/га сприяло підвищенню даного показника на 8–11% залежно від норми препарату. Найбільша надземна біомаса формувалася за використання Бактофіту по фону обробки насіння Меланорізом, що перевищувало контроль на 14–23%.

Встановлено, що використання досліджуваних мікробних препаратів забезпечувало формування різних показників чистої продуктивності фотосинтезу: у період розвитку культури кущіння – поява прапорцевого листка за умов 2021 року у варіантах досліду із передпосівною обробкою насіння Меланорізом та Біозлаком показник чистої продуктивності фотосинтезу зростав порівняно з контролем на 0,20 та 0,12 г/м$^2$ за добу; за обробки посівів культури по вегетації Бактофітом у нормах 2,0; 2,5 і 3,0 л/га відмічено зростання досліджуваного показника порівняно з контролем на 0,27; 0,36 та 0,44 г/м$^2$ за добу відповідно.

Активніше на формування величини чистої продуктивності фотосинтезу порівняно із застосуванням досліджуваних препаратів окремо впливала комплексна їх дія. Зокрема, за використання вказаних норм Бактофіту по фону передпосівної бактеризації насіння Біозлаком простежувалась тенденція до зростання показника чистої продуктивності фотосинтезу проти контрольного варіанту на 0,37–0,52 г/м$^2$ за добу залежно від норми використання біофунгіциду.

Більший вплив на величину чистої продуктивності фотосинтезу мало використання досліджуваних норм Бактофіту по фону передпосівної обробки насіння Меланорізом. У цих варіантах досліду зростання показника чистої продуктивності фотосинтезу порівняно з контрольним варіантом складало 0,52–0,71 г/м$^2$ за добу залежно від норми застосування Бактофіту.

Отриманий експериментальний матеріал дає підставу стверджувати про позитивну дію досліджуваних мікробних препаратів на формування величини показника чистої продуктивності фотосинтезу, особливо у разі застосування біофунгіциду по фону передпосівної бактеризації насіння тритикале озимого. Це пов’язано з активізацією проходження в рослинах

основних фізіолого-біохімічних процесів за використання біологічних препаратів. Аналізуючи результати досліджень, отримані у 2022 і 2023 рр., слід відмітити, що залежність формування показника ЧПФ від виду та способів застосування досліджуваних препаратів залишалася аналогічною 2021р, проте відмічалась чітка залежність формування даного показника від погодних умов, які у 2022 і 2023 рр. були менш сприятливими проти 2021 р.

Виконаний аналіз урожайності тритикале озимого засвідчив, що у середньому за роки досліджень передпосівна обробка насіння Меланорізом та Біозлаком зумовила зростання врожайності культури порівняно з контролем на 9 та 7% відповідно, за обприскування посівів Бактофітом – на 7–13% залежно від норми препарату. Більш суттєву прибавку врожаю – 16–28 та 23–38% було встановлено за внесення біофунгіциду по фону бактеризації насіння відповідно Біозлаком та Меланорізом.

Аналіз показників економічної і біоенергетичної ефективності засвідчив, що найбільш ефективним є обприскування посівів Бактофітом (3,0 л/га) на фоні передпосівної обробки насіння Меланорізом (1,0 л/т), таке поєднання забезпечує одержання умовно-чистого прибутку у розмірі 3515,98 грн./га за рентабельності 14,42% та коефіцієнту енергетичної ефективності на рівні 2,84–3,16.

З метою покращення фітосанітарного стану та активізації проходження мікробіологічних процесів у ґрунті і фізіолого-біохімічних – у рослинах тритикале озимого, що лежать в основі формування високої продуктивності посівів, доцільно проводити передпосівну обробку насіння біологічним препаратом Меланоріз у нормі 1,0 л/т з наступним обприскуванням посівів біофунгіцидом Бактофіт у нормі 3,0 л/га.

***Ключові слова:*** комплексне застосування, біологічні препарати, мікробіота посівів, фізіолого-біохімічні процеси, продуктивність, тритикале озиме.

# ANNOTATION

Karpenko V. V. Substantiation of complex application of biological preparations in winter triticale crops in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine –Qualification scientific work in the form of a manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in the speciality 202 Plant Protection and Quarantine (20 Agricultural Sciences and Food). Uman National University of Horticulture, Uman, 2024.

In the introductory part of the dissertation, the relevance of the research topic is substantiated, the aim and objectives are formulated, and the scientific novelty and practical significance of the results obtained are highlighted.

The first section analyses the results of scientific works of domestic and foreign scientists on the separate and integrated use of biological products, including those of microbial origin, in field crops, and their impact on the phytosanitary condition of crops, microbiological processes in soil and physiological and biochemical processes in plants, and their influence on the formation of qualitative and quantitative yield indicators. It has been established that although the use of biological products of microbial origin in field crops has been studied extensively, their complex effect in winter triticale crops is still poorly understood, which makes research in this area relevant.

The experimental part of the work was carried out during 2020–2023 in the Department of Training and Production at Uman NUH field conditions and the Department of Plant Protection and Quarantine laboratory.

Weather conditions during the years of research were mostly favourable for growing winter triticale, but with some deviations from the norm, mainly in terms of moisture supply to plants, which affected the development of pathogenic microbiota, the microbiological activity of the soil and the course of the main physiological and biochemical processes that underlie the formation of crop productivity.

The effect of the investigated biological preparations of microbial origin Melanoriz, Biozlak and Bactofit, used separately and in combination, was studied in winter triticale crops of the Elan variety.

The research studied the effect of spraying crops with a microbial preparation with a fungicidal effect Bactofit separately and against the background of pre-sowing seed bacterization with biological preparations of microbial origin Melanoriz and Biozlak. The scheme of the field experiment included 12 experimental variants, on which field and laboratory studies were conducted.

As a result of the research, it was found that seed treatment with Melanoriz and Biozlak, followed by spraying of crops with Bactophyt, had a significant impact on the phytosanitary condition of winter triticale crops, depending on weather conditions. In 2023, due to excessive precipitation in April, the pathogenic microbiota infestation of crops was the highest. With the complex use of preparations, there was a significant decrease in the incidence and spread of root rot, leaf and ear diseases, especially when spraying crops with Bactofit (2.0-3.0 l/ha) against the background of pre-sowing bacterization with Melanoriz, where the rate of root rot damage averaged 0,3–1,0% over the years of research; spread of leaf spots – up to 4,2–2,7%, powdery mildew – up to 2,0–0,3%; ear infection by Septoria – up to 2,2–1,2%; Fusarium – up to 1,6–0,6%; flying soot – up to 3,9–3,6% and hard soot – up to 4,9–4,6% depending on the application rates of the biofungicide.

It was found that the pre-sowing bacterization of winter triticale seeds with the microbial preparation Melanoriz contributed to the increase in the total number of microorganisms in the rhizosphere of the crop compared to the control variant by 1,43–1,56 times.

The use of Bactofit against the background of seed bacterization with Biozlak in the rhizosphere of winter triticale showed an increase in the total microbiota by 1,50–1,92 times.

The increase in the total number of microbiota in the rhizosphere of the culture was due to the more active formation of the root system size under the

influence of bacterial preparations, which, in turn, contributed to the additional release of root exudates, which act as nutrient substrates for microbial communities. At the same time, the increase in the number of rhizosphere microbiota of winter triticale may be directly related to the introduction of active strains of the preparations into the rhizosphere.

The study of the number of micromycetes in the rhizosphere of winter triticale revealed a similar dependence: the most active development of micromycetes was observed when using Biozlak against the background of seed treatment with Melanoriz, where the excess to the control was 1,33–1,68 times. This combination of preparations contributed to an increase in the number of cellulolytic, nitrifying and nitrogen-fixing bacteria in the rhizosphere of winter triticale.

The studied biological preparations caused changes in the activity of enzymes of the oxidoreductase class of winter triticale plants.

On average, during the years of research, in the phase of seedling emergence, the activity of catalase increased by 11%, peroxidase – by 5% and polyphenol oxidase – by 7% under Melanorhiz seed bacterisation, while under pre-sowing treatment with Biozlak, the activity of the studied enzymes exceeded the control variant by 9, 4 and 5%, respectively. Seedling spraying of crops with Bactofit at rates of 2,0; 2,5 and 3,0 l/ha increased the activity of catalase by 10, 23 and 32% compared to the control, peroxidase by 5, 8 and 15% and polyphenol oxidase by 4, 11 and 17%, respectively, according to the norms of the biofungicide.

The use of these norms of Bactophyt on the background of pre-sowing seed bacterization with Biozlak increased the activity of catalase by 15–33% compared to the control variant, peroxidase – by 11–18% and polyphenol oxidase – by 19–40%, depending on the norm of biofungicide application. Also, in these experimental variants, the activity of enzymes was 6–10% higher than in the variants with the use of Biozlak on the background of untreated seeds.

Among all the experimental variants, the highest enzymatic activity was provided using Bactofit against the background of pre-sowing seed bacterization with Melanorhiz. In these variants of the experiment, the activity of catalase increased by 23–46% compared to the control variant, peroxidase – by 14–22% and polyphenol oxidase – by 26–49%.

The research revealed that the use of microbial preparations for pre-sowing bacterization of winter triticale seeds and crop treatment contributed to an increase in the content of photosynthetic pigments in plant leaves.

The most active accumulation of chlorophylls and carotenoids was observed in the case of seedling application of 2,0; 2,5 and 3,0 l/ha of Bactophytes against the background of bacterialisation of seeds by Melanorhiz. In the flowering phase in these experimental variants, the increase in pigment content compared to the control variant was: chlorophyll a – by 0,46; 0,54 and 0,63; chlorophyll b – by 0,07; 0,08 and 0,11; the sum of chlorophylls (a+b) – by 0,53; 0,62 and 0,73; carotenoids – by 0,06; 0,10 and 0,13 mg/g of crude matter following the norms of the biofungicide. There was also a tendency to increase the ratio of chlorophyll a to chlorophyll b with a simultaneous decrease in the ratio of the sum of chlorophylls (a+b) to carotenoids, which indicates the creation of more favourable conditions for the growth and development of crop plants under the action of biological preparations.

The study of the respiration rate of winter triticale plants showed the dependence of changes in this indicator on the type and method of use of biological preparations. In the flowering phase, on average over the years of research, when seeds were bacterised with the microbiological preparation Melanoriz before sowing, there was a tendency to increase the respiration rate by 8% compared to the control variant, and when seeds were treated with Biozlak – by 7%. A positive effect on the change in respiration intensity was also had by the seedling application of Bactofit at rates of 2,0; 2,5 and 3,0 l/ha, which contributed to an increase in this indicator compared to the control by 6, 11 and 17%, respectively, according to the norms of the preparation.

A significant change in the intensity of respiration of winter triticale plants was noted when using Bactofit in the studied norms against the background of pre-sowing seed bacterization, where the excess to the control was 11–24%, and against the background of seed bacterization by Melanorhiz – by 17–30%.

The increase in the respiration rate of winter triticale plants is consistent with the previously obtained results of studies on the activity of antioxidant enzymes: the respiration rate was the highest in the same experimental variants as the activity of the studied enzymes.

On average, over the years of research in the flowering phase, seed treatment with Melanoriz and Bactofit contributed to the growth of the leaf apparatus of plants compared to the control by 106 and 105%; seedling application of Bactofit (2,0; 2,5 and 3,0 l/ha) – by 106, 108 and 108%; application of the same norms of biofungicide against the background of seed treatment with Biozlak – by 8, 10 and 13% and against the background of seed treatment with Melanoriz – by 14, 17 and 21%, respectively. The positive effect of microbiological preparations on the growth of the leaf area of winter triticale is due to the combined effect of factors: phytocoenotic, which consisted of improving growth processes; physiological and biochemical, which was implemented through biologically active substances synthesized by microorganisms, which improved the phytosanitary condition of crops, increased the functional activity and productivity of the leaf apparatus.

The obtained experimental data give grounds to assert that the studied biological preparations under different methods of application had a positive effect on the formation of aboveground biomass by winter triticale plants. In particular, on average, over the years of research, pre-sowing seed treatment with Melanoriz contributed to an 8% increase in the flowering phase of aboveground biomass of winter triticale compared to the control, while bacterization with Biozlak increased it by 6%. The use of biofungicide Bactofit during the vegetation of the crop at rates of 2,0–3,0 l/ha contributed to an increase in this indicator by 8–11%, depending on the rate of the drug. The highest aboveground biomass was formed when Bactofit

was used against the background of seed treatment with Melanoriz, which exceeded the control by 14–23%.

It was found that the use of the studied microbial preparations provided the formation of different indicators of net photosynthetic productivity: during the period of tillering culture development – the appearance of a flag leaf under the conditions of 2021 in the experimental variants with pre-sowing seed treatment with Melanoriz and Biozlak, the net photosynthetic productivity increased by 0,20 and 0,12 g/m$^2$ per day compared to the control; when treating crops during the vegetation with Bactophytes at rates of 2,0; 2,5 and 3,0 l/ha, an increase in the studied indicator was observed compared to the control by 0,27; 0,36 and 0,44 g/m$^2$ per day, respectively.

The formation of the value of net productivity of photosynthesis compared to the use of the studied preparations separately was more actively influenced by their complex effect. In particular, when using the specified norms of Bactofit against the background of pre-sowing bacterization of seeds with Biozlak, there was a tendency to increase the net productivity of photosynthesis compared to the control variant by 0,37–0,52 g/m$^2$ per day, depending on the norm of biofungicide use.

A greater influence on the value of net productivity of photosynthesis was made using the studied norms of Bactofit against the background of pre-sowing seed treatment with Melanoriz. In these variants of the experiment, the increase in the net productivity of photosynthesis compared to the control variant was 0,52–0,71 g/m$^2$ per day, depending on the rate of application of Bactofit.

The obtained experimental material gives grounds to assert the positive effect of the studied microbiological preparations on the formation of the value of the net productivity of photosynthesis, especially in the case of biofungicide application against the background of pre-sowing bacterialisation of winter triticale seeds. This is due to the activation of the main physiological and biochemical processes in plants with the use of biological products. Analysing the results of the studies obtained in 2022 and 2023, it should be noted that the dependence of the

formation of the NPP indicator on the type and methods of application of the studied preparations remained like in 2021, but there was a clear dependence on the formation of this indicator on weather conditions, which in 2022 and 2023 were less favourable compared to 2021.

The analysis of the yield of winter triticale showed that, on average, over the years of research, pre-sowing seed treatment with Melanoriz and Biozlak resulted in an increase in crop yield compared to the control by 9 and 7%, respectively, while spraying with Bactofit increased the yield by 7–13%, depending on the rate of the preparation. A more significant increase in yield – 16-28 and 23–38% was found when the biofungicide was applied against the background of seed bacterization with Biozlak and Melanoriz, respectively.

The analysis of economic and bioenergy efficiency indicators showed that the most effective is spraying crops with Bactophyt (3,0 l/ha) against the background of pre-sowing seed treatment with Melanoriz (1,0 l/t), this combination provides a conditional net profit of 3515,98 UAH/ha with a profitability of 14,42% and an energy efficiency coefficient of 2,84–3,16.

To improve the phytosanitary condition and activate the microbiological processes in the soil and physiological and biochemical processes in winter triticale plants, which are the basis for the formation of high crop productivity, it is advisable to carry out pre-sowing treatment of seeds with the biological preparation Melanoriz at a rate of 1,0 l/t, followed by spraying the crops with the biofungicide Bactofit at a rate of 3,0 l/ha.

**Keywords:** complex application, biological products, microbiota of crops, physiological and biochemical processes, productivity, winter triticale

**ЗМІСТ**

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ І ПОЗНАЧЕНЬ 18
ВСТУП 19
РОЗДІЛ 1. ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ БІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ У ПОСІВАХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР, ЗОКРЕМА Й ТРИТИКАЛЕ ОЗИМОГО, ТА РЕАКЦІЯ АГРОЦЕНОЗІВ НА ЇХ ДІЮ (огляд літератури) 26
1.1. Біологічні препарати як складова біологізації технологій вирощування сільськогосподарських культур 26
1.2. Реакція мікробіоти посівів сільськогосподарських культур на дію різних видів біологічних препаратів 30
1.3. Фізіолого-біохімічні зміни в рослинах за дії препаратів біологічного походження 37
1.4. Формування рівня продуктивності агроценозів за використання біологічних препаратів 45
РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ 54
2.1. Ґрунтово-кліматичні умови проведення досліджень 54
2.2. Схема досліду та методика виконання досліджень 59
РОЗДІЛ 3. ЗМІНИ В МІКРОБІОТІ ПОСІВІВ ТРИТИКАЛЕ ОЗИМОГО ЗА ВИКОРИСТАННЯ БІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ МЕЛАНОРІЗ, БІОЗЛАК І БАКТОФІТ 67
3.1. Чисельність патогенної мікробіоти 67
3.2. Чисельність основних груп мікробіоти ризосфери 77
РОЗДІЛ 4. ПЕРЕБІГ ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У РОСЛИНАХ ТРИТИКАЛЕ ОЗИМОГО ЗА ВИКОРИСТАННЯ БІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ МЕЛАНОРІЗ, БІОЗЛАК І БАКТОФІТ 90
4.1. Активність основних ферментів класу оксидоредуктаз 90
4.2. Вміст основних пігментів та формування світлозбирального комплексу 95

4.3. Зміни інтенсивності дихання 103
4.4. Формування площі листкового апарату 106
4.5. Накопичення біомаси 111
4.6. Чиста продуктивність фотосинтезу 115
РОЗДІЛ 5. ПРОДУКТИВНІСТЬ ПОСІВІВ ТРИТИКАЛЕ ОЗИМОГО ТА ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ Й БІОЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ БІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ 122
5.1. Урожайність зерна та його якісні показники 122
5.2. Економічна та біоенергетична ефективність 129
ВИСНОВКИ 139
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ 138
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 139
ДОДАТКИ 180

# ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ І ПОЗНАЧЕНЬ

ГТК – гідротермічний коефіцієнт

БП – біопрепарат

ІОК – індоліл-3-оцтова кислота

МБП – мікробний препарат

ВВСН – Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie (шкала фенологічних фаз розвитку рослин)

МПА – м'ясо-пептонний агар

КУО – колонієутворююча одиниця

СЗК – світлозбиральний комплекс

ЧПФ – чиста продуктивність фотосинтезу

PGPR – plant growth promoting rhizobacteria (бактерії ризосфери, що виявляють позитивний багатофункціональний вплив на рослини)

# ВСТУП

Тритикале (X Triticosecale Wittmack) або пшенично-житній амфідиплоїд – вперше цілеспрямовано й успішно створений людиною міжвидовий гібрид зернової культури. Науковий звіт про отримання гібрида між пшеницею (Triticum sp.) і житом (Secale sp.) вперше представив ботанік Вільсон у 1875 р. на з'їзді ботаніків в Единбурзі (Шотландія) [1]. Зразки тритикале, що мали селекційну перспективу, вперше створив у 1888 р. німецький селекціонер Римпау [2]. Зважаючи на це, селекційна історія культури тритикале нині налічує вже понад 135 років.

Площі посівів тритикале у світі перевищують 3 млн га. Левову їх частку займають сорти гексаплоїдного тритикале (2 n=42=AABBRR) або амфіплоїду, що походить від первинного схрещування тетраплоїдної пшениці (AABB) і диплоїдного жита (RR). Створення гібрида між пшеницею і житом мало за мету комбінування в новій культурі високої зернової продуктивності і хлібопекарської якості пшениці та невибагливості й високої стійкості жита до абіотичних чинників середовища [3].

Велике значення для оцінки харчового зерна різних культур має амінокислотний склад білків. Вміст білка тритикале на 1–2% вищий, ніж у пшениці та на 3–4% – ніж у жита. Вміст клейковини ж як і у пшениці – 25–38%, але через геном жита, якість її (еластичність, розтяжність) нижча. Зерно тритикале за протеїновою поживністю перевищує зерно пшениці на 9,5%, а ячменю і кукурудзи – майже на 40%. Зерно використовується для випікання хліба, у кондитерській, пивоварній та спиртовій промисловості. Це високоякісний компонент у виробництві комбікормів [4, 5].

Виходячи з цінності зерна тритикале для харчової та переробної галузей, нині актуальним є питання удосконалення технологій його вирощування з використанням елементів біологізації, тобто за мінімального використання хімічних засобів захисту. Це стало можливим за рахунок впровадження у технології вирощування тритикале сучасних препаратів біологічного походження на основі різних штамів мікроорганізмів.

Біологічні препарати, складовими яких є фізіологічно активні речовини бактеріального походження (своєрідні стимулятори росту), позитивно впливають на продуктивність вирощуваних культур, а також істотно покращують фітосанітарний стан посівів [6].

У зв'язку з цим удосконалення технологій вирощування сільськогосподарських культур, зокрема й тритикале озимого, із застосуванням біологічних препаратів мікробного походження нині набуває все більшого значення.

**Актуальність теми.** Забезпечення населення країни достатньою кількістю вітчизняних якісних продуктів харчування залежить головним чином від обсягу виробництва сільськогосподарської продукції і, насамперед, зерна. В Україні зернова галузь має не тільки важливе соціально-економічне, а й політичне значення для розвитку національної економіки, забезпечення продовольчої безпеки держави. Нині нарощення виробництва зерна також здійснюється запровадженням сучасних елементів технологій вирощування культур з використанням препаратів природного походження, які активізують перебіг фізіолого-біологічних процесів у рослинах та мікробіологічних у ґрунті і дають змогу у повному обсязі реалізувати потенціал культури, закладений природою і селекцією [7]. З метою вирішення даного питання у посівах сільськогосподарських культур все більш широко використовуються біологічні препарати мікробного походження, які виступають важливим чинником регуляції чисельності фітопатогенних мікроорганізмів в агрофітоценозах та здатні продукувати для рослин рістрегулювальні речовини екзогенного походження [8, 9].

Значення біологічних препаратів зростає за тенденції щодо вимог до зниження обсягів застосування хімічних засобів захисту рослин та мінеральних добрив на фоні збільшення виробництва екологічно чистої продукції рослинництва [10, 11].

Однак, дія біологічних препаратів на стан мікробіоти посівів тритикале озимого, в тому числі патогенної і корисної, є вивченою недостатньо,

особливо з погляду фізіолого-біохімічного стану рослин та формування ними продуктивності, що й склало актуальність обраного напряму досліджень.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертація є результатом виконання автором у 2020–2023 рр. наукової роботи, що була складовою тематики досліджень кафедри захисту і карантину рослин 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 агроекосистем Правобережного Лісостепу України» (номер державної реєстрації 0116U003207).

**Мета і завдання дослідження.** З'ясувати вплив біологічних препаратів мікробного походження (Меланоріз, Біозлак та Бактофіт) на чисельність патогенної мікробіоти, перебіг основних мікробіологічних процесів у ризосфері та фізіолого-біохімічних і продукційних змін у рослинах тритикале озимого і на цій основі запровадити у виробництво досліджуваної культури елементи біологізації.

У відповідності до мети досліджень передбачалося вирішити наступні завдання:

– встановити вплив досліджуваних препаратів за різних способів використання на розвиток мікробіоти посівів тритикале озимого, у тому числі й патогенної;

– простежити перебіг основних фізіолого-біохімічних процесів у рослинах тритикале озимого (активність основних ферментів класу оксидоредуктаз, формування світлозбирального комплексу, активність дихання, формування асиміляційної поверхні та нагромадження біомаси, чиста продуктивність фотосинтезу) за обробки насіння перед сівбою Меланорізом і Біозлаком з наступним застосуванням по вегетації Бактофіту;

– з’ясувати вплив комплексного застосування біологічних препаратів (передпосівна обробка насіння та посходове внесення) на формування продуктивності посівів і якості зерна;

– обґрунтувати економічну і біоенергетичну доцільність застосування досліджуваних препаратів у технології вирощування тритикале озимого, розробити і запровадити у виробництво даної культури науково обґрунтовані елементи біологізації.

*Об’єкт дослідження* – чисельність патогенної мікробіоти, кількісний і якісний склад ризосферної мікробіоти, фізіолого-біохімічні процеси в рослинах та продуктивність ценозу тритикале озимого за комплексного застосування біологічних препаратів Меланоріз, Біозлак і Бактофіт.

*Предмет дослідження* – тритикале озиме сорт Єлань, біологічні препарати Меланоріз, Біозлак і Бактофіт.

*Методи дослідження*. Польовий – закладання досліду в польових умовах з метою встановлення ефективності впливу передпосівної обробки насіння тритикале озимого біологічними препаратами Меланоріз і Біозлак та по сходового внесення на їх фоні Бактофіту.

Лабораторний – дослідження біологічних змін у тритикале озимому мікробіологічними і фізіолого-біохімічними методами.

Статистичний – встановлення за допомогою дисперсійного та кореляційного аналізів достовірності одержаних результатів досліджень.

Економіко-математичний – для оцінки економіко-енергетичної ефективності використання досліджуваних препаратів.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Наукова новизна роботи полягає у встановленні змін фітосанітарного стану посівів тритикале озимого, мікробіологічних – у ґрунті, фізіолого-біохімічних і продукційних змін у рослинахза роздільного та інтегрованого застосування біологічних препаратів мікробного походження.

Вперше в умовах Правобережного Лісостепу України досліджено дію внесення різних норм біофунгіциду Бактофіт по фону передпосівної обробки

насіння тритикале озимого мікробними препаратами Меланоріз і Біозлак на фітосанітарний стан посівів, активізацію ризосферної мікробіоти, зростання антиоксидантної активності рослин (11–49%), активізацію пігментного комплексу (9–28%), зміну частки СЗК, підвищення інтенсивності дихання (7–30%), збільшення фотосинтетичної поверхні та надземної біомаси рослин (6–21 і 6–23%), що сприяло активізації на 7–25% фотосинтетичної продуктивності посівів.

Встановлено, що за комплексного застосування досліджуваних біологічних препаратів формуються посіви тритикале озимого, продуктивність яких на 16–38% переважає посіви, у яких біологічні препарати не використовували.

Вперше досліджено інтегровану дію біологічних препаратів мікробного походження на формування деяких фізичних і хімічних показників якості зерна тритикале озимого.

На основі результатів досліджень розроблено рекомендації з впровадження найефективніших біологічних препаратів у технологію вирощування тритикале озимого, що передбачає комплексне використання у посівах біофунгіциду Бактофіт на фоні передпосівної обробки насіння мікробним препаратом Меланоріз.

**Практичне значення одержаних результатів.** Проведені дослідження довели ефективність передпосівної обробки насіння тритикале озимого біологічними препаратами мікробного походження Меланоріз і Біозлак з наступним застосуванням по вегетації рослин біофунгіциду Бактофіт для контролю фітосанітарного стану посівів культури, активізації мікробних процесів у ґрунті і фізіолого-біохімічних у рослинах, покращення кількісних і якісних показників продуктивності культури.

Науково обґрунтовані результати досліджень пройшли перевірку у виробничих умовах господарств ФГ «Агрофірма «Базис» Уманського району Черкаської області (акт впровадження від 30.10.2024 року, додаток К 1) і ФГ «Шутко» Благовіщенського району Кіровоградської області (акт

впровадження від 02.11.2024 року, Додаток К 2) на загальній площі 31 га і забезпечили отримання високих показників рівня економічної ефективності.

Матеріали дисертаційної роботи апробовані при викладанні дисциплін «Загальна мікологія», «Фітопатологія», «Основи карантину рослин», «Фітосанітарний моніторинг» в Уманському національному університеті садівництва.

**Особистий внесок здобувача** полягає у самостійному розробленні схеми проведення досліджень, аналізі наукової літератури відповідно теми дисертації, опануванні необхідними методиками досліджень, виконанні польових та лабораторних дослідів, статистичній обробці та узагальненні отриманих результатів, формуванні основних положень дисертаційної роботи, написанні наукових праць та впровадженні результатів досліджень у виробництво основних результатів роботи.

**Апробація результатів досліджень.** Основні положення, що викладені в дисертації, доповідались і обговорювались на щорічних засіданнях кафедри захисту і карантину рослин Уманського національного університету садівництва, а також наукових конференціях: The IV -th International Scientific and Theoretical Conference «Technologies and strategies for the implementation of scientific achievements» (Stockholm, 2023); The V -th International Scientific and Theoretical Conference «Current issues of science, prospects and challenges» (Sydney, 2023); The VI -th International Scientific and Theoretical Conference «Theory and practice of modern science» (Kraków, 2023); Всеукраїнській науково-практичній інтернет-конференції «Актуальні питання захисту рослин в Україні» (Умань, 2023).

**Публікації.** Матеріали дисертації висвітлено в 7 наукових працях, серед яких: 3 статті у фахових виданнях України, 3 тези доповідей на Міжнародних конференціях за кордоном і одна теза доповіді на Всеукраїнській конференції.

**Структура дисертації.** Дисертаційну роботу викладено на 206 сторінках машинописного тексту, в т. ч. 179 – основного тексту, включаючи

16 таблиць і 12  рисунків. Вона складається з анотації, вступу, п’яти розділів, висновків, рекомендацій виробництву, списку використаних джерел наукової літератури, що нараховує 322 найменування, з них 71 – латиницею.

# РОЗДІЛ 1
# ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ БІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ У ПОСІВАХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР, ЗОКРЕМА Й ТРИТИКАЛЕ ОЗИМОГО, ТА РЕАКЦІЯ АГРОЦЕНОЗІВ НА ЇХ ДІЮ (огляд літератури)

## 1.1. Біологічні препарати як складова біологізації технологій вирощування сільськогосподарських культур

Незважаючи на те, що наприкінці XX і на початку XXI сторіччя техногенне навантаження на агробіоценози та інтенсивність ведення сільського господарства дещо знизились [12–14], нині серед заходів, спрямованих на збереження врожаю від різноманітних шкідливих організмів, домінує хімічний метод захисту рослин. У зв'язку з цим гостро постає необхідність зниження обсягів застосування пестицидів. До цього спонукає низка негативних явищ, які виникають за масштабного використання хімічних засобів захисту рослин, які є ксенобіотиками, а саме: спостерігається нагромадження пестицидних залишків, які здатні мігрувати в різних системах, зумовлювати забруднення сільськогосподарської продукції та потрапляння токсикантів до організму людини. У багатьох випадках пестициди здатні виявляти біоцидний вплив на корисну біоту. Крім того, відбувається адаптація шкідливих видів, що призводить до виникнення пестицидорезистентних (стійких до пестицидів) форм в популяціях шкідників і фітопатогенів. Дуже часто виникнення стійких форм шкідливих організмів випереджає створення нових препаратів [15].

Усвідомлення людством зростаючої екологічної загрози внаслідок інтенсифікації сільського господарства стимулює розробку альтернативних методів сільськогосподарського виробництва. До таких альтернативних методів можна зарахувати точне землеробство (Precision farming), біоінтенсивне міні-землеробство (Biointensive miniFarming), біодинамічне землеробство (Biodunamic Agriculture), технології використання ефективних

мікроорганізмів або ЕМ-технології (Effective Microorganism Technologies), маловитратне стале землеробство (LISA-Low Input Sustainable Agriculture ) та багато інших. У цьому ж переліку можна згадати й органічне сільське господарство (Organic Agrigulture або Organic Farming) [16].

За даними дослідження органічного ринку у 2019 р., проведеного Information Center Green Dossier (OrganicInfo.ua), Органік Стандарт та Research Institute of Organic Agriculture (FiBL), Україна посідає друге місце (із 123 країн) з експорту органічної продукції в ЄС. Офіційні статистичні огляди IFOAM підтверджують, що в 2018 р. в Україні нараховувалось близько 510 органічних господарств, а загальна площа сільськогосподарських угідь, на яких ведеться органічне виробництво, становила 429100 га [17].

Альтернативою хімічному методу захисту рослин є біологічний метод, зокрема застосування препаратів на основі мікроорганізмів. Відомо, що такі препарати є важливим чинником регуляції в агрофітоценозах чисельності фітопатогенних мікроорганізмів. Вони здатні формувати конкурентні відносини з аборигенними видами мікроорганізмів та є індукторами стійкості природної системи. Багато дослідників показали, що різні мікроорганізми можуть бути антагоністами фітопатогенів [18], оскільки переважна більшість біопрепаратів володіють біозахисними властивостями та виступають індукторами стійкості рослинного організму [19–22].

Основною перевагою застосування біологічних препаратів для захисту рослин є той факт, що агенти біопрепаратів є безпечними для навколишнього середовища, тому що вони є компонентами природних біоценозів [23].

Використання біопрепаратів на основі ефективних мікроорганізмів стає невід’ємним аспектом сучасного землеробства. Вони оптимізують живлення рослин, стимулюють ріст і розвиток, сприяють підвищенню продуктивності сільськогосподарських культур [24, 25].

Також мікроорганізми виступають одним з основних факторів ґрунтоутворювального процесу, живлення рослин і фітосанітарного стану ґрунту. Тому, застосування сучасних мікробних препаратів повинно бути

спрямовано на відновлення ґрунтової родючості, підвищення продуктивності та екологічної безпеки землеробства. Особливо важливо визначити роль мікроорганізмів і застосування мікробних препаратів в умовах мінімізованого обробітку ґрунту, який в останні роки значно поширився [26].

Біопрепарати, що містять штами азотфіксувальних мікроорганізмів, при використанні у агротехнологічному процесі вирощування зернових, зернобобових та овочевих культур, здатні забезпечувати рослини азотом у кількості, що відповідає внесенню 20–50 кг/га мінеральної форми даного елемента, а також сприяють трансформації важкорозчинних сполук ґрунту, в тому числі фосфорних у форми, що легко засвоюються рослинами [27].

Використання мікробних препаратів забезпечує постачання рослинам корисних мікроорганізмів в потрібній кількості, в потрібний час. Мікробні препарати, мають у своєму складі фізіологічно активні речовини бактеріального походження (своєрідні стимулятори росту), активно впливають на розвиток кореневої системи, формування значної адсорбуючої поверхні, що, в цілому, сприяє зростанню ступеня використання добрив інокульованими рослинами [28].

Нині, коли землеробство України функціонує в умовах від’ємного балансу гумусу, а також фосфору, азоту та інших поживних речовин, саме широке застосування біопрепаратів, створених вітчизняними мікробіологами, є істотним ресурсом підвищення продуктивності рослинництва. Перелік біотехнологічних продуктів – мікробних препаратів для рослинництва останніми роками значно розширився і включає створені на основі вільноживучих, асоціативних, симбіотрофних азотфіксувальних, фосфатмобілізивних мікроорганізмів, а також препаратів бінарної дії з поєднанням різних мікроорганізмів або бактерій та ендомікоризних грибів [29].

Важливе значення у створенні екологічно збалансованого сільськогосподарського виробництва відіграють мікробні засоби захисту

рослин від хвороб та шкідників. Слід відмітити, що серед азотфіксувальних та фосфатмобілізивних мікроорганізмів, на основі яких створено бактеріальні добрива, багато штамів є антагоністами фітопатогенної мікробіоти. Серед препаратів спеціального призначення відомі Біоплант, Ризоплан та Поліміксобактерин. В ІМВ НАНУ на основі ендофітної бактерії Bacillus subtilis створено високоефективний препарат Фітоспорин, який застосовують для обробки насіння сільськогосподарських культур замість протруювання хімічними пестицидами. Клітини і спори бактерій, які є основою препарату, швидко проникають у тканини проростків і захищають рослини від патогенів, контамінуючих внутрішні органи. Застосування фітоспорину підвищує врожайність сільськогосподарських культур на 20 % [30].

Наукова література стверджує, що впродовж останніх десятиліть внаслідок інтенсивного розвитку методів захисту рослин від фітопатогенних мікроорганізмів значно зросла зацікавленість щодо алелопатичних властивостей ґрунтових мікроорганізмів [31]. Також особливої уваги заслуговують феноли рослин, які мають високу фізіологічну активність і можуть бути як стимуляторами, так і інгібіторами численних обмінних процесів у бактерій. Фенольні сполуки ексудатів рослин можуть виступати також як індуктори (сигнальні речовини) у взаємодії рослин та мікроорганізмів. Досліджено, що ці сполуки є активуючим компонентом ексудатів кореня і мають здатність експресувати гени, необхідні для здійснення послідовних стадій взаємодії рослини-господаря з мікросимбіонтом.

Відомо, що обробка насіння біопрепаратами сприяє зменшенню хвороб рослин та збільшенню їх урожайності. Бактеріальний антагонізм базується на багатьох чинниках, включаючи утворення антибіотиків і сидерофорів; синтез гідролітичних ферментів (хітинази, глюконази, протеази і ліпази), які можуть лізувати клітини інших бактерій або грибів; призводити до конкуренції за поживні речовини на поверхні кореневої системи рослини та регулювати рівень етилену, рослинного гормону, за участю ферменту аміноциклопропан-

1-карбоксилат (ACC)-деамінази, у відповідь на стресовий вплив фітопатогенів [32, 33].

До найефективніших біологічно активних метаболітів належать антибіотики, які обмежують (або повністю припиняють) поширення фітопатогенів [34]. Антибіотичні продукти одного або кількох мікроорганізмів є найпоширенішим способом боротьби з фітопатогенами. До антибіотиків належать флороглюцин, похідні феназину, піолютеорину та піролнітрину, синтезовані псевдомонадами; ітурин А, сурфактин і цвіттерміцин А, вироблені представниками роду Bacillus [35, 36].

## 1.2. Реакція мікробіоти посівів сільськогосподарських культур на дію різних видів біологічних препаратів

Ґрунт – головний засіб сільськогосподарського виробництва і основа агроекосистем. Родючість ґрунту формується під впливом складної системи екологічних факторів, серед яких провідне значення належить біохімічній діяльності мікроорганізмів [37]. Ґрунтова мікробіота є надзвичайно важливою складовою ґрунту. Вона забезпечує колообіг і трансформацію речовини та енергії педосфери. Ґрунтовий мікробоценоз бере участь у формуванні всіх важливих властивостей ґрунту, які визначають його таксономічні характеристики: спрямованість, інтенсивність і тип процесів ґрунтоутворення, надає системі властивостей буферності, забезпечує його функціонування як біохімічного фільтра, сприяє біодинамічній врівноваженості процесів синтезу і руйнації органічної речовини, виділяє біологічно активні рістактивуючі речовини та забезпечує доступність поживних речовин рослинам [38–43].

Педосфера, як складова будь-якої агроекосистеми, знаходиться під впливом антропогенного впливу, різного за часом, інтенсивністю та масштабом, тобто видовий склад та чисельність ґрунтових мікроорганізмів істотно залежать від умов їхнього існування [44–47]. Умови, що формуються в польових фітоценозах, характеризуються неоднорідністю, оскільки на них

впливає низка антропогенних чинників – дози і форми добрив, види обробітку ґрунту, беззмінне вирощування сільськогосподарських культур та застосування сівозміни, використання регуляторів росту рослин, застосування пестицидів [48].

Рослини та мікроорганізми співіснують впродовж усього життєвого циклу в особливій, неоднорідній екологічній ніші – фітосфері: комплексній еконіші, яка складається з ризосфери (зони впливу кореневої частини рослини на субстрат), ендосфери (тканини рослини), та філосфери (сукупності усіх надземних поверхонь рослини) [49–51]

Корисні бактерії, які колонізують фітосферу, мають тісний структурний і функціональний зв’язок з рослиною. Вони стимулюють ріст, впливають на врожайність, знижують чутливість до патогенів, підвищують стійкість до біотичних та абіотичних стресорів [52, 53]. Їх використовують, як біопрепарати, що поліпшують процеси живлення, як фітопротектори у боротьбі з фітопатогенами, а також з метою фіторемедіації забруднених ґрунтів [54].

В останній час внаслідок недотримання регламентів застосування доз і форм добрив, видів обробітку ґрунту, беззмінного вирощування сільськогосподарських культур та недотримання сівозміни спостерігається збіднення складу ґрунтових біоценозів, зведення до мінімуму кількості окремих видів корисних мікроорганізмів. Тому їх місце займають інші бактерії та мікроскопічні гриби, у т.ч. й патогенні. Багато агроценозів перетворилися на резерватори збудників хвороб [55, 56].

Зменшення поширення та шкідливості збудників хвороб в умовах органічного землеробства можна досягти за рахунок використання біологічного методу захисту зернових культур. Одним з аспектів біометоду від збудників хвороб є застосування мікробних препаратів на основі штамів із різних фізіологічних груп мікроорганізмів і продуктів їхньої життєдіяльності. Всі біологічні препарати екологічно безпечні, не шкідливі для людини. Загальною перевагою біозасобів є те, що вони не накопичуються

в продуктах. Це дозволяє отримувати чисту, придатну й для дитячого харчування продукцію [57–62].

Ефективність препаратів біологічного походження щодо покращення фітосанітарного стану посівів та зростання їх продуктивності засвідчують роботи вітчизняних дослідників [63–67].

Механізм дії біологічних препаратів проти збудників хвороб проявляється у використанні їхніх антагоністичних властивостей. Зокрема, препарати, створені на основі видів ампіломіцесу, застосовуються для захисту проти борошнистих грибів. Для зменшення ґрунтової інфекції використовують препарати на основі мікоризних грибів, яким властиво пригнічувати патогенні гриби [68].

Мікроорганізми є невід'ємною функціональною складовою будь-якої екосистеми. У ризосфері сільськогосподарських культур складається специфічний мікробний ценоз, що базується на екологічній і трофічній взаємодії [69]. Тому інтродукція бактеріальних препаратів та стимуляторів росту рослин в агроекосистеми в екологічно збалансованому землеробстві є ефективним заходом корекції в них мікробних процесів, стимулювання росту й розвитку рослин, особливо на ранніх стадіях росту [70–81].

Встановлено, що сумісне застосування препаратів Фітосубтил (обприскування під час садіння) і Фітосубтил та ІнтраСелл® (позакоренево два рази впродовж вегетації у фази бутонізації й цвітіння) сприяє збільшенню загальної кількості бактерій у ґрунті проти контролю на 10,2–33,5 % за вирощування картоплі сорту Радомисль та на 5,3–27,2 % – сорту Мирослава, збільшується чисельність сапротрофних мікроорганізмів, а саме Trichoderma spp., які ефективно конкурують із фітопатогенними грибами. Зокрема, у порівнянні з контролем, спостерігали зміни якісного складу мікробіоти, де домінантними були представники бактерій родів Bacillus, Pseudomonas, Micrococcus. Встановлено зниження чисельності фітопатогенних мікроорганізмів в агроценозах картоплі у середньому в 1,4–4,6 рази, що може бути зумовлено змінами мікробного складу ризосфери ґрунту, активізацією

сапротрофної ґрунтової мікробіоти та її антагоністичною дією до збудників хвороб [82].

О. Ю. Заярна [83] стверджує, що біопрепарати здатні стримувати розвиток хвороб і за ефективністю не поступаються Вітаваксу 200 ФФ. Так, максимальна поширеність кореневих гнилей у варіантах зменшувалась у 1,2 (Аґат-25 К, Хетомік, Поліміксобактерин) та у 1,5 рази (Вимпел, Кладостим) порівняно з контролем. Відносно Вітаваксу 200 ФФ – у 0,9 рази (Аґат-25 К, Хетомік, Поліміксобактерин) та у 1,1 рази (Вимпел, Кладостим). Таким чином, регулятор росту рослин Вимпел у досліді показав найвищу ефективність у зниженні кореневих гнилей: у середньому за три роки 40,9 % .

Згідно з даними, отриманими Г. Я. Біловус із співавторами [84], розвиток борошнистої роси у фазі молочної стиглості пшениці озимої за роки досліджень становив у контролі 19,0–46,4 %, а у варіанті, де застосовували мікробний препарат Планриз БТ, в. с., – 4,0–22,4 %, технічна ефективність препарату Планриз БТ, в. с. проти борошнистої роси у фазі молочної стиглості пшениці озимої перебувала на рівні 47,0–78,9 %, а проти септоріозу листя у фазі молочної стиглості пшениці озимої становила 16,5–72,5 %.

Застосування біофунгіцидів разом із бактеріальними препаратами для посилення симбіотичної азотфіксації сої зменшувало рівень захворюваності пероноспорозом, його поширення зафіксовано у межах від 14,3% до 9,1%, а технічна ефективність препаратів становила 44–67 %. Найефективнішим у боротьбі із пероноспорозом було застосування препаратів Ризобофіт, 2,0 л/г.н.н. + Фітодоктор, 1 л/т (обробка насіння) та Триходермін, 2,0 л/га (фаза бутанізації), на цих ділянках поширення хвороби було найменшим – 9,1%, а технічна ефективність, навпаки, була найвищою – 67%. Дещо поступався за ефективністю варіант із використанням інших препаратів: Мікрогумін, 200 мл/г.н.н + Біофосфорин, 1,5 л/т (обробка насіння) + Гаупсин, 4,0 л/га (фаза бутанізації) [85].

Вивчаючи ефективність фунгіцидів мікробного походження проти збудників грибних листяних хвороб ячменю озимого, Р. А. Вожегова [86] із

співавторами констатує, що технічна ефективність біологічних препаратів Псевдобактерин 2 (1,0 л/га) і Бактофіт (2,5 л/га) проти сітчастої плямистості листків на сорті Академічний за строку сівби 10 жовтня становила 31,9%, ринхоспоріозу – 34,2, борошнистої роси – 77,8 та жовтої іржі – 34,4%, а хімічних препаратів Солігор (0,8 л/га) і Адексар Плюс (1,0 л/га) – 63,9%, 58,4; 96,9 та 95,1%, відповідно.

Дослідженнями Т. О. Хоменко із співавторами [87] встановлено, що застосування біопрепарату Екостерн знижує розвиток фітофторозу картоплі на 25 %, альтернаріозу – на 33 %. Обробка бульб (1,0 л/т) та по вегетації (3 рази) Фітохелпом (1,0 л/га) зменшила у варіанті без біопрепарату розвиток фітофторозу на 23%.

Іншими дослідниками виявлено, що у посівах ехінацеї пурпурової другого року вегетації найбільш ефективними проти плямистостей листя виявилися препарати МікоХелп і ФітоХелп. Поширення хвороби у варіанті із застосуванням препарату МікоХелп становило 17,9 %, що на 59 % нижче від контролю. Препарат ФітоХелп також проявив ефективну дію: поширення хвороби становило 18,1 %, що на 59 % нижче від контролю. Застосування препаратів МікоХелп і ФітоХелп пригнічувало розвиток плямистостей ехінацеї пурпурової. Так, ступінь розвитку хвороби у варіанті із застосуванням препарату МікоХелп становив 4,9 %, у варіанті із застосуванням препарату Фітохелп – 6,6 %, тоді як у контрольному варіанті відзначали ступінь розвитку хвороби на рівні 11,6 % [88].

Дослідженнями із використанням біопрепаратів Агробактерин (0,6 л/т), Поліміксобактерин (0,8 л/т) та Біокомплекс-БТУ (2 л/т), що проводилися у посівах пшениці ярої та ячменю ярого, встановлено, що передпосівна бактеризація насіння цими препаратами сприяла зниженню поширення фузаріозно-гельмінтоспоріозної кореневої гнилі ячменю. Особливо ефективним був Біокомплекс-БТУ, що має у складі бактерії, які проявляють фунгіцидну дію. Препарати Агробактерин та Поліміксобактерин також знижували поширення хвороби, що може свідчити про їхнє сприяння

активізації неспецифічних захисних реакцій у рослин. Засвідчено зниження розвитку борошнистої роси пшениці ярої за обробки по листу Біокомплекс-БТУ від 8,8–15,3 % до 5,7– 8,7 % у сорту Струна та від 5,2–8,2 % до 2,6–5,3 % – у більш стійкого сорту Сімкода [89].

Дослідженнями В. П. Карпенка та ін. [90] встановлено, що використання у посівах гороху озимого біопрепарату Агріфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га стимулювало розвиток бактерій упродовж обох обліків з перевищенням відносно контролю І на 11–17 %, тоді як використання мікробного препарату Оптімайз Пульс для передпосівної обробки насіння культури перевищення показника загальної чисельності бактерій відносно контролю І становило 17 %. Найактивніший розвиток бактерій відбувався у варіантах з використанням біопрепарату Агріфлекс Аміно на фоні передпосівної обробки насіння мікробним препаратом Оптімайз Пульс, що є наслідком формування за даної комбінації препаратів потужної кореневої системи та виділенням нею більшої кількості ексудатів.

Результати проведеної фітопатологічної експертизи насіння жита озимого у дослідах Н. Грицюк [91] показали, що дворазове обприскування посівів у період вегетації біопрепаратами та мікродобривами виявило ефективну знезаражувальну дію на епіфітну і ендофітну мікробіоту насіння жита озимого. Зокрема, за обробки посівів жита озимого у період вегетації біопрепаратами Триходермін БТ, р. з нормою витрати 2,0 л/га та Гуапсин, р. (5,0 л/га) насіння було інфіковане збудниками хвороб найменше – 10% та 11% відповідно. У варіанті з застосуванням регулятора росту Гумат калію рідкий торф’яний, р. (0,6 л/га) було інфіковано 16,0% насіння, а саме збудником Alternaria spp. – 10,0%, Fusarium spp. – 4,0%, грибами порядку Mucorales – 2,0%.

Дослідженнями із застосуванням біологічних препаратів у посівах ячменю ярого, проведеними І. І. Мосійчук із співавторами [92] встановлено, що у фазі дозрівання зерна культури за дії досліджуваних препаратів у всіх варіантах досліду спостерігали зниження чисельності мікроміцетів

ризосферного ґрунту ячменю ярого у 1,5–2 рази. Це свідчить, що препарати Вимпел 2, Оракул мультикомплекс як окремо, так і разом у суміші здатні істотно впливати на чисельність фітопатогенних мікроміцетів ризосферного ґрунту різних сортів ячменю ярого. Автори констатують, що використання цих препаратів у посівах ячменю ярого сприяє зниженню накопичення інфекційних структур в агроценозах та слугує отриманню екологічно чистої високоякісної органічної продукції.

Порівняння ефективності біологічних (Триходермін та Фітодоктор) та хімічного «Максим XL», т.к.с. фунгіцидів, виконані Г. Д. Поспєловою із співавторами [93] свідчать, що обидва біофунгіциди майже однаково негативно впливали на виявлену бактеріальну та грибну патогенну мікробіоту, але Триходермін виявив більшу ефективність проти хвороб грибної етіології, прояв яких зменшився до 3,3 %. Хімічний протруйник Максим XL, т.к.с. позитивно вплинув на схожість насіння – 93,4 %, але був недостаньо дієвим проти бактеріальної біоти, поширеність якої проявилась на рівні 3,8 %.

Використання у посівах кукурудзи цукрової мікробного препарату Біонорма Pseudomonas показало, що бактеризовані рослини є більш стійкими до хвороб унаслідок поліпшення їх загального імунного стану. Крім вищезазначених складників позитивної дії біопрепарату на розвиток рослин, результати дослідження свідчать про суттєве збільшення енергії проростання бактеризованого насіння, а також про високоефективну боротьбу з грибними та бактеріальними хворобами сільськогосподарських культур [94].

Застосування у посівах вівса голозерного біологічних препаратів показало, що найбільшу кількість ризосферних бактерій було відмічено у варіантах досліду з використанням Меланорізу 1,0–1,5 л/т та Агролайту 0,26 л/т для обробки насіння перед сівбою з наступною обробкою посівів Агролайтом у нормі 1,0 л/га, що на 273–346 тис. КУО/г абсолютно сухого ґрунту перевищувало контроль та на 83–87 тис. КУО/г абсолютно сухого

ґрунту відповідно було вищим за показники тих же варіантів, але без обробки вегетуючих рослин Агролайтом [95].

Р. Притуляк та ін. [96] встановили, що застосування біологічного препарату Біолан (20 мл/га) у посівах тритикале озимого створює сприятливі умови для життєдіяльності ризосферної мікробіоти.

Отже, наведений літературний матеріал стосовно стану мікробіоти посівів сільськогосподарських культур за бактеризації насіння та посходового застосування біологічних препаратів, у тому числі рістрегулювального характеру дії свідчить про позитивний ефект застосування даних елементів біологізації у технологіях вирощування культур, однак є потреба більш у більш ширшому вивченні даного питання, оскільки активність мікробіоти у посівах є дуже динамічною величиною і залежить від низки чинників, зокрема, погодних умов, норм і видів препаратів, способів їх застосування та ін. Це свідчить про важливість досліджень, спрямованих на вивчення стану мікробіоти посівів тритикале озимого.

### 1.3. Фізіолого-біохімічні зміни в рослинах за дії препаратів біологічного походження

Нині у світі в умовах сучасного органічного господарювання дедалі більше уваги приділяється біологічним засобам, дія яких спрямована на підвищення врожайності і захист сільськогосподарських рослин, збереження родючості ґрунтів, а також на повну заміну агрохімікатів та пестицидів біологічними препаратами [97–100]. Препарати біологічного походження, що знайшли своє застосування у сучасних технологіях виробництва продукції рослинництва, як мікробні, так і регулятори росту рослин, виявляють високу біологічну активність навіть за незначних норм використання. Біопрепарати, посилюючи імунітет рослин, розкривають їх потенціал, сприяють реалізації закладених в організмі можливостей, у тому числі, необхідних імунних реакцій і життєвої енергії в цілому [101].

За своєю природою вони мають змогу чинити активний вплив на перебіг основних фізіолого-біохімічних процесів рослинного організму, змінювати фітогормональний статус рослин, впливаючи на накопичення фотосинтетичних пігментів, процес фотосинтезу, активність ферментів тощо [102–107]. Так, дослідженнями, проведеними у посівах гречки із використанням мікробного препарату на основі грибів C. cochliodes 3250 встановлено, що передпосівна обробка культури мала активний вплив на основні фізіологічні реакції рослин, а саме – збільшення площі загальної (на 145 %) та активної робочої (на 7 %) кореневої поверхні, збільшення висоти рослин (на 27 %), площі листкової поверхні (на 11 %) та вмісту в ній суми хлорофілів (*a*+*b*, на 17 %) [108].

Встановлено, що передпосівна бактеризація насіння тритикале озимого препаратами мікробного походження Альбобактерин і Діазобактерин сприяла збільшенню висоти рослин відповідно на 9,1 і 5,1%, водночас простежувалось зростання сухої маси рослин на 15,8 і 29,9% відповідно [109].

У дослідах із застосуванням у посівах соняшнику препарату Грейнактив–С встановлено, що за обробки насіння біопрепаратом у нормі 1,0 л/т та одноразовому обприскуванні у фазі 3–4 листків спостерігалось найбільше посилення ростових процесів у рослинах відносно контролю. Так, висота гібриду Гранд Адмірал збільшилася на 15,3 см, а гібриду Пегас – на 14,6 см, діаметр кошика у гібриду Гранд Адмірал збільшився на 5,6 см, у гібриді Пегас на – 4,2 см, маса 1000 насінин зросла Гранд Адмірал – на 4,6 г, Пегас – 4,2 г [110].

У дослідженнях з використанням біопрепарату на основі водоростей Ascophyllum nodosum встановлено зростання площі листкової поверхні на 41,8–39,4 тис $м^2$/га, висоти рослин – на 191,4 – 195,1 см та діаметру кошику – на 32,3–34,5 см [111].

Застосування біопрапаратів у посівах гречки показало, що під впливом різних норм мікробного препарату Діазобактерин та способів застосування

регулятора росту рослин Радостим формувалася різна площа листкового апарату рослин гречки. Так, за передпосівної обробки насіння Діазобактерином у нормах 150; 175; 200 мл площа листкового апарату у фазу галуження стебла зростала відносно контролю на 0,4; 1,2 та 2,0 $см^2$. Порівняно вищі показники площі листкового апарату формувалися у варіантах, де мікробний препарат Діазобактерин вносили в поєднанні з Радостимом. Зокрема, якщо за внесення окремо Радостиму в нормі 250 мл/т площа листків складала 56,1 $см^2$, що на 1,8 % перевищувало контроль, то за внесення цієї ж норми препарату в суміші з Діазобактерином у нормах 150; 175 і 200 мл відмічено зростання досліджуваного показника до 7,1; 8 і 8,5 $см^2$ відповідно, що на 13–15% перевищувало контроль та на 11% – відповідні показники у варіантах окремої дії Діазобактерину (150–200 мл). Одержані дані свідчать про позитивний вплив композиції даних препаратів на проходження в рослинах гречки основних фізіолого-біохімічних процесів, адже зростання площі листкового апарату рослин напряму залежить від загального розвитку рослинного організму та умов вирощування [112].

Передпосівна обробка насіння гречки Діазобактерином у нормах 150; 175; 200 мл сприяла зростанню чистої продуктивності фотосинтезу посівів на 6–7% порівняно до контролю [113]. Вищі показники фотосинтетичної продуктивності посівів формувалися у варіантах, де мікробний препарат Діазобактерин вносили сумісно з Радостимом. Так, якщо за внесення окремо Радостиму в нормі 250 мл/т чиста продуктивність фотосинтезу складала 6,35 $г/м^2$ за добу, що на 4 % перевищувало контроль, то за внесення цієї ж норми препарату в суміші з Діазобактерином у нормах 150; 175 і 200 мл відмічено зростання досліджуваного показника до 7,02; 7,06 і 7,09 $г/м^2$ за добу відповідно, що на 15–16% перевищувало контроль та на 9% – відповідні показники у варіантах окремої дії Діазобактерину (150–200 мл).

Дослідження, проведені у посівах сої, показали, що використання пре-інокулянту у рідкій формуляції з екстендером для обробки насіння активізувало наростання листкової поверхні сортів сої в період цвітіння.

Відмічено, що інокуляція насіння ХайКот Супер + ХайКот Супер Extender (Bradyrhizobium japonicum, штам 532 С) дає додатково 0,6–2,5 тис. м$^2$/га приросту площі листової поверхні посівів сої [114].

Комплексне використання у посівах ячменю ярого біопрепаратів Епін-екстра, Циркон та Бішофіт (передпосівна обробка насіння та обприскування посівів) забезпечувало збільшення площі листкової поверхні рослин ячменю сорту Геліос на 1,7; 0,3 та 4,3 тис. м$^2$ /га, що на 4,6; 0,8 та 10,9 % більше порівняно з контролем [115].

Формування продуктивності рослин залежить від особливостей фотосинтетичного апарату, який є ключовим показником, що свідчить про реакцію рослин на умови довкілля, зокрема на агротехнічні заходи вирощування [116]. Головною запорукою продуктивної роботи фотосинтетичного апарату є зелені пігменти – хлорофіли *a* і b, що є чутливими індикаторами фізіологічного стану рослин та найважливішими компонентами фотосинтетичного апарату [117]. Зазначені пігменти беруть безпосередню участь у формуванні структури фотосинтетичного апарату, відіграють важливе значення у фотохімічних реакціях, пов’язаних із поглинанням енергії сонячного світла і трансформації її в хімічну енергію органічних речовин, тобто є безпосередніми постачальниками енергії для фотосинтезуючих рослин [118].

Динаміка вмісту пігментів у рослинному організмі характеризує потенційну потужність фотосинтетичного апарату впродовж вегетаційного періоду, є однією з провідних характеристик фотосинтетичної активності та продукційного процесу сільськогосподарських культур і, як генетично детермінована ознака, може змінюватися залежно від низки умов, у тому числі й агротехнічних заходів, зокрема, застосування біологічно активних речовин [119–122].

Встановлено, що використання мікробного препарату Ентеронормін (містить живі культури корисних мікроорганізмів роду Lactobacillus spp., Enterococcus spp. та бактерій Bacillus subtilis spp) у посівах пшениці озимої

сприяло зростанню вмісту хлорофілу *a* і b та підвищенню стійкості рослин до несприятливих екологічних чинників. За використання Ентеронорміну відмічено покращення показників суми хлорофілу (a+b) і їх співвідношення [123].

Результати досліджень із інокуляції насіння пшениці озимої мікробними препаратами свідчать, що даний захід покращував перебіг окремих фізіологічних процесів, зокрема таких як накопичення хлорофілу в листках культури. Так, всі варіанти досліду, де застосовували інокуляцію насіння, забезпечили збільшення вмісту хлорофілу порівняно з контролем від 0,3 до 0,6 мг/г а.с.р. Серед варіантів виділилися ті, де до препарату Меланоріз додавали ГуміФренд або ХелпРост [124].

За внесення у посівах сорго зернового біологічного препарату Ендофіт L1 на фоні передпосівної обробки насіння Біоарсеноалом вміст хлорофілів зростав порівняно з контролем, зокрема, хлорофіл *a* – на 15,5, хлорофіл b – на 36,2% і сума хлорофілів a+b – на 20% [125].

Інші дослідники [126–128] констатують, що біологічні препарати рістрегулювального характеру сприяють активізації накопичення рослинним організмом азотистих речовин, тим самим забезпечуючи листкам рослин насичений темно-зелений колір. Цими ж дослідженнями встановлено достовірне збільшення площі фотосинтетичного апарату рослин порівняно з контролем без застосування біопрепаратів до 7–13%.

Дослідженнями із застосуванням у посівах сої мікробних препаратів на основі штамів бактерій B. japonicum EL 35 та EL 11 виявлено, що при обробці B. japonicum EL 35 вміст хлорофілу *a* у листках збільшується майже удвічі порівняно з контролем, а обробка штамом EL 11 призводила до потрійного збільшення вмісту даного пігменту. Що стосується вмісту хлорофілу b, то в даному досліді було виявлено, що обробка обома штамами сприяла незначному, проте достовірному збільшенню його вмісту. Збільшення вмісту каротиноїдів у рослинах сої виявлено також від 1,03 од. у контролі до 2,09 та 2,04 од. при інокуляції B. japonicum EL 35 та EL 11 відповідно [129].

В. М. Гавій із співавторами [117] з'ясували, що у фазу 3–5 листків кукурудзи у контролі вміст суми хлорофілів a і b становив 1,28 мг/г сирої речовини, хлорофілу *a* – 1,03 мг/г сирої речовини, хлорофілу b – 0,25 мг/г сирої речовини. Передпосівна обробка насіння кукурудзи Поліміксобактерином забезпечувала зростання вмісту суми хлорофілів *a* і b у листках кукурудзи до 1,68 мг/г сирої маси, що перевищило показники контролю на 31,2 %. Також, зазначений біопрепарат ефективно стимулював утворення хлорофілу b у листках кукурудзи, перевищуючи показники контролю на 92 %. Така дія Поліксобактерину зумовлена штамом фосфатмобілізувальних бактерій Paenibacillus polymyxa. У ризосфері рослин вони здатні перетворювати складні фосфорні сполуки ґрунту на прості, доступні для живлення рослин, також сприяють наростанню розмірів кореневої системи. Фосфор, як компонент основних біомакромолекул (нуклеїнових кислот, фосфоліпідів, АТФ та ін.), безпосередньо пов'язаний із системами перетворення енергії в живій клітині, тим самим стимулює інтенсивність процесів фотосинтезу і дихання, що й зумовлює підвищення вмісту хлорофілів у зелених частинах рослини [130].

Передпосівна обробка насіння соризу Регоплантом у нормі 250 мл/т (фон) з наступним посходовим внесенням 50 мл/га цього ж препарату сприяла збільшенню порівняно з контрольним варіантом досліду вмісту хлорофілу *a* на 0,085 мг/г сирої речовини, а хлорофілу b – на 0,292 мг/г сирої речовини [131].

Важливим показником асиміляційної діяльності посівів сільськогосподарських культур є чиста продуктивність фотосинтезу, яка характеризує ефективність функціонування асиміляційної поверхні, відображає особливості нагромадження сухої біомаси рослинами та є важливою складовою формування врожаю [132]

Численними дослідженнями із застосування біологічних препаратів на різних рослинах засвідчено позитивний вплив даних препаратів на підвищення показника чистої продуктивності фотосинтезу [133–135]. Так, за

обробки насіння кукурудзи перед сівбою біологічним препаратом Біосил (20 мл/т) показник чистої продуктивності фотосинтезу, порівняно з контролем, зріс на 4%, тоді як за використання Біолану (50 мл/т) – на 11%. Більш ефективним стосовно чистої продуктивності фотосинтезу рослин кукурудзи виявилося застосування Регопланту (200 мл/т) та Зеастимуліну (20 мл/т). У цих варіантах досліду показник чистої продуктивності фотосинтезу перевищував результати, отримані у контрольному варіанті, на 17 та 16% відповідно до виду препаратів [136].

Інокуляція насіння гороху Ризобофітом із наступним внесенням по вегетації регуляторів росту Гумаксиду та АКМ сприяла активізації фотосинтетичної діяльності рослин. Так, за бактеризації Ризобофітом спостерігалося підвищення показника чистої продуктивності фотосинтезу на 12,7%, за використання Гумаксиду – на 23,5%, та при внесенні АКМ – на 40,1% [137]. Схожу тенденцію відмічено й при застосуванні у посівах гороху інших біопрепаратів рістрегулювального характеру [138, 139].

Інокуляція насіння соризу Регоплантом нормою 250 мл/т та його ж застосування по вегетації у нормі 50 мл/га сприяла зростанню показника чистої продуктивності фотосинтезу порівняно з контролем на 0,10 г/м$^2$ за добу у середньому за роки досліджень [131].

У цих же дослідженнях [140] відмічено зростання активності ферментів класу оксидоредуктаз, зокрема, активність каталази зростала до 118,0 мкМоль розкладеного $H_2O_2$/г сирої речовини за 1 хв, пероксидази – до 127,3 мкМоль окисненого гваяколу/г сирої речовини за 1 хв та поліфенолоксидази – до 29,8 мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирої речовини за 1 хв за передпосівної обробки насіння соризу Регоплантом з наступним його посходовим внесенням.

Іншими дослідженнями з вивчення впливу біологічних препаратів на активність ферментів класу оксидоредуктаз встановлено, що за передпосівної обробки насіння вівса мікробним препаратом Меланоріз як окремо, так і в сумішах з Агролайтом, ферментативна активність у рослинах на п’яту та

десяту добу після застосування препаратів підвищувалась. Так, за передпосівної обробки насіння вівса МБП Меланоріз у нормах 1,0; 1,25; 1,5 л/т активність каталази зі збільшенням норми препарату на п'яту добу зростала проти контролю на 0,9; 2,0 і 3,6 мкМоль розкладеного $H_2O_2$, активність пероксидази – на 2,7; 5,8; 10,3 мкМоль окисненого гваяколу, а поліфенолоксидази – на 0,8; 1,5; 2,6 мкМоль окисненої аскорбінової кислоти відповідно. За сумісної дії МБП Меланоріз у нормах 1,0; 1,25 і 1,5 л/т з регулятором росту рослин Агролайт – 0,26 л/т, застосованих для обробки насіння вівса перед сівбою, активність каталази в порівнянні з контролем зростала на 4,6; 5,2 і 6,0 мкМоль розкладеного $H_2O_2$, пероксидази – на 12,5; 14,3 і 16,3 мкМоль окисненого гваяколу, поліфенолоксидази – на 3,4; 4,0; 4,8 мкМоль окисненої аскорбінової кислоти відповідно [141].

Також встановлено, що бактеризація насіння гречки мікробним препаратом Діазобактерин (50, 175, 200 мл/т) з обробкою регулятором росту рослин Радостим (250 мл/т) роздільно та у комплексі активізувала ферменти антиоксидантного типу дії. Особливо ефективною виявилася обробка насіння комплексом, що містив Діазобактерин – 200 мл/т і Радостим – 250 мл/т з наступним внесенням Радостимому у нормі 50 мл/га по вегетації. У цьому варіанті досліду активність каталази перевищувала значення контрольного варіанту на 101%, пероксидази – на 28% та поліфенолоксидази – на 65% [142].

Схожу кореляцію між застосуванням біологічних препаратів, у тому числі й мікробного походження, та активністю ферментів класу оксидоредуктаз простежували також і в дослідженнях, виконаних у посівах пшениці полби [143], пшениці озимої [144], тритикале озимого [145], ячменю ярого [146], ячменю озимого [147] та кукурудзи [148].

Препарати біологічного походження, як фізіологічно активні речовини, також чинять вплив і на фундаментальні процеси рослинного організму, зокрема й на формування анатомо-морфологічної структури епідермісу листків, що є реакцією рослинного організму у відповідь на умови

вирощування, від якої залежить формування мезоморфного чи ксероморфного типу листкового апарату [149–151]. Так, зокрема, при вивченні анатомо-морфологічної структури листків рослин соризу було встановлено, що застосування передпосівної обробки насіння препаратом Регоплант з наступним його внесенням по сходах соризу формувався мезоморфний тип листків. Зокрема, кількість клітин в полі зору мікроскопа порівняно з контролем зменшувалася на 8 шт. одночасно зі збільшенням площі однієї клітини на 43 мкм$^2$ за коефіцієнту морфоструктури 0,97 [152].

Аналогічну залежність між застосуванням препаратів біологічного походження та формуванням структури епідермісу листків польових культур спостерігали й інші дослідники [153–156].

Отже, біологічні препарати як мікробного походження, так і рістрегулювальні речовини, здатні викликати біологічні зміни у культурних рослинах. Опрацьовані наукові джерела дають змогу стверджувати, що викликані зміни носять позитивний характер, що відображається у збільшенні вмісту фотосинтетичних пігментів, активізації фотосинтетичних процесів та активності ферментних реакцій, підсиленні ростових процесів, формуванні мезоморфної структури епідермісу листків. Іншим аспектом введення до технологій вирощування польових культур як мікробних препаратів, так і рістрегулювальних речовин є покращення стійкості рослин до різноманітних стресових чинників, зокрема, й фітопатогенної мікробіоти. Однак, не зважаючи на досить велику кількість наукових праць у даному напрямку, біологічні зміни у рослинах тритикале озимого за використання біологічних препаратів різних видів як окремо, так і в комплексі, залишається маловивченим.

## 1.4. Формування рівня продуктивності агроценозів за використання біологічних препаратів

Однією з причин зниження урожайності основних сільськогосподарських культур є ураження посівів фітопатогенними

мікроміцетами: втрати врожаю насіння від хвороб можуть досягати 75%. Тому одним із найважливіших складників технологій виробництва продукції рослинництва є захист рослин від фітопатогенних мікроорганізмів [81]. Інтенсивне використання хімічних засобів захисту рослин має негативний вплив на довкілля та якість отриманої продукції. Зокрема, постійно підвищується резистентність збудників хвороб до хімічних речовин, а препарати з часом втрачають свою ефективність. Фунгіциди хімічного походження часто негативно впливають на рослини і спричиняють уповільнення їх росту, а іноді призводять до припинення їх розвитку [157]. Вочевидь, надійною гарантією екологічної безпеки може бути застосування біологічних засобів захисту та регуляторів росту рослин, які, на відміну від пестицидів хімічного синтезу, після внесення в агроекосистему призводять до позитивних якісних та кількісних змін серед компонентів біоти. Використання в сучасних технологіях мікробних препаратів не тільки підвищує стійкість рослин до фітопатогенів, їх продуктивність і якість продукції, але й сприяє оздоровленню агроценозів від шкідливої дії хімічних препаратів. На сучасному етапі розвитку сільськогосподарського виробництва в інтегрованих системах захисту рослин використання біологічного методу набуває дедалі більшого поширення, оскільки він базується на застосуванні нових ефективних та екологічно безпечних мікробних препаратів і регуляторів росту й розвитку рослин, які здатні спрямовано регулювати процеси життєдіяльності рослин і ґрунтової мікробіоти, мобілізувати потенційні можливості, закладені в геномі природою і селекцією [158].

У свою чергу, використання біологічних препаратів для захисту рослин та отримання якісної продукції рослинництва є одним із стратегічних напрямів розвитку сучасного землеробства, що спрямований на його біологізацію. Серед біологічних засобів провідне значення відводиться мікробним препаратам, які є потужним фактором підвищення продуктивності агроекосистем та активізації мікробно-рослинних взаємодій

[159, 160]. Це екологічно безпечні препарати комплексної дії, оскільки мікроорганізми, на основі яких вони створені, не лише фіксують азот з атмосфери або розчиняють фосфати ґрунту, але й продукують амінокислоти, рістактиваторні сполуки та речовини антибіотичної природи, які стримують розвиток фітопатогенів, не забруднюють навколишнього середовища і безпечні для тварин і людини [161–163]. Практична зацікавленість біологічними препаратами зумовлена не тільки їх ефективністю, а й тим, що вони створюються на основі мікроорганізмів, виділених з природних біоценозів, що не забруднюють навколишнє середовище.

Важливим аспектом дії мікробних препаратів є також підвищення стійкості рослин до несприятливих чинників довкілля – високих та низьких температур, нестачі вологи, фітотоксичної дії пестицидів [164, 165]. Крім того, обробка насіння зернових культур біопрепаратами дає змогу захистити їх від фітопатогенних грибів за рахунок корисної антагоністичної мікробіоти [166, 167].

У системі ґрунт – мікроорганізми – рослина ґрунтові мікроорганізми є незамінною та невід’ємною складовою. Тому рослина в оточенні повноцінного комплексу мікроорганізмів одержує необхідне кореневе живлення і може повністю реалізувати свій генетичний потенціал щодо врожайності [168]. Широке використання біологічних факторів задля інтенсифікації сільського господарства має не лише екологічний, але й у більшості випадків економічний пріоритет. При цьому чим складніші ґрунтово-кліматичні та погодні умови, тим важливіша роль біологізації в технологіях вирощування культур [169].

Мікробні препарати при їх застосуванні в сучасних аграрних технологіях набувають усе більшого значення в процесі формування врожайності сільськогосподарських культур. Саме мікроорганізми є відповідальними за перетворення низки складних сполук у більш прості, що доступні для живлення рослин. Бактерії, які заселяють ґрунт, утворюють

своєрідний біологічний «чохол» – ризосферу і є трофічними посередниками між ґрунтом і рослиною [170].

Дослідженнями із використанням біопрепаратів Агробактерин (0,6 л/т), Поліміксобактерин (0,8 л/т) та Біокомплекс-БТУ (2 л/т), що проводилися у посівах пшениці ярої та ячменю ярого, встановлено, що передпосівна обробка насіння цими препаратами сприяє збільшенню урожайності пшениці ярої на 3,3–12,4 %, ячменю ярого – на 2,8–13,1 % (залежно від сорту, обробки по вегетації та фону удобрення). Обробка посівів пшениці ярої препаратом Біокомплекс-БТУ сприяла підвищенню урожайності на 3,6–7,2 %, а ячменю ярого – на 1,6–6,2 % [171].

Біологічні препарати, використані з метою передпосівної обробки насіння та позакоренево в технології вирощування пшениці озимої сорту Фаворитка, істотно впливали на формування елементів продуктивності й забезпечували приріст урожайності зерна. Найбільш ефективним було поєднання Діазофіту в нормі 0,4 л/т (передпосівна обробка насіння) та Азотофіту (0,6 л/га) + Біосилу (20 мг/га), за позакореневого внесення яких врожайність зерна становила 3,6–3,7 т/га (що на 0,4–0,5 т/га вище від контролю) [172].

Дослідженнями у посівах гороху виявлено, що найвищий рівень урожайності одержано у варіанті обробки насіння Міко-френдом (1,0 л/т) – 2,32 т/га на неудобреному фоні та 2,85 т/га – на фоні основного внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$, що відповідно, на 0,24 та 0,17 т/га вище за контроль. Обприскування рослин гороху Гумі-френдом також було ефективним. Найвищу надбавку зерна одержано за внесення біопрепарату у дозі 0,5 л/га, яка залежно від фону живлення у варіантах обробки насіння Міко-френдом та Міко-хелпом становила відповідно 0,18–0,20 т/га та 0,27–0,28 т/га [173].

Л. С. Квасніцька та Г. П. Войтова [174] встановили, що поєднання біопрепарату Вимпел (0,5 л/га) та мікродобрива Оракул колофермин бору (1,5 л/га) із фунгіцидними обробками Аканто плюс (0,5 л/га) у фази стеблування та бутонізації люцерни посівної позитивно вплинуло на

показники індивідуальної продуктивності й забезпечило приріст урожайності у розмірі 0,55 ц/га.

Передпосівна обробка насіння лядвенцю рогатого мікробним препаратом Ризобофіт (біологічний агент Mesorhizobium loti) з розрахунку 0,15 л на гектарну норму насіння сприяло росту насіннєвої продуктивності лядвенцю рогатого сортів Аякс та Гелон на 78 та 87 кг/га, або – 21,4 % і 23,8 % проти контролю. Унаслідок поліпшення азотного живлення рослин за рахунок формування симбіотичного апарату та фіксації атмосферного азоту врожайність становила 445 та 453 кг/га відповідно до сортів [175].

О. С. Чинчик та ін. [176] дослідили, що найвищі показники урожайності у посівах сої із вивченням дії мікробних препаратів забезпечувала комплексна інокуляція насіння Ризобофітом, Фосфоентерином та Біополіцидом. Так, урожайність сої сорту Естафета зростала до 2,21 т/га і була на 0,07 т/га більшою, порівняно із варіантом контролю.

Ці ж дослідники [177] також показали, що приріст урожаю зерна сої сорту Іванка від використання мікробного препарату Ризобофіт на основі штаму бульбочкових бактерій Bradyrhizobium japonicum 634 б становив 0,18 т/га або 9 %, тоді як бактеризація насіння квасолі сорту Надія біопрепаратом Ризобофіт на основі штаму азотфіксувальних бактерій Rhizobium phaseoli ФК-6 сприяла прибавці врожайності на 0,25 т/га або 12 %.

У результаті досліджень, виконаних на квасолі, було встановлено, що мікробні препарати Ризобофіт і Ризогумін на основі бактерій штаму R. Phaseoli FB1 забезпечують стабільний приріст урожайності бобів сорту Щедра на 16,9–29,2 % порівняно з контролем без інокуляції. Також покращилися якісні показники – вміст білка збільшився на 12,5 %, а олії – на 17,4 % відносно контролю [178].

Використання біопрепарату Хатаке (Hatake) у посівах кукурудзи нормою 1,0 кг/га сприяло покращенню росту та розвитку культури, підвищувало урожайність та якісні показники насіння. Зокрема, урожайність при застосуванні досліджуваного біопрепарату становила 41,6–43,2 ц/га, що

на 10,6–14,9% було вище, ніж в контролі за обробки контрольним штамом та без обробки відповідно. Маса 1000 насінин за використання досліджуваного препарату збільшилася на 13,2–22,4%. Також покращилися інші якісні показники, вміст крохмалю збільшився на 5,8–8,1%, вміст білку – 1,3–1,6% відповідно [179].

В. М. Гавій та ін. [180] стверджують, що мікробні препарати Агат-25К та Фітоспорин-М позитивно впливають на показники довжини головного та бічних коренів сої. Так, у контролі ці показники були на рівні 13,6 см та 9,5 см відповідно. Агат-25К перевищував довжину головного кореня на 9,2 см (на 67,6 % порівняно до контролю) та довжину бічних коренів – на 0,3 см (на 3,2 % більше від показників контролю). Також він мав вплив і на кількість бульбочок на коренях (на 25 % більше, ніж у контролі). Очевидно, бактерії Pseudomonas aureofaciens H16, які входять до складу Агат-25К, мають виражену фунгіцидну дію на патогени, продукують антибіотичні речовини і впливають на всю мікробіоту ризосфери рослин. Завдяки цьому вони інгібують розвиток патогенних бактерій і грибів, сприяють розмноженню корисних мікроорганізмів, що позитивно впливає на розвиток кореневої системи. Найвища врожайність сої у цьому досліді спостерігалася за обробки насіння Фітоспорином-М і становила 2,99 т/га, перевищуючи показники контролю на 39,1 % відповідно. Урожайність сої за обробки препаратом Агат-25К складала 2,59 т/га, що перевищило показники контролю на 20, 5%.

Т. П. Шепілова [181], досліджуючи бактеризацію насіння сої Ризогуміном та Ризостимом, встановила, що інокуляція насіння сприяла збільшенню маси рослин у сорту Золушка по відношенню до контролю на 3,0–3,2 г, що становило 5,4–5,8 %; у сорту Ромашка – на 2,7–3,3 г, або 4,2–5,1 %. Застосування бактеріальних препаратів також сприяло істотному збільшенню врожайності культури. Так, у сорту Золушка приріст урожаю був на рівні 0,08–0,14 т/га, у сорту Ромашка – 0,14–0,20 т/га.

За даними О. М. Григор'євої із співавторами [182], мікробні препарати за використання в технології вирощування ячменю ярого

сприяли зростанню урожайності на 0,14–0,46 т/га, а продуктивності пшениці озимої сорту Красуня Одеська – на 0,27–0,36 т/га.

Н. В. Новицька та О. В. Джемесюк [183] повідомляють, що інокуляція насіння сої препаратми ХайКот Супер + ХайКот Супер Extender (Bradyrhizobium japonicum, штам 532 С) дала додаткові 2,0–4,0 ц/га приросту врожаю. За рахунок застосування інокуляції врожайність досліджуваних сортів сої зростала від 1,66 (контроль, без інокуляції) до 1,82 т/га (контроль, інокуляція) у сорту Аннушка, від 1,6 до 1,76 у сорту Легенда та від 1,59 до 1,8 т/га у сорту Танаїс відповідно.

Іншими дослідженнями у посівах пшениці озимої встановлено, що проведення двох позакореневих підживлень посівів на початку відновлення весняної вегетації та початку виходу рослин у трубку препаратами Ескорт–біо та Органік Д2 забезпечувало формування найбільших приростів урожайності зерна пшениці озимої – відповідно 1,53–1,59 та 1,91–1,94 т/га проти контролю [184].

Застосування мікробних препаратів у посівах кукурудзи показало, що Філазоніт СВ та Філазоніт ТО (бактерії штамів Bacillus circulans, Pseudomonas putida, Azotobacter chroococcum, Bacillus megaterium) підвищують врожайність на 10,1 ц/га, або на 19,4%. При використанні цієї технології вміст легкогідролізованого азоту у ґрунті збільшився в середньому на 6,0 мг/кг ґрунту; рухомих форм фосфору – на 2,0 мг/кг ґрунту; рухомих форм калію – на 3,0 мг/кг ґрунту, а вмісту гумусу – на 0,05% порівняно з показниками аналізу ґрунту до проведення досліду [185].

Дослідження із бактеризації насіння та поверхневої обробки рослин кукурудзи Поліміксобактерином під час вегетації у фазі 7–9 листків показали, що даний агрозахід сприяв підвищенню врожайності зерна до 10,8 т/га, або на 28,6% порівняно з контролем. До того ж частка дії від бактеризації насіння становила 14,3%, а поверхневої обробки рослин – 14,3% порівняно з контролем. Урожайність зерна кукурудзи у посівах, де

застосовували лише поверхневу обробку рослин, була значно нижчою, ніж на тлі вказаного агрозаходу, і була у межах 9,4–9,6 т/га [186].

Передпосівна обробка насіння пшениці біопрепаратом Стимпо в нормі 25 мл/т активізувала процеси росту і розвитку пшениці озимої, на що вказує зростання польової схожості на 4–7 % та коефіцієнту кущення на 20,4–38,6 %. Встановлено, що Стимпо забезпечував зростання кількості продуктивних пагонів, маси зерна з колосу, підвищував вихід товарної частини врожаю [187].

Подібний вплив на ріст і розвиток пшениці озимої на ранніх етапах онтогенезу за дії різноякісного засолення мав регулятор росту рослин Регоплант [188]. Так, на сольовому фоні Регоплант викликав збільшення енергії проростання у 1,03–1,37 рази та лабораторної схожості у 1,07–2,11 рази в залежності від типу засолення. Підвищував силу росту проростків та коренів, сприяв накопиченню сухої речовини в рослинах, пророщених на сольовому середовищі. Виявлено, що високі концентрації 0,115–0,145 М гідрокарбонату натрію нівелювали вплив біопрепарату на довжину кореневої системи.

Застосування у посівах гречки мікробного препарату Діазобактерин у нормах 150; 175; 200 мл сприяло росту продуктивності культури на 8–15% відповідно до норм препарату. Значно вища врожайність спостерігалась у варіантах досліду із обробкою насіння перед сівбою сумішшю препаратів Діазобактерин у нормах 150; 175; 200 мл і Радостим у нормі 250 мл/т. Так, урожайність гречки у даних варіантах досліду на 0,26–0,32 т/га перевищувала показник у контролі [189]. Очевидно, комплексне використання біопрепаратів для передпосівної обробки насіння забезпечувало покращення розвитку як надземної біомаси, так і кореневої системи рослин, особливо за дії рістрегулятора, що в свою чергу, сприяло зростанню колонізаційної ризосферної поверхні для інтродукованих мікроорганізмів, а отже, відбувалося покращення мінерального забезпечення рослинного організму,

що є важливою умовою формування надземної маси рослин, функціонування листкового апарату, надходження асимілятів та формування врожаю [190].

Позитивний вплив застосування біопрепаратів на формування продуктивності вирощуваних культур відмічали й інші науковці [191–201].

Підводячи підсумок викладеним наукових джерелам, можна стверджувати, що застосування біологічних препаратів різного походження в посівах сільськогосподарських культур є досить багатогранним чинником підвищення продуктивності посівів, у тому числі й тритикале озимого.

Виходячи з цього, вивчення дії біологічних препаратів з рістрегулювальною активністю на стан патогенної й корисної мікробіоти, перебіг фізіолого-біохімічних процесів у рослинах, формування продуктивності посівів є своєчасним і актуальним, особливо з погляду зниження норм внесення мінеральних добрив, зростання популяції основних еколого-трофічних груп мікроорганізмів, поліпшення поживного режиму ґрунту, активізації росту й розвитку рослин та обмеження використання хімічних препаратів. У зв’язку з цим, всі ці аспекти й лягли в мету і завдання даної роботи.

# РОЗДІЛ 2
# УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

## 2.1. Ґрунтово-кліматичні умови проведення досліджень

Вивчення впливу біологічних препаратів Меланоріз, Біозлак та Бактофіт на мікробіологічні процеси у посівах тритикале озимого та на перебіг біологічних процесів у рослинах культури виконувалось на базі НВВ Уманського національного університету садівництва, розташованого в Маньківському природно-сільськогосподарському районі, Середньо-Дніпровсько-Бузького округу Лісостепової Правобережної провінції України з географічними координатами 48°46' північної широти, 30°14' східної довготи. Висота над рівнем моря – 245 м. Місцевість є перехідним екотоном між Лісостеповою і Степовою смугами Правобережної України [202].

Згідно даних метеостанції м. Умань, зона розташування дослідного поля Уманського НУС характеризується нестійким зволоженням (ГТК–1,2), клімат помірно-вологий та теплий, в окремі роки – посушливий. Літо тепле, помірно-вологе, зима м’яка, хмарна з частими відлигами, іноді з сильними морозами. Середня температура січня (– 5,7) °С, а середня липнева температура (+19) °С. Період теплої пори року з позитивною добовою температурою повітря (t > 0°С) становить 245 діб, зокрема, тривалість вегетаційного періоду більшості сільськогосподарських культур (t > 5°С) – 201 добу, періоду активної вегетації рослин (t > 10°С) – 159–160 діб, найбільш теплозабезпеченого періоду (t > 15°С) – 109 діб. Середньорічна температура складає +7,4°С. Сума активних температур знаходиться в межах 2600–2660°С. Рівень сумарної сонячної радіації становить 90–94 кКал/см$^2$ (3838,5–4051,8 МДж/м$^2$) за рік, а на частку сумарної фотосинтетично активної радіації припадає 39 кКал/см$^2$ (1663,4 МДж/м$^2$) за період вегетації з середньодобовою температурою повітря вище +5°С.

Середньорічна кількість опадів становить 586 мм, хоча іноді можливі коливання в межах 300–750 мм. Більшість опадів випадає у весняно-літній

період. Кількість діб з опадами досягає 130–150 на рік. Біля 80 % опадів приходиться в період з додатними температурами, в тому числі 40 % влітку; на весну, осінь і зиму припадає відповідно 24, 22 і 18 % опадів. Кількість діб зі сніговим покривом змінюється від 30 до 125. Запас води у сніговому покриві змінюється від 35 до 45 мм.

Погодні умови змінюються зі зміною пори року. Літо характеризується високими температурами – середня температура цього періоду становить +19 $^0$С з коливаннями в окремі роки від +17 до +22$^0$С. Теплий і вологий період літнього сезону сприяє нормальній вегетації всіх районованих сільськогосподарських культур. Переважаючі літом вологі західні вітри, приносять значну кількість опадів. Але в окремі роки спостерігається літня посуха, обумовлена тривалим і значним дефіцитом опадів з підвищеною температурою повітря, внаслідок чого втрачається значна кількість вологи ґрунту.

Осінь – найчастіше тепла, сонячна, іноді тривала. Перехід середньодобової температури нижче +10$^0$С спостерігається лише в середині жовтня, коли погода стає хмарною і дощовою та відмічаються перші приморозки. Для пізньої осені характерна мінлива температура з періодичним випаданням дощу чи снігу, які сприяють поповненню ґрунтової вологи.

Зима переважно тепла, з частими відлигами і хмарною погодою. Середня температура повітря в найхолодніші місяці – мінус 6$^0$С. Ґрунт часто розмерзається, що сприяє кращому використанню зимових опадів. Під час відлиг температура може підвищуватися до плюс 9–12$^0$С. Такі перепади температур супроводжуються утворенням льодової кірки.

З потеплінням клімату зміщуються дати переходу середньодобових температур через (+0,1)–(+ 5) °С. Це, у свою чергу, спричинює зміни росту і розвитку більшості сільськогосподарських культур, що призводить як до розтягування, так і до скорочення тривалості міжфазних періодів та вегетаційного сезону в цілому.

У цілому кліматичні умови регіону сприятливі для вирощування більшості сільськогосподарських культур помірного поясу, в тому числі й тритикале озимого.

Досліди закладали на чорноземі опідзоленому важкосуглинковому на лесі. Глибина гумусового профілю чорнозему опідзоленого становить 80– 90 см, вміст гумусу 3,1 %. Реакція ґрунтового розчину слабо кисла (pHсол = 5,6–6,0), гідролітична кислотність 1,5–2,5 смоль/кг ґрунту, ступінь насиченості основами – 85–93 %. В обмінних катіонах близько 80 % становить кальцій. Вміст рухомих форм фосфору та калію (за методом Чирикова) – 80–120 мг/кг ґрунту, азоту лужногідролізованих сполук (за методом Корнфілда) – 100 мг/кг ґрунту. Чорнозем опідзолений займає 16–18 % загальної площі зони Лісостепу України і найбільш поширений у Правобережній його частині. 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 [203].

Погодні умови в період досліджень хоча й були типовими для зони, однак різнилися за роками (рис. 2.1 – 2.3, додаток А, табл. А.1). Так, найбільш сприятливим за кількістю опадів та відносною вологістю для росту тритикале озимого був вегетаційний період 2020–2021 років. Зокрема, у осінній період (вересень – листопад) 2020 року випало 128,6 мм опадів проти 147 мм згідно середньобагаторічних даних. У зимовий період (грудень – лютий) зафіксовано 135,5 мм опадів порівняно з 122 мм за багаторічними даними та у весняний період (березень – травень) випало 138,7 мм опадів проти 129 мм за середньобагаторічними даними. Червень місяць перевищив середньобагаторічні показники за опадами на 23 мм. Середні показники температури повітря вегетаційного періоду 2020–2021 років перевищували середньобагаторічні значення у осінній період, однак у зимово-весняний були дещо нижчими. У червні температура повітря перевищувала середньо-

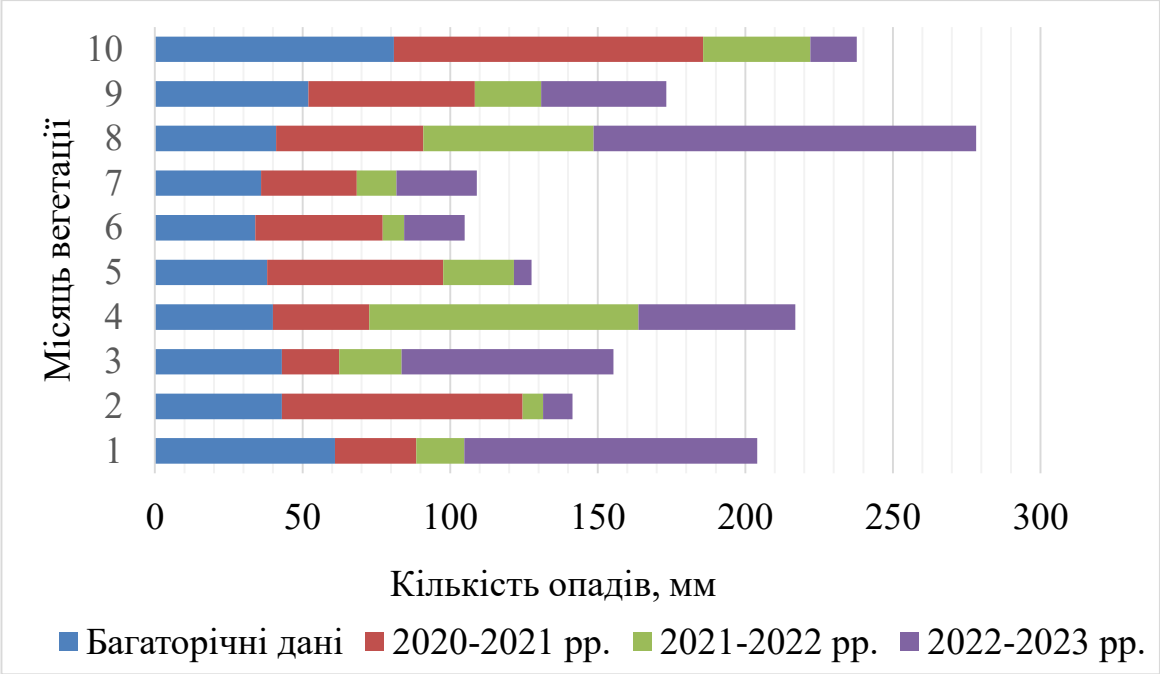



**Рис. 2.1. Суми опадів за місяцями вегетаційного періоду тритикале озимого**

1 – вересень; 2 – жовтень; 3 – листопад; 4 – грудень; 5 – січень; 6 – лютий; 7 – березень; 8 – квітень; 9 – травень; 10 – червень.

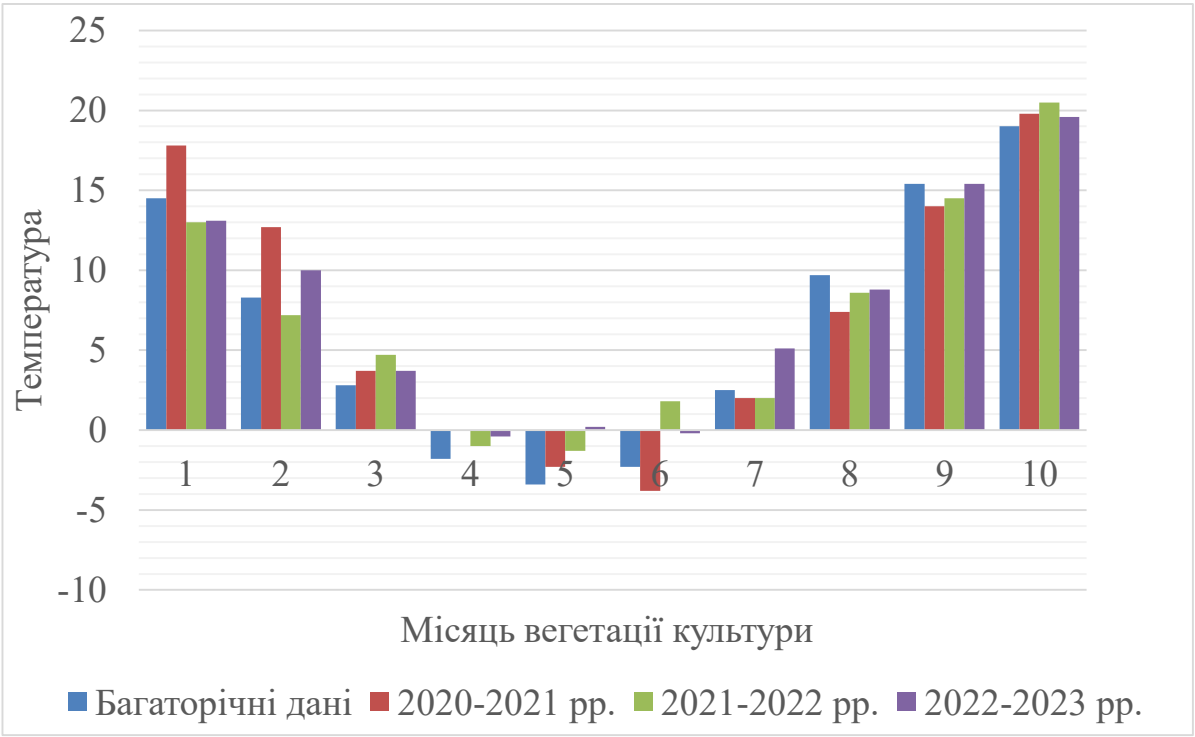



**Рис. 2.2. Температура повітря за місяцями вегетаційного періоду тритикале озимого, ºС**

1 – вересень; 2 – жовтень; 3 – листопад; 4 – грудень; 5 – січень; 6 – лютий; 7 – березень; 8 – квітень; 9 – травень; 10 – червень.

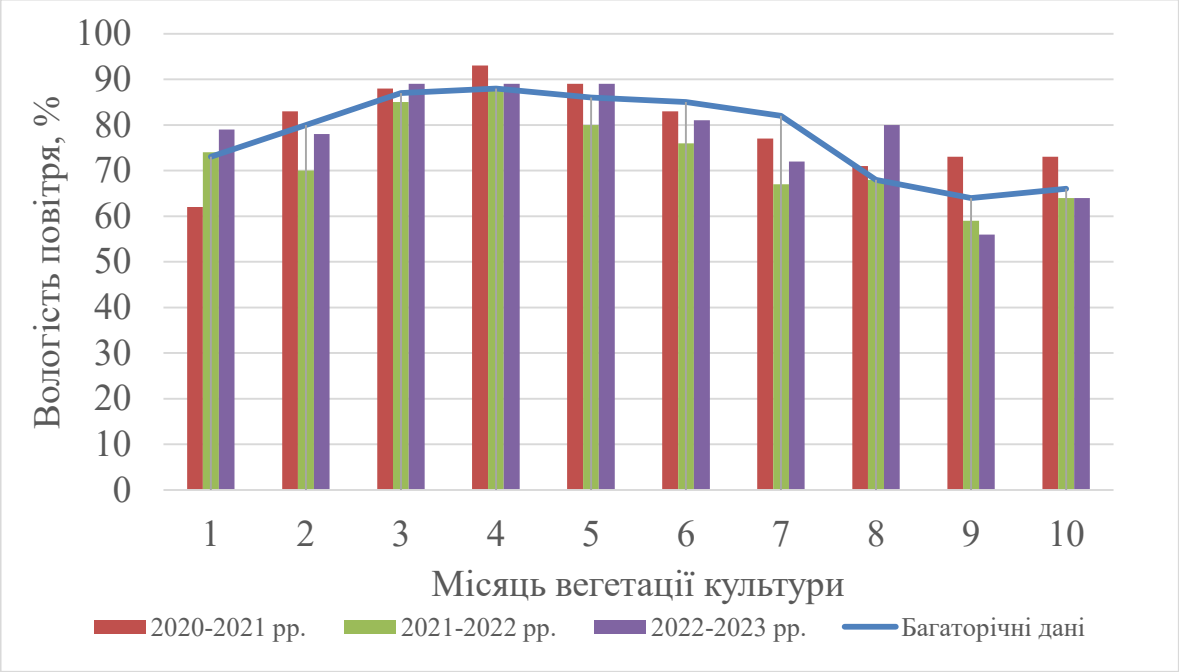



**Рис. 2.3. Відносна вологість повітря за місяцями вегетаційного періоду тритикале озимого, %**

1 – вересень; 2 – жовтень; 3 – листопад; 4 – грудень; 5 – січень; 6 – лютий; 7 – березень; 8 – квітень; 9 – травень; 10 – червень.

багаторічні значення на 0,8 °С. Вологість повітря у всі місяці вегетації культури перевищувала середньобагаторічні значення.

Умови вегетаційного періоду тритикале озимого у 2021–2022 роках були менш сприятливими для росту культури порівняно з попереднім періодом, оскільки у осінній період зафіксовано лише 44,4 мм опадів, що на 102,6 мм було менше порівняно з середньобагаторічними даними за аналогічний період та на 84,2 мм менше порівняно з попереднім роком. У зимовий період випало 122,3 мм опадів, що перевищувало середньорічні показники, проте на 13,2 мм було менше порівняно з попереднім роком. У весняний період зафіксовано 93,5 мм опадів, що на 35,5 мм менше проти середньобагаторічних даних та на 45,2 мм менше проти попереднього року. У червні місяці було на 44,7 мм опадів менше проти багаторічних показників та на 67,7 мм менше проти попереднього року.

Температура повітря у осінній період була дещо нижчою за попередній рік, проте взимку, навесні та в червні місяці зросла. Відносна вологість повітря порівняно з багаторічним даним та даними вегетаційного періоду 2020–2021 рр. була нижчою (рис. 2.2, рис. 2.3).

Умови вегетаційного періоду 2022–2023 рр. були кращими порівняно з 2021–2022 рр., однак поступалися 2020–2021 рр. найвологішими місяцями були вересень, листопад та квітень, кількість опадів у ці місяці перевищувала як попередні роки досліджень, так і багаторічні значення, проте решта місяців періоду вегетації поступалася за кількістю опадів як багаторічним даним, так і даним 2020–2021 рр.

Температура повітря за останній період досліджень у цілому перевищувала середньобагаторічні значення та дані попередніх років. Відносна вологість повітря була нижчою проти багаторічних значень та даних попередніх років досліджень, крім вказаних вище місяців з найбільшою кількістю опадів.

Отже, погодні умови в роки проведення досліджень загалом були сприятливими для вирощування тритикале озимого, однак спостерігалися деякі відхилення, що стосувалися головним чином вологозабезпечення рослин культури. Закономірно, що це відобразилося на рості рослин тритикале озимого та формуванні його продуктивності.

### 2.2. Схема досліду та методика виконання досліджень

Основну експериментальну частину дисертаційного дослідження виконано упродовж вегетаційного періоду 2021–2023 рр. у польових умовах дослідного поля навчально-виробничого відділу а також у лабораторних умовах кафедри карантину та захисту рослин Уманського національного університету садівництва.

У дослідах вивчали біологічні препарати (БП) мікробного походження – Меланоріз рідка суспензія, що містить Glomus sp., Aspergillus terreus, Trichoderma lignorum, Trichoderma viride, Bacillus macerans, Arthrobacter sp.,

Bacillus subtilis, Paenibacillus polymyxa. Загальне число життєздатних клітин $2,5\times10^7$ КУО/мл, оригінатор – ТОВ «Торговий дім «Бту-центр», Україна.

Меланоріз рекомендовано до застосування у нормах 1,0–1,5 л/т для передпосівної обробки насіння бобових, зернових, олійних, технічних та овочевих культур з метою активізації живлення, підвищення продуктивності й покращення якості зерна та вегетативної маси польових культур.

Меланоріз – препарат, що здатен активізувати заселення ризосферної та ризопланної зони мікоризними грибами а також сапрофітними ризосферними бактеріями; сприяє зростанню поглинальної поверхні кореневої системи рослин за рахунок активного розвитку мікоризних утворень; сприяє нейтралізації у ґрунті токсичної дії патогенних мікроорганізмів та ксенобіотиків; сприяє продукуванню антибіотиків природного походження, пригнічує онтогенез хвороботворних збудників (фузаріозу, фітофторозу, альтернаріозу, склефомозу, бактеріозів чорного, базального та ін.), а також шкідників; сприяє покращенню схожості насіння та підвищенню імунітету рослин; покращує забезпечення рослин легкодоступними формами елементами живлення [204, 205].

Біозлак – рідка суспензія, що містить бактерії Pseudomonas aureofaciens BS1393, титр життєздатних клітин або спор не менше $2,0\times10^9$ КУО/мл препарату, оригінатор – ТОВ «Біонасервіс плюс», Україна. Норма витрати препарату на 1 т насіння зернових-колосових культур становить 1,0–1,5 л. Витрата робочого розчину 10 л/т.

Спеціально підібрані в препараті Біозлак штами бактерії *P. aureofacien*s мають різносторонній позитивний вплив на рослини шляхом синтезу антибіотиків, регуляторів росту і стимуляції утворення фітоалексинів. Бактерії P. aureofaciens здатні продукувати флороглюцини – природні антибіотики, які відіграють важливе значення у пригніченні життєдіяльності збудників хвороб зернових колосових культур. P. aureofaciens синтезують індол-3-оцтову кислоту (ІОК), яка стимулює розвиток кореневої системи

рослин. Крім ІОК, бактерії виду P. aureofaciens продукують й інші регулятори росту рослин, у тому числі гібереліни.

Препарат Біозлак підвищує природний імунітет культурних рослин до патогенної мікробіоти шляхом підвищення вмісту фітоалексинів у стеблах культурних рослин, яке відбувається у відповідь на подразнення бактеріями P. Aureofaciens.

Біозлак пригнічує грибні та бактеріальні інфекції на насінні і захищає проростки і сходи культур від низки збудників, а саме: Fusarium, Bipolaris (Helminthosporium), Pseudocercosporella, Septoria, Ophiobolus.

За рахунок посилення росту і розвитку кореневої системи підвищується стійкість культур до несприятливих погодних умов (засуха, зимостійкість для озимих); препарат виступає в якості антистресанту після обробки хімічними препаратами; запобігає втраті сортових якостей культури; значно збільшує врожай зерна та його якість [205, 206].

Біологічний препарат фунгіцидної дії Бактофіт – рідка суспензія, що містить бактерії Bacillus subtilis ІПМ–215, титр життєздатних клітин або спор не менше $2{,}0\times10^{9}$ КУО/мл препарату, оригінатор – ТОВ «Біонасервіс плюс», Україна.

Бактофіт – препарат мікробного походження, що рекомендований до застосування для захисту зернових-колосових культур від грибкових і бактеріальних захворювань, зокрема, родів Fusarium, Bipolaris, Ophiobolus, Erysiphe, Septoria, Pyrenophora, Puccinia, Botrytis, Pseudomonas, Xanthomonas у нормах 2,0–3,0 л/га.

Бактерії, що входять до складу препарату, синтезують антибіотичні поліпептидні речовини, які пригнічують розвиток фітопатогенної мікробіоти та продукують комплекс фітогормонів, який стимулює ріст і розвиток рослин. Бактерії препарату беруть участь у амоніфікації ґрунтів за рахунок засвоєння нітратів та амінного азоту з рослинних решток. Здатні до активного розкладу рослинних решток, завдяки чому органічні речовини повертаються у ґрунт (запобігає виснаженню ґрунтів). Препарат має високу

антагоністичну активність до широкого спектру збудників хвороб рослин; здатен знімати стрес після застосування пестицидів; дозволяється до застосування в будь-яку фазу розвитку рослин; не призводить до резистентності патогенних мікроорганізмів до препарату; володіє швидкою початковою дією; стимулює ріст і розвиток рослин; застосовується з іншими засобами захисту рослин (гербіциди, інсектициди) в одній баковій суміші для зняття стресу; ефективно працює при підвищених температурах + 25–28 °С; підвищує врожайність на 10–15% [205, 207].

Дію препаратів Меланоріз та Біозлак, внесених окремо та в поєднанні із Бактофітом, вивчали на рослинах тритикале озимого (Triticosecale Wittm. ex A. Camus), сорт Єлань. Оригінатори – Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН та Волинська державна с.-г. дослідна станція.

Сорт рекомендовано для вирощування у Лісостепу та Поліссі. Різновид – суберитроспермум (suberythrospermum). Середньостиглий. Висота рослини 100 см. Стійкість до вилягання 9 балів. Зимостійкість підвищена (8,5 балів), посухостійкість висока (9 балів). Високостійкий до посухи, бурої, жовтої та стеблової іржі, сажки, борошнистої роси. Зерно виповнене, овально-видовжене, гладеньке, маса 1000 зерен 45 г. Борошномельні та хлібопекарські якості зерна високі. Вміст білка в зерні 13,5–14,9%, сирої клейковини – 24–28%, ІДК – 50 о.п., сила борошна – 180–230 о.а., об’єм хліба без поліпшувачів – 700 мл, загальна хлібопекарська оцінка – 9 балів.

Потенційна врожайність зерна становить 12,0 т/га. Виявляє високу врожайність незалежно від строків посіву. В сортовипробуванні в середньому за 5 років урожайність склала 10,4 т/га. Сорт витривалий до пізніх строків сівби та непарових попередників. Норма висіву 4,5–5,0 млн./га [208].

Польовий дослід закладали відповідно до наведеної схеми:

1. Без застосування біологічних препаратів (контроль).
2. Меланоріз 1,0 л/т.
3. Біозлак 1,5 л/т.

4. Бактофіт 2,0 л/га.
5. Бактофіт 2,5 л/га.
6. Бактофіт 3,0 л/га.
7. Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,0 л/га.
8. Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,5 л/га.
9. Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 3,0 л/га.
10. Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,0 л/га.
11. Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,5 л/га.
12. Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 3,0 л/га.

Варіант досліду контроль закладався без застосування мікробних препаратів – насіння перед висіванням та вегетуючі рослини оброблялася лише водою; у варіанті досліду 2 і 3 з метою передпосівної обробки насіння тритикале озимого використовували препарати Меланоріз (1,0 л/т) та Біозлак (1,5 л/т); у варіантах досліду 4–6 проводили обприскування посівів культури у фазі кінець кущення Бактофітом у нормах 2,0; 2,5 та 3,0 л/га; у варіантах досліду 7–9 по фону передпосівної обробки насіння Біозлаком (1,5 л/т) у фазі розвитку культури кінець кущення посіви обприскували біофунгіцидом Бактофіт у нормах 2,0; 2,5 та 3,0 л/га; у варіантах досліду 10–12 по фону передпосівної обробки насіння Меланорізом (1,0 л/т) у фазі розвитку культури кінець кущення посіви обприскували Бактофітом у нормах 2,0; 2,5 та 3,0 л/га.

Польовий дослід було закладено у триразовому повторенні, розміщення варіантів – послідовне. Загальна площа однієї дослідної ділянки – 80 м$^2$, облікової – 20 м$^2$. Норма висіву насіння під час сівби – 5,0 млн. насінин на гектар. Насіння тритикале озимого за добу до сівби обробляли мікробними препаратами (МБП) Меланоріз у нормі 1,0 л/т та Біозлак у нормі 1,5 л/т (ВВСН 00). На фоні передпосівної обробки насіння вказаними препаратами, посіви тритикале озимого у фазі кущіння обприскували біологічним препаратом Бактофіт у нормах 2,0; 2,5 та 3,0 л/га (ВВСН 21–23),

використовуючи акумуляторний ранцевий обприскувач DS-3WF-3 із розрахунком витрати робочої рідини 200 л/га.

Технологія вирощування тритикале озимого – загальноприйнята для даної зони і передбачала проведення необхідних операцій відповідно до запланованої програми досліджень [209]. Попередником слугувала соя.

Дослідження та спостереження відповідно плану досліджень проводили згідно нижче наведених методик:

– визначення ураженості кореневими гнилями виконували у період кущіння культури. При цьому з кожної ділянки досліду викопували по 25 рослин із корінням і визначали абсолютний і відносний показник уражених рослин [210, 211].

– визначення поширеності хвороб листя виконували шляхом вираження у відсотках від загальної кількості рослин до кількості уражених збудником хвороби рослин відповідно до формули:

$$P = 100 \times n/N$$

де P – поширеність хвороби, %;

n – кількість уражених рослин, шт.;

N – загальна кількість обстежених рослин, шт. [210, 211].

– визначення ураження хворобами колосу проводили шляхом підрахунку відсотку ураженого колосся до загальної його кількості [210, 211].

– чисельність окремих груп мікробіоти ризосфери тритикале озимого обліковували у фазі цвітіння культури. Проби ґрунту відбирали відповідно до загальноприйнятих методик [212]. Загальну чисельність ризосферних мікроорганізмів визначали шляхом висіву ґрунтової суспензії відповідних розведень на агаризоване середовище м’ясо-пептонний агар (МПА), мікроміцетів – на середовище Чапека, нітрифікувальних бактерій, *Clostridium pasteurianum* – на елективних середовищах С. М. Виноградського, целюлозолітичних мікроорганізмів – на середовищі О. О. Імшенецького та Л. І. Солнцевої, Azotobacter – безазотистому живильному середовищі Ешбі,

підраховуючи оброслі колоніями грудочки ґрунту [212]. Кількість мікроорганізмів виражали в колонієутворюючих одиницях (КУО) або тис. клітин в 1 г абсолютно сухого ґрунту залежно від методики;

– активність ферментів класу оксидоредуктаз (каталази (КФ 1.11.1.6), пероксидази (КФ 1.11.1.7), поліфенолоксидази (КФ 1.10.3.1)) визначали в зразках листків тритикале озимого, відібраних у польових умовах, у відповідні фази розвитку рослин, за методиками, описаними Х. М. Починком [213];

– вміст у листках тритикале озимого хлорофілів *a* і b, суми хлорофілів (*a*+*b*) та каротиноїдів визначали спектрофотометричним методом за допомогою спектрофотометра Leki SS1104 за довжини хвиль, що відповідає максимумам спектрів поглинання досліджуваних пігментів у відповідному розчиннику [213];

– частку хлорофілів у світлозбиральному комплексі (СЗК) розраховували з урахуванням того, що увесь хлорофіл b знаходиться в СЗК, а співвідношення *a* : b складає 1,2 [214];

– інтенсивність дихання рослин визначали модифікованим методом у лабораторних умовах. З цією метою у варіанті відбирали по 10 типових листків з одного ярусу, їх черешки парафінували для запобігання «раневого дихання». Наважки листків аналізували відповідно до наведеної методики [213];

– площу фотосинтетичного апарату рослин тритикале озимого визначали відповідно до загальноприйнятих методик [213];

– надземну масу рослин та масу кореневої системи визначали гравіметричним методом [213];

– чисту продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) посівів розраховували за формулою: $ЧПФ = B_2–B_1/0,5(Л_1+Л_2)\times n$, де ЧПФ – чиста продуктивність фотосинтезу, г/м$^2$ за добу; $B_1$ і $B_2$ — суха маса рослин на початку та в кінці облікового періоду, г; $Л_1$, $Л_2$ — площа листкової поверхні на початку/кінці облікового періоду, м$^2$; n – кількість днів між обліками [213];

– облік урожайності тритикале озимого виконували поділянково, шляхом прямого комбайнування з наступним зважуванням зерна і переведенням на стандартну вологість [215];

– якість зерна тритикале озимого оцінювали за вимогами ДСТУ 4762:2007 Тритикале. Технічні умови [216];

– економічну ефективність застосування мікробних препаратів у посівах тритикале озимого розраховували у відповідності до загальноприйнятих методик з використанням технологічних карт, енергетичний аналіз – відповідно до рекомендацій О. К. Медведовського [217];

– статистичну обробку експериментальних даних здійснювали за результатами дисперсійного і кореляційного аналізів відповідно загальноприйнятим методикам за допомогою пакету Microsoft Office Excel [218].

## Висновки до розділу 2:

1. Ґрунтово-кліматичні умови місця виконання дослідження є типовими для зони Лісостепу України та досить сприятливими для вирощування тритикале озимого, однак погодні умови в окремі роки дослідження мали деякі відмінності, що стосувалися умов вологозабезпеченості. Відповідно, нестача волочи виступала лімітуючим фактором у формуванні рівня продуктивності культури.

2. Схема досліду і методики проведення дослідження підібрані у відповідності до робочої гіпотези та програми дослідження, які передбачали виконання обліків, спостережень та аналізів, що в сукупності забезпечило всебічне розкриття суті тематики наукової роботи.

# РОЗДІЛ 3
# ЗМІНИ В МІКРОБІОТІ ПОСІВІВ ТРИТИКАЛЕ ОЗИМОГО ЗА ВИКОРИСТАННЯ БІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ МЕЛАНОРІЗ, БІОЗЛАК І БАКТОФІТ

## 3.1. Чисельність патогенної мікробіоти

Зміна кліматичних умов вирощування сільськогосподарських культур, підвищення температури та мінливість надходження опадів, розширення асортименту новітніх пестицидів і неконтрольоване їх застосування у технологіях захисту рослин, а також порушення традиційних систем ведення землеробства характеризують сучасний фітосанітарний стан посівів і безпосередньо впливають на розвиток, поширення патогенів та ефективність заходів боротьби з ними [219–224].

Фітопатогенні мікроорганізми уражують всі сільськогосподарські культури, водночас на яких паразитують декілька збудників, що знижують їх продуктивність на 15–20% і більше. Найчастіше зустрічаються такі фітопатогенні роди як Aspergillus, Penicillium, Mucor, Fusarium, Rhizopus, Cladosporium та інші [225–227]. Такі хвороби як фузаріоз, альтернаріоз, пероноспороз, аспергільозна роса, аспергільоз та ін. є токсиноутворювальними [228]. Вони значно знижують екологічну безпеку рослинної продукції. Серед токсинів, які продукують перелічені мікроміцети, особливо небезпечні: Fusarium oxysporum Schleht, F. culmorum (W.G.Sm.) Sacc., F. Sambucinum Fuckvar. Minus Wr., Alternaria alternata, Ascochyta sojaecola Abr., *Cercospora sojina* Hara, Septoria glycines T. Hemmi., Botrytis cinerea Pers., Sclerotinia sclerotiorum (Lib.) de Bary., Peronospora manshurica Sydow [229].

Інновації в біологічному захисті рослин дають можливість ученим створити певний арсенал біологічних засобів, які без шкоди для довкілля можуть контролювати розвиток хвороб в агроценозах. Саме тому актуальними залишаються завдання щодо підвищення значення препаратів

на основі мікробів-антагоністів у біоценотичній регуляції шкідливих організмів у системі патоген – рослина – продукція. Не менш важливим аргументом на користь застосування біопрепаратів є те, що вони екологічно безпечні та мають порівняно низьку вартість [230, 231].

Відомо, що більшість препаратів, які в своїй основі містять мікроорганізми, характеризуються антагоністичними властивостями. Тобто ріст біоагентів дає змогу в агроценозах інгібувати ріст і розвиток фітопатогенів завдяки підвищенню фунгістатичного статусу ґрунту. Рівень фунгістатичного статусу ґрунту найкраще характеризує його антифунгальна активність. Так, застосування препарату БіоСистем POWER, КС (BioSistem POWER, SC) сприяло збільшенню антифунгальної активності ґрунту відносно контрольного варіанту у 2,3 рази за використання його у нормі 0,3 л/га та в 3,3 рази – за використання у нормі 5,0 л/га [232].

Загалом, узагальнюючи наукові дані, можна виділити кілька чинників, завдяки яким відбувається пригнічення фітопатогенної мікробіоти у філосфері польових культур за застосування біологічних препаратів, зокрема:

– шляхом стимулювання проходження в рослинному організмі біохімічних процесів, завдяки чому зростає імунітет рослин та їх резистентність;

– шляхом стимулювання у складі мікробіоти філосфери аборигенних мікроорганізмів, що мають антагоністичні властивості стосовно збудників хвороб;

– безпосередній антагоністичний вплив препаратів з біофунгіцидними властивостями на фітопатогенні мікроорганізми [233].

За результатами визначення розвитку хвороб у посівах тритикале озимого було визначено їх структуру. При цьому показники розвитку, за якими визначали відсоткове співвідношення хвороб, вираховували в середньому за роки досліджень.

У період досліджень на рослинах тритикале озимого були виявлені кореневі гнилі, борошниста роса, плямистості листя (сітчаста – Bipolaris

sorociniana, смугаста – Drechslera graminae та септоріоз – Septoria tritici), фузаріоз і септоріоз колосу, тверда й летюча сажки.

У відсотковому розрізі залежно від того, на яких органах враховувались хвороби, 47% – становили хвороби листя, 32% – колосу і 21% – кореневі гнилі (рис. 3.1).

**Рис. 3.1. Структура хвороб посівів тритикале озимого в умовах дослідного поля УНУС, 2021–2023 рр.**

Дослідження посівів тритикале озимого на ураження кореневими гнилями показало, що за погодних умов 2021 року спостерігався найменший їх прояв, порівнюючи з іншими роками досліджень. Зокрема, у фазі повного кущіння за бактеризації насіння Меланорізом та Біозлаком ураженість рослин кореневими гнилями знижувалася до 2,1 і 2,5% порівняно з 7,0% у контрольному варіанті (табл. 3.1).

Посходове застосування Бактофіту у нормах 2,0; 2,5 і 3,0 л/га сприяло зменшенню ураженості кореневими гнилями до 2,4; 2,0 і 1,8% відповідно до норм препарату.

**Таблиця 3.1. Ураженість тритикале озимого кореневими гнилями у фазі повного кущіння, %**

| Варіант досліду | 2021 р. | 2022 р. | 2023 р. |
|---|---|---|---|
| Без застосування біологічних препаратів (контроль) | 7,0 | 10,0 | 14,0 |
| Меланоріз 1,0 л/т | 2,1 | 2,3 | 2,6 |
| Біозлак 1,5 л/т | 2,5 | 2,8 | 3,2 |
| Бактофіт 2,0 л/га | 2,4 | 2,8 | 3,6 |
| Бактофіт 2,5 л/га | 2,0 | 2,3 | 3,1 |
| Бактофіт 3,0 л/га | 1,8 | 2,0 | 2,4 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 1,4 | 1,7 | 2,0 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 1,0 | 1,2 | 1,6 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 0,4 | 0,7 | 1,0 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 0,8 | 1,0 | 1,3 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 0,3 | 0,5 | 0,8 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 0,2 | 0,2 | 0,5 |
| $НІР_{05}$ | 0,3 | 0,3 | 0,5 |

За використання цих же норм біофунгіциду по фону обробки насіння Біозлаком ураженість кореневими гнилями мала тенденцію подальшого зниження до рівня 1,4; 1,0 і 0,4% відповідно. Найбільшу ефективність мало внесення Бактофіту на фоні бактеризації насіння Меланорізом. У цих варіантах досліду поширення кореневих гнилей знижувалося до рівня 0,8; 0,3 і 0,2% відповідно.

За умов 2022 року спостерігалося певне зростання ураженості рослин культури кореневими гнилями, що було зумовлено дещо більшою кількістю опадів у період проведення обліків. Однак простежувалось збереження залежності між рівнем розвитку хвороб та видом і способом застосування препаратів як і у 2021 році. Зокрема, передпосівна обробка насіння

Меланорізом сприяла зниженню ураження рослин кореневими гнилями до рівня 2,3 проти 10,0% у контролі, а застосування з цією ж метою Біозлаку дозволило зменшити ступінь ураження до 2,8%.

Обприскування посівів Бактофітом у нормах 2,0–3,0 л/га сприяло зменшенню ураження рослин кореневими гнилями до 2,8–2,0%, а використання цих же норм біофунгіциду на фоні передпосівної бактеризації насіння Біозлаком – до 1,7–0,7%. Найбільш ефективним у пригніченні кореневих гнилей, як і у 2021 році, виявилось внесення біофунгіциду на фоні обробки насіння Меланорізом, що сприяло зниженню рівня ураженості до 1,0–0,2% залежно від норми застосування Бактофіту.

Ступінь зниження ураженості посівів тритикале озимого кореневими гнилями від виду й способу використання препаратів мав тенденцію до збереження і у 2023 році, хоча загалом через надмірну кількість опадів у квітні місяці (129,6 мм проти 41 мм середньобагаторічних) ураженість була найвищою за всі роки досліджень. Проте, найбільш ефективним у зниженні ураженості рослин кореневими гнилями, як і в попередні роки, виявилось використання 2,0; 2,5 і 3,0 л/га біофунгіциду на фоні бактеризації насіння Меланорізом, де показник ураження знижувався до рівня 1,3; 0,8 і 0,5% відповідно до норм Бактофіту.

Вивчення поширення хвороб листя тритикале озимого в умовах дослідного поля УНУС показало, що в структурі переважна частка приходилася на плямистості – 45%. Дещо менша частка була у борошнистої роси – 35%. Інші хвороби складали 20% (рис. 3.2).

Детальний аналіз фітопатогенної мікробіоти листків тритикале озимого виявив, що розвиток шкодочинних мікроорганізмів знаходився у тісній залежності з погодніми умовами, що складалися у роки досліджень, а тому ураженість зростала у роки з вищою вологозабезпеченістю (2023 р.). За вивчення поширення у посівах тритикале озимого плямистостей, зокрема сітчастої – Bipolaris sorociniana, смугастої – Drechslera graminae та септоріозу – Septoria tritici, на які приходилась переважна частка хвороб

**Рисунок 3.2. Структура поширення хвороб листя тритикале озимого в умовах дослідного поля УНУС, 2021–2023 рр.**

листя, встановлено, що досліджувані препарати сприяли істотному пригніченню їх розвитку.

У 2021 р. за бактеризації насіння тритикале озимого Меланорізом ураження листків плямистостями складало 8,8%, Біозлаком – до 4,9% при 10,2% – у контролі. Зниження ураження листків плямистостями, очевидно, відбувалось завдяки здатності Меланорізу нейтралізавати дію патогенних мікроорганізмів та продукуванню антибіотиків природного походження, що підвищують імунітет рослин. Водночас, складові Біозлаку здатні продукувати флороглюцини – природні антибіотики, які відіграють важливе значення у пригніченні життєдіяльності широкого спектру збудників хвороб зернових колосових культур (табл. 3.2).

За використання біофунгіциду Бактофіт у нормах 2,0; 2,5 та 3,0 л/га відмічено зниження поширеності ураження листків плямистостями відповідно до 4,8; 4,4 і 3,3%. Застосування цих ще норм Бактофіту на фоні бактеризації насіння Меланорізом сприяло підсиленню сумісної дії препаратів, що забезпечило зниження поширеності ураження листків плямистостями до 3,6; 3,1 та 2,4% відповідно. Дещо менш ефективну дію мало застосування біофунгіциду на фоні передпосівної обробки насіння

**Таблиця 3.2. Поширеність хвороб листя тритикале озимого у фазі повного кущіння, %**

| Варіант досліду | 2021 р. | | 2022 р. | | 2023 р. | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | плямис-тості | борошни-ста роса | плямис-тості | борошни-ста роса | плямис-тості | борошни-ста роса |
| Без застосування біологічних препаратів (контроль) | 10,2 | 7,8 | 16,5 | 11,6 | 25,3 | 12,8 |
| Меланоріз 1,0 л/т | 8,8 | 4,3 | 12,3 | 6,3 | 20,0 | 8,1 |
| Біозлак 1,5 л/т | 4,9 | 2,6 | 5,6 | 3,4 | 6,5 | 4,2 |
| Бактофіт 2,0 л/га | 4,8 | 2,5 | 5,4 | 3,1 | 6,3 | 4,0 |
| Бактофіт 2,5 л/га | 4,4 | 1,9 | 4,6 | 2,3 | 5,4 | 3,2 |
| Бактофіт 3,0 л/га | 3,3 | 1,0 | 3,8 | 1,6 | 4,2 | 2,1 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 4,5 | 2,1 | 4,7 | 2,4 | 5,5 | 3,3 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 3,4 | 1,3 | 3,9 | 1,6 | 4,8 | 2,5 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 2,9 | 0,5 | 3,2 | 1,0 | 3,9 | 1,7 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 3,6 | 1,4 | 4,4 | 2,0 | 4,7 | 2,5 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 3,1 | 0,9 | 3,3 | 0,9 | 3,8 | 1,6 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 2,4 | 0,0 | 2,6 | 0,2 | 3,2 | 0,8 |
| $НІР_{05}$ | 0,4 | 0,5 | 0,4 | 0,6 | 0,6 | 0,4 |

Біозлаком. У цих варіантах досліду відсоток ураження пламистостями складав від 2,9–4,5%.

Вивчення поширення ураженості листків тритикале озимого борошнистою росою (Erysiphe graminis) показало залежність між видом і способом застосування досліджуваних препаратів. Зокрема, за передпосівної бактеризації насіння Меланорізом та Біозлаком відмічено зниження рівня поширення ураження листків борошнистою росою до 4,3 та 2,6% відповідно за 7,8% у контролі.

Посходове внесення Бактофіту (2,0; 2,5 і 3,0 л/га) сприяло зниженню рівня поширеності хвороби до 2,5; 1,9 та 1,0%. Найбільшу ефективність у контролюванні поширення борошнистої роси було відмічено у разі застосування цих же норм біофунгіциду на фоні бактеризації насіння Меланорізом, що сприяло зниженню захворювання до 1,4; 0,9 та 0,0% відповідно до норм Бактофіту.

Вищу поширеність хвороб листків тритикале озимого було відмічено у 2022 році, що зумовлено більшою кількістю опадів у період проведення обліків. Так, у контролі поширення плямистостей складало 16,5%, борошнистої роси – 11,6%. За бактеризації насіння Меланорізом та Біозлаком ступінь поширення хвороб знижувався відповідно до 5,6–12,3% (плямистості) і до 3,4–6,3% (борошниста роса).

За внесення Бактофіту (2,0–3,0 л/га) поширення плямистостей знижувалося до 5,4–3,8%, а борошнистої роси – до 3,1–1,6%.

Найбільш ефективним у контролюванні поширення хвороб листків, як і у 2021 році, виявилося застосування біофунгіциду на фоні бактеризації насіння Меланорізом, що сприяло зниженню поширення плямистостей до 4,4–2,6%, а борошнистої роси – до 2,0–0,2%.

Аналогічна залежність між видом і способом застосування препаратів та поширенням хвороб простежувалась і за умов 2023 року, хоча розвиток хвороб був найвищим за роки досліджень. Водночас найвищу ефективність забезпечило застосування Бактофіту на фоні бактеризації насіння

Меланорізом, де зниження поширення плямистостей склало 4,7–3,2% проти 25,3% у контролі, а борошнистої роси – 2,5–0,8% проти 12,8% у контролі.

Дослідження хвороб колосу тритикале озимого показало, що найчастіше в умовах дослідного поля УНУС зустрічалися: септоріоз і фузаріоз, частка яких у структурі хвороб колосу складала 26 та 24% відповідно, летюча і тверда сажки – 16% і 10%, борошниста роса і альтернаріоз – 5%, інші хвороби – 14% (рис. 3.3).

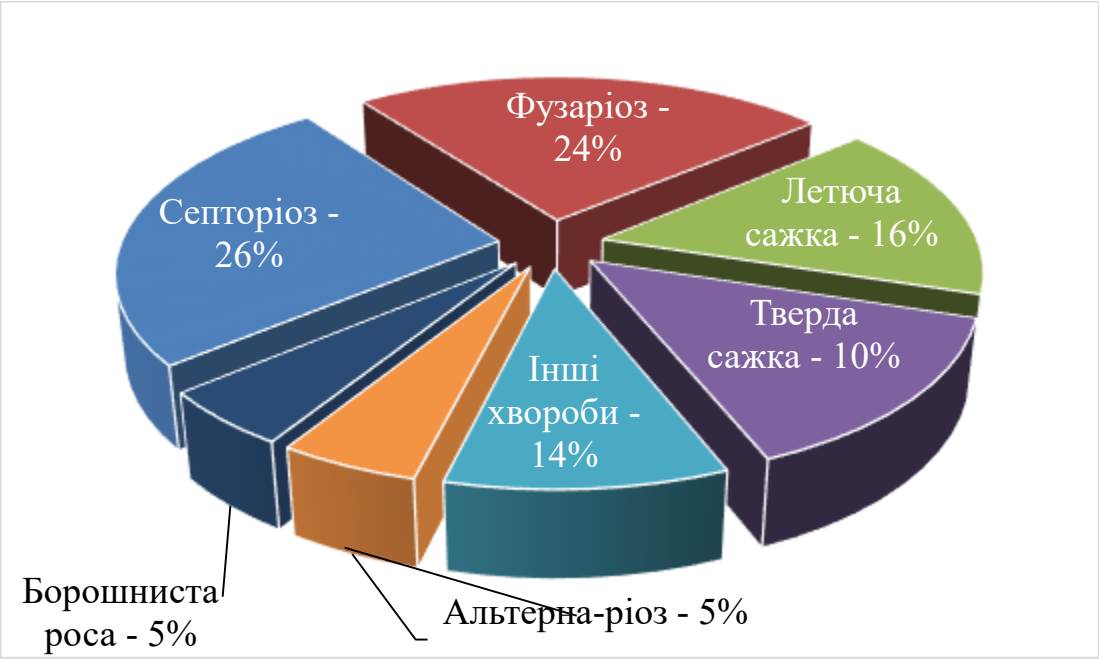



**Рисунок 3.3. Структура хвороб колосу тритикале озимого в умовах дослідного поля УНУС, 2021–2023 рр.**

Загальний аналіз ураження колосу тритикале озимого хворобами показав, що в середньому за роки досліджень передпосівна обробка насіння культури препаратами Меланоріз та Біозлак сприяла зниженню ступеня ураження хворобами колосу, зокрема, септоріозом – до 4,2 і 2,5%; фузаріозом – до 2,3 у обох варіантах; летючою сажкою – до 3,0% у обох варіантах та твердою сажкою – до 2,1 та 2,0% відповідно (табл. 3.3).

У випадку застосування біофунгіциду Бактофіт у нормах 2,0–3,0 л/га на фоні необробленого біопрепаратами насіння відмічено пригнічення ураженості колосу септоріозом до 2,8–1,8%; фузаріозом – до 2,7–1,4%.

**Таблиця 3.3. Ураження хворобами колосу тритикале озимого у фазі молочно-воскової стиглості зерна, %**

| Варіант досліду | 2021 р. | | | | 2022 р. | | | | 2023 р. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | септоріоз | фузаріоз | сажки | | септоріоз | фузаріоз | сажки | | септоріоз | фузаріоз | сажки | |
| | | | летюча | тверда | | | летюча | тверда | | | летюча | тверда |
| Без застосування біологічних препаратів (контроль) | 5,6 | 4,0 | 3,3 | 2,3 | 8,6 | 6,2 | 4,2 | 6,4 | 12,8 | 9,8 | 5,5 | 7,3 |
| Меланоріз 1,0 л/т | 4,2 | 2,3 | 3,0 | 2,1 | 7,3 | 2,8 | 4,0 | 6,0 | 10,0 | 3,0 | 5,1 | 7,0 |
| Біозлак 1,5 л/т | 2,5 | 2,3 | 3,0 | 2,0 | 3,0 | 2,8 | 4,0 | 6,0 | 3,6 | 3,1 | 5,2 | 7,1 |
| Бактофіт 2,0 л/га | 2,3 | 2,3 | 3,0 | 2,0 | 2,8 | 2,9 | 4,1 | 6,1 | 3,4 | 3,0 | 5,2 | 7,0 |
| Бактофіт 2,5 л/га | 2,0 | 1,6 | 3,0 | 1,9 | 2,4 | 2,0 | 4,0 | 6,0 | 2,9 | 2,3 | 5,0 | 6,6 |
| Бактофіт 3,0 л/га | 1,4 | 1,0 | 2,8 | 1,9 | 1,6 | 1,4 | 3,8 | 5,7 | 2,3 | 1,9 | 4,8 | 6,4 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 2,2 | 1,8 | 2,9 | 1,9 | 2,6 | 2,0 | 4,0 | 6,0 | 3,2 | 2,2 | 5,0 | 6,9 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 1,6 | 0,8 | 2,9 | 1,8 | 2,0 | 1,2 | 4,0 | 6,0 | 2,8 | 1,6 | 4,8 | 6,8 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 1,0 | 0,4 | 2,6 | 1,8 | 1,3 | 0,8 | 3,7 | 5,8 | 2,2 | 1,1 | 4,7 | 6,6 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 1,8 | 1,2 | 2,9 | 1,9 | 2,1 | 1,6 | 4,0 | 6,0 | 2,8 | 2,0 | 4,8 | 6,9 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 1,2 | 0,4 | 2,7 | 1,7 | 1,5 | 0,9 | 3,9 | 5,8 | 2,3 | 1,5 | 4,6 | 6,8 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 0,8 | 0,3 | 2,5 | 1,7 | 1,0 | 0,6 | 3,6 | 5,6 | 1,7 | 1,0 | 4,6 | 6,6 |
| $HIP_{05}$ | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,1 | 0,6 | 0,5 | 0,1 | 0,1 | 0,5 | 0,4 | 0,2 | 0,1 |

Неістотно знижувалося ураження летючою (до 4,1–8,8%) і твердою (до 5,0–4,7%) сажками залежно від норм біофунгіциду.

Серед варіантів досліду найбільше зниження рівня ураження колосу хворобами забезпечувало внесення досліджуваних норм Бактофіту на фоні бактеризації насіння Меланорізом, де зниження ураження септоріозом становило 2,2–1,2%; фузаріозом – 1,6–0,6%; летючою сажкою – 3,9–3,6% та твердою сажкою – 4,9–4,6% залежно від норм Бактофіту.

Дещо поступалося за ефективністю внесення біофунгіциду на фоні передпосівної обробки насіння Біозлаком, однак у цих варіантах досліду ураження септоріозом знижувалось до рівня 2,7–1,5%; фузаріозом – до 2,0–1,8%, сажковими хворобами – до 3,7–4,9%.

### 3.2. Чисельність основних груп мікробіоти ризосфери

Як відомо, кореневі екзометаболіти формують ризосферу кореня. Ризосфера кореня рослин – найскладніша екосистема на Землі, унікальне середовище, в якому мешкає ціла низка живих організмів, у тому числі гриби, функціонування яких ґрунтується на низькомолекулярних сполуках у вигляді кореневих ексудатів [234–238].

Ризосфера містить близько $10^{12}$ мікробних клітин. Ексудація кореневою системою продукує близько 40 % біомаси рослинних сполук, які були отримані в процесі фотосинтезу та є поживним середовищем для функціонування ґрунтових мікроорганізмів, а також містять сигнальні молекули, що зумовлюють ефективне формування рослинно-мікробних взаємодій. Ризосфера рослин – перспективний середовищеутворювальний ресурс для пошуку нових універсальних агентів мікробних препаратів, що створюють потужний базис наукоємних біотехнологічних розробок для формування високопродуктивних агроценозів [239].

Нині ризосфера вважається однією з найскладніших екосистем на Землі [240–243].

Для визначення бактерій ризосфери, що виявляють позитивний багатофункціональний вплив на рослини, використовують термін PGPR (plant growth promoting rhizobacteria), який об'єднує в собі поняття «асоціативні азотфіксатори», «продуценти біологічно активних речовин», «антагоністи фітопатогенів» та ін. Термін PGPR-бактерії став широко застосовуватися для описання бактерій, що володіють широкими рістстимулювальними і захисними функціями щодо рослин і значно підвищують їх продуктивність [244, 245]. До групи PGPR належать представники родів Bacillus, Pseudomonas, Azotobacter, Azospirillum, Azoarcus, Klebsiella, Arthrobacter, Enterobacter, Burkholderia, Serrati*a ma Rhizobium* [246].

Одним із показників, що дає змогу дати узагальнену оцінку стану ризосферної мікробіоти, є її загальна чисельність, яка є дуже динамічною величиною та швидко змінюється за дії численних факторів, у тому числі й використання мікробних препаратів.

Позитивний вплив мікробних препаратів і регуляторів росту рослин на розвиток основних груп мікроорганізмів відмічено дослідженнями багатьох вчених [194, 247].

Зокрема, за використання мікробних препаратів, основою яких є діазотрофи, у ризосфері пшениці озимої, ячменю і сорго спостерігається зростання кількості азотфіксувальних бактерій більш ніж у 1,5 рази [196].

Обробка насіння ячменю ярого та кукурудзи мікробним препаратом Діазофіт мала позитивний вплив на розвиток загальної чисельності мікроорганізмів та їх окремих груп. Зокрема, відмічено зростання на 25–28% загальної чисельності мікроорганізмів у зоні ризосфери, на 12–19% збільшувалася кількість амоніфікувальних, нітрифікувальних і азотфіксувальних бактерій, а целюлозолітичних – на 17–28% [199].

Загалом, результати досліджень з вивчення впливу мікробних препаратів на розвиток як загальної кількості мікроорганізмів у ризосфері культурних рослин, так і їх окремих груп демонструють позитивний їх вплив

на дані показники. Зокрема, дослідники відмічають зростання загальної чисельності мікробіоти до 45% порівняно з контрольним варіантом та до 20 – 30% – основних груп мікроорганізмів. Так, загальна чисельність мікроорганізмів у ризосфері соризу зростала на 20–45%, кількість амоніфікувальних, нітрифікувальних і азотфіксувальних – на 9–22%, целюлозолітичних – 14–30% [248].

Дослідження, виконані впродовж 2021–2023 рр., показали, що у фазі початку цвітіння загальна чисельність мікробіоти і мікроміцетів у ризосфері тритикале озимого змінювалася залежно від виду препаратів, що використовувалися та способів їх застосування. Також відмічено тісну залежність даного показника від погодних умов, що мали місце у роки проведення досліджень. Зокрема, найвищу чисельність мікробіоти відмічено за умов 2023 року, дещо нижчою активність ризосферних мікроорганізмів була у 2021 році та найменша чисельність мікробіоти у ризосфері тритикале озимого спостерігалася у 2022 році, який був менш зволоженим у період виконання обліків (табл. 3.4).

Встановлено, що передпосівна бактеризація насіння тритикале озимого мікробним препаратом Меланоріз сприяла зростанню загальної чисельності мікроорганізмів ризосфери культури відносно до контрольного варіанту відповідно у 1,43 (2021 р.); 1,56 (2022 р.) та 1,49 (2023 р.) рази.

Дещо менш активний ріст мікроорганізмів у ризосфері культури простежувався за бактеризації насіння мікробним препаратом Біозлак. У цьому варіанті досліджуваний показник перевищував контрольний у 1,33 (2021 р.); 1,44 (2022 р.) та 1,34 (2021 р.) рази відповідно.

Застосування по вегетації культури мікробного препарату Бактофіт у нормах 2,0; 2,5 та 3,0 л/га сприяло збільшенню загальної чисельності ризосферної мікробіоти у 1,19; 1,29 та 1,40 (2021 р.); 1,31; 1,39 та 1,48 (2022 р.); 1,18; 1,27 та 1,35 (2023 р.) рази відповідно до норм препарату.

За використання вказаних норм Бактофіту на фоні бактеризації насіння Біозлаком у ризосфері тритикале озимого відмічено зростання загальної

чисельності мікробіоти у 1,53–1,76 (2021 р.); 1,59–1,92 (2022 р.) та 1,50–1,76 (2023 р.) рази.

**Таблиця 3.4. Загальна чисельність мікробіоти ризосфери тритикале озимого за використання мікробних препаратів (фаза цвітіння, тис. КУО в 1 г ґрунту).**

| Варіант досліду | 2021 р. | 2022 р. | 2023 р. |
|---|---|---|---|
| Без застосування біологічних препаратів (контроль) | 930 | 810 | 1003 |
| Меланоріз 1,0 л/т | 1330 | 1263 | 1489 |
| Біозлак 1,5 л/т | 1236 | 1165 | 1345 |
| Бактофіт 2,0 л/га | 1106 | 1065 | 1185 |
| Бактофіт 2,5 л/га | 1202 | 1123 | 1269 |
| Бактофіт 3,0 л/га | 1302 | 1200 | 1356 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 1421 | 1287 | 1500 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 1569 | 1485 | 1696 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 1640 | 1553 | 1770 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 1546 | 1398 | 1623 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 1630 | 1522 | 1736 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 1800 | 1600 | 1880 |
| $НІР_{05}$ | 84 | 77 | 93 |

Більш ефективним у відношенні впливу на чисельність ризосферної мікробіоти виявилось використання Бактофіту на фоні бактеризації насіння Меланорізом, де загальна чисельність мікроорганізмів зростала відносно контролю у 1,66–1,94 (2021 р.); 1,73–1,98 (2022 р.) та 1,62–1,87 (2023 р.) рази.

Очевидно, що збільшення загальної чисельності мікробіоти у ризосфері культури було зумовлено більш активним формуванням розмірів кореневої системи за дії бактеріальних препаратів, що, в свою чергу, сприяло

додатковому виділенню кореневих ексудатів, які виступають у якості живильних субстратів для мікробних угруповань. Водночас зростання чисельності ризосферної мікробіоти тритикале озимого може бути напряму пов’язане з інтродукцією в ризосферу активних штамів, складових препаратів.

Дослідження загальної чисельності мікроміцетів у ризосфері тритикале озимого виявило подібну залежність між кількістю мікроміцетів та видом і способом застосування препаратів, як і у випадку із загальною чисельністю мікроорганізмів. Так, зокрема, у випадку передпосівної бактеризації насіння мікробними препаратами Меланоріз і Біозлак простежувалася тенденція до зростання загальної чисельності мікроміцетів у ризосфері культури у 1,31 й 1,23 (2021 р.); 1,16 й 1,12 (2022 р.) та 1,33 й 1,24 (2023 р.) рази відповідно (табл. 3.5).

За посходового застосування мікробного препарату Бактофіт (2,0; 2,5 і 3,0 л/га) відбувалось збільшення загальної чисельності мікроміцетів, порівняно з контрольним варіантом досліду у 1,26; 1,33 й 1,41 (2021 р.); 1,13; 1,17; 1,24 (2022 р.) та 1,30; 1,35 та 1,40 (2023 р.) рази відповідно до норм препарату.

За внесення Бактофіту у наведених нормах по фону обробки насіння Біозлаком виявлено більш активний розвиток мікроміцетів порівняно із застосуванням лише Бактофіту. Зокрема, у 2021 році цей показник зріс порівняно з контрольним варіантом у 1,25–1,63; за умов 2022 року – у 1,28–1,60 рази та у 2023 році – у 1,40–1,58 рази.

Найбільш активний розвиток мікроміцетів було відмічено у разі застосування Біозлаку на фоні обробки насіння Меланорізом. У цих варіантах досліду чисельність мікроміцетів у порівнянні з контролем зростала у 1,43–1,68 (2021 р.); 1,33–1,68 (2022 р.) та 1,47–1,58 (2023 р.) рази.

Доведено, що присутність у ґрунтових ценозах різноманітних груп мікроорганізмів, що характеризуються як біологічними, так і біохімічними особливостями, зумовлює спрямованість проходження процесів

ґрунтоутворення. Склад і співвідношення окремих груп мікробного ценозу ризосфери істотно залежить від рослинних виділень, склад яких може коливатися залежно від умов розвитку рослинного організму [128].

**Таблиця 3.5. Загальна чисельність мікроміцетів ризосфери тритикале озимого за використання мікробних препаратів (фаза цвітіння, тис. КУО в 1 г ґрунту)**

| Варіант досліду | 2021 р. | 2022 р. | 2023 р. |
|---|---|---|---|
| Без застосування біологічних препаратів (контроль) | 279 | 250 | 316 |
| Меланоріз 1,0 л/т | 365 | 291 | 421 |
| Біозлак 1,5 л/т | 342 | 279 | 392 |
| Бактофіт 2,0 л/га | 351 | 282 | 411 |
| Бактофіт 2,5 л/га | 370 | 293 | 426 |
| Бактофіт 3,0 л/га | 392 | 310 | 441 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 350 | 320 | 442 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 396 | 336 | 463 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 456 | 400 | 480 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 399 | 332 | 463 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 426 | 351 | 486 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 470 | 420 | 498 |
| $НІР_{05}$ | 16 | 15 | 19 |

Виконані дослідження показали, що чисельність основних груп ґрунтових мікроорганізмів у ризосфері тритикале озимого мала тенденцію до зростання і залежала від виду препаратів та способу їх застосування.

Зокрема, чисельність целюлозолітичних бактерій у разі передпосівної бактеризації насіння культури Меланорізом та Біозлаком перевищувала

показники контрольного варіанту відповідно у 1,40 і 1,29 рази у 2021 році; у 1,20 та 1,16 рази у 2022 році та у 1,42 та 1,31 рази – у 2023 році (табл. 3.6).

**Таблиця 3.6. Чисельність целюлозолітичних бактерій ризосфери тритикале озимого за використання мікробних препаратів (фаза цвітіння, тис. КУО в 1 г ґрунту)**

| Варіант досліду | 2021 р. | 2022 р. | 2023 р. |
|---|---|---|---|
| Без застосування біологічних препаратів (контроль) | 223 | 204 | 251 |
| Меланоріз 1,0 л/т | 312 | 244 | 357 |
| Біозлак 1,5 л/т | 287 | 236 | 330 |
| Бактофіт 2,0 л/га | 292 | 239 | 349 |
| Бактофіт 2,5 л/га | 313 | 245 | 360 |
| Бактофіт 3,0 л/га | 334 | 269 | 380 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 291 | 279 | 381 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 344 | 292 | 387 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 402 | 351 | 413 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 346 | 282 | 412 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 374 | 307 | 425 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 419 | 373 | 439 |
| $НІР_{05}$ | 10 | 11 | 13 |

За обприскування посівів культури Бактофітом на фоні необробленого насіння чисельність целюлозолітичних бактерій зростала порівняно з контролем у 1,31–1,50 (2021 р.); 1,17–1,32 (2022 р.) та 1,39–1,51 (2023 р.) рази залежно від норм препарату.

Суттєве зростання активності даної групи мікроорганізмів простежувалося і за обприскування посівів Бактофітом на фоні бактеризації насіння Біозлаком. Так, у 2021 році цей показник перевищував дані

контрольного варіанту у 1,30–1,80 рази, у 1,37–1,72 рази – у 2022 році та у 1,52–1,65 рази – у 2023 році.

Серед усіх варіантів досліду найбільш активно целюлозолітичні мікроорганізми розвивалися при застосуванні Бактофіту на фоні обробки насіння Меланорізом. Зокрема, за умов 2021 року цей показник, порівняно з контролем, зріс у 1,55–1,88 рази; у 2022 році – у 1,38–1,83 рази та у 2023 році – у 1,64–1,75 рази.

Облік чисельності нітрифікувальних бактерій у ризосфері тритикале озимого виявив таку ж залежність від виду препаратів та способів їх використання, як і з іншими групами ґрунтової мікробіоти. Зокрема, бактеризація насіння перед посівом Меланорізом та Біозлаком сприяла зростанню чисельності нітрифікувальних бактерій порівняно з контролем у 1,29 й 1,23 (2021 р.); 1,37 та 1,32 (2022 р.) та 1,24 та 1,17 (2023 р.) рази (табл. 3.7).

Внесення Бактофіту на фоні необробленого насіння посприяло підвищенню числа нітрифікувальних бактерій порівняно з контролем у 1,18–1,42 (2021 р.); 1,25–1,55 (2022 р.) та 1,11–1,33 (2023 р.) рази.

Як і у разі обліку інших груп мікроорганізмів, більш активно на розвиток нітрифікувальних бактерій вплинуло внесення Бактофіту на фоні обробки насіння Біозлаком, що сприяло зростанню їх чисельності проти контрольного варіанту у 1,33–1,73 (2021 р.); 1,44–1,66 (2022 р.) та 1,29–1,66 (2023 р.) рази.

Найбільший вплив на розвиток даної групи мікроорганізмів зумовило внесення Бактофіту у нормі 3,0 л/га на фоні обробки насіння Меланорізом, що посприяло збільшенню їх числа у 1,84 рази в 2021 р., 1,83 – у 2022 р. та до 1,76 – у 2023 р.

Відомо, що з поміж всіх груп ґрунтової мікробіоти особливе місце займають вільноживучі азотфіксувальні мікроорганізми, що зосереджені переважно в ризосферному шарі ґрунту. На теперішній час встановлено, що азотфіксувальною здатністю володіють понад 60 видів бактерій, у тому числі

**Таблиця 3.7. Чисельність нітрифікувальних бактерій ризосфери тритикале озимого за використання мікробних препаратів (фаза цвітіння, тис. КУО в 1 г ґрунту)**

| Варіант досліду | 2021 р. | 2022 р. | 2023 р. |
|---|---|---|---|
| Без застосування біологічних препаратів (контроль) | 27,3 | 23,6 | 30,3 |
| Меланоріз 1,0 л/т | 35,2 | 32,3 | 37,7 |
| Біозлак 1,5 л/т | 33,7 | 31,1 | 35,6 |
| Бактофіт 2,0 л/га | 32,2 | 29,6 | 33,7 |
| Бактофіт 2,5 л/га | 34,3 | 33,9 | 36,6 |
| Бактофіт 3,0 л/га | 38,9 | 36,6 | 40,2 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 36,3 | 33,9 | 39,1 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 41,2 | 36,5 | 44,6 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 47,2 | 39,2 | 50,2 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 39,6 | 36,5 | 45,3 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 46,5 | 40,1 | 50,9 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 50,3 | 43,3 | 53,3 |
| $HIP_{05}$ | 4,5 | 4,1 | 5,1 |

й представники родів Azotobacter та Clostridium [249], зокрема доведено, що представники роду Azotobacter, крім властивості фіксувати молекулярний азот, мають здатність продукувати різноманітні речовини з біологічною активністю – антибіотики, вітаміни групи В, фітогормони, органічні кислоти, амінокислоти та ін. [250]. Азотфіксувальні представники роду Clostridium аналогічно роду Azotobacter фіксують молекулярний азот й здійснюють його трансформацію до більш доступних для інших організмів форм [250].

Доведено, що активність процесу асиміляції молекулярного азоту змінюється залежно від низки чинників, у тому числі й антропогенних,

одним з яких виступає бактеризація насіння біопрепаратами та посходове їх застосування [251, 252].

Дослідженнями встановлено, що у 2021 році за обліку чисельності бактерій роду Azotobacter у фазі цвітіння культури їх кількість за умов бактеризації насіння мікробними препаратами Меланоріз та Біозлак перевищувала дані контрольного варіанту на 14 та 7% оброслих колоніями грудочок ґрунту відповідно (табл. 3.8).

У варіантах досліду із посходовим внесенням Бактофіту у нормах 2,0; 2,5 та 3,0 л/га простежувалось збільшення оброслих колоніями грудочок ґрунту порівняно з контролем на 4, 10 і 16% відповідно.

Більш активний розвиток бактерій роду Azotobacter відмічено за внесення цих же норм Бактофіту на фоні бактеризації насіння Біозлаком, що сприяло зростанню оброслих колоніями грудочок ґрунту на 10–23%. Серед усіх варіантів досліду найбільшу кількість оброслих колоніями грудочок ґрунту відмічено за використання Бактофіту на фоні обробки насіння Меланорізом, де досліджуваний показник зростав до 19–36%.

Схожа тенденція між видами і способами застосування біологічних препаратів простежувалась за дослідження *C*lostridium *p*asteurianum. Найбільшу чисельність цих азотфіксаторів було відмічено за внесення Бактофіту на фоні передпосівної бактеризації насіння Меланорізом, де перевищення до контролю складало 35–48 % відповідно до норм Бактофіту.

Аналізуючи експериментальні дані, отримані у наступні роки досліджень, можна стверджувати, що виявлена залежність між видами і способами застосування біологічних препаратів зберігалася, хоча активність розвитку азотфіксувальних бактерій була нижчою у 2022 році, що зумовлено менш сприятливими умовами вологозабезпечення та значно перевищувала у 2023 році. Найактивніший розвиток Azotobacter і *C*lostridium *p*asteurianum було відмічено за внесення 3,0 л/га Бактофіту на фоні бактеризації насіння

**Таблиця 3.8. Чисельність азотфіксувальних бактерій ризосфери тритикале озимого за використання мікробних препаратів (фаза цвітіння)**

| Варіант досліду | 2021 р. | | 2022 р. | | 2023 р. | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Azotobacter, % оброслих колоніями грудочок ґрунту | *C*lostridium *p*asteurianum, тис. КУО/г ґрунту | Azotobacter, % оброслих колоніями грудочок ґрунту | *C*lostridium *p*asteurianum, тис. КУО /г ґрунту | Azotobacter, % оброслих колоніями грудочок ґрунту | *C*lostridium *p*asteurianum, тис. КУО /г ґрунту |
| Без застосування біологічних препаратів (контроль) | 70 | 5,91 | 65 | 5,71 | 73 | 6,23 |
| Меланоріз 1,0 л/т | 80 | 6,32 | 76 | 6,20 | 84 | 6,72 |
| Біозлак 1,5 л/т | 75 | 6,28 | 73 | 6,11 | 80 | 6,63 |
| Бактофіт 2,0 л/га | 73 | 6,19 | 69 | 6,00 | 76 | 6,57 |
| Бактофіт 2,5 л/га | 77 | 6,49 | 72 | 6,32 | 79 | 6,84 |
| Бактофіт 3,0 л/га | 81 | 7,03 | 78 | 6,92 | 83 | 7,21 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 77 | 6,78 | 75 | 6,58 | 79 | 7,11 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 82 | 7,15 | 77 | 7,05 | 85 | 7,45 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 86 | 7,43 | 83 | 7,31 | 89 | 7,93 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 83 | 8,00 | 80 | 7,92 | 88 | 8,21 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 90 | 8,22 | 86 | 8,06 | 94 | 8,62 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 95 | 8,76 | 92 | 8,52 | 98 | 8,96 |
| $HIP_{05}$ | 4 | 1,01 | 4 | 0,78 | 5 | 1,22 |

Меланорізом. Так, за обліку Azotobacter, кількість оброслих грудочок ґрунту зростала порівняно з контролем на 27% у 2022 році і на 34% – у 2023 році, а чисельність *C*lostridium *p*asteurianum перевищувала показники контролю на 49 та 43% відповідно.

Отже, з проведеного аналізу отриманих експериментальних даних можна зробити висновок, що бактеризація насіння тритикале озимого мікробними препаратами Меланоріз (1,0 л/т) і Біозлак (1,5 л/т) як окремо, так і у комплексі з наступним застосуванням по вегетації біофунгіциду Бактофіт (2,0–3,0 л/га), має значний вплив на розвиток ризосферної мікробіоти посівів культури, що відображається у зростанні як загальної чисельності мікроорганізмів, так і чисельності їх окремих груп. Комплексне використання Бактофіту на фоні бактеризованого насіння сприяє більш активному впливу препаратів на мікробіоту ґрунту, особливо у разі передпосівної обробки насіння Меланорізом.

**Висновки до розділу 3:**

1. Аналіз одержаних експериментальних даних показав, що обробка насіння тритикале озимого біологічними препаратами мікробного походження Меланоріз (1,0 л/т) і Біозлак (1,5 л/т), як окремо, так і в комплексі з наступним застосуванням по вегетації біофунгіциду Бактофіт (2,0–3,0 л/га) сприяє зниженню поширення в посівах кореневих гнилей до рівня 0,2–3,6%, листкових хвороб 0,2–20,0%, хвороб колосу – 0,6–7,2%. Проте найбільш ефективним у покращенні фітосанітарного стану посівів тритикале озимого є комплексне застосування передпосівної бактеризації насіння мікробним препаратом Меланоріз (1,0 л/т) з наступним внесенням по вегетації біофунгіциду Бактофіт (3,0 л/га), за якого поширення в посівах кореневих гнилей знижується до рівня 0,2–1,3%, листкових хвороб – 0,2–2,4%, хвороб колосу – 0,6–4,9%.

1. Застосування біологічних препаратів мікробного походження Меланоріз, Біозлак і Бактофіт як окремо так і в комплексі, сприяє активізації

розвитку ризосферної мікробіоти посівів тритикале озимого. Найбільш активний розвиток окремих груп мікроорганізмів простежується за використання Бактофіту (2,0–3,0 л/га) на фоні передпосівної обробки насіння культури Меланорізом (1,0 л/т), де у середньому за роки досліджень загальна чисельність ризосферної мікробіоти зростала порівняно з показниками контролю у 1,67–1,94; мікроміцетів – у 1,41–1,65; целюлозолітичних бактерій – у 1,52–1,83 та нітрифікувальних – в 1,50–1,81 рази. Обростання грудочок ґрунту колоніями бактерій роду Azotobacter зростало на 14,3–25,7%, а чисельність *C*lostridium *p*asteurianum перевищувала контроль на 2,10–11,24 тис. КУО/г ґрунту.

*Результати досліджень розділу 3 опубліковано та апробовано в працях* [316, 317].

1. Карпенко В. В. Ефективність біологічних препаратів у контролюванні фітосанітарного стану посівів тритикале озимого. *Вісник Уманського НУС*. 2023. № 2. С. 43–49.

2. Карпенко В. В. Фітосанітарний стан посівів тритикале озимого за використання біологічних препаратів. The IV-th International Scientific and Theoretical Conference «Technologies and strategies for the implementation of scientific achievements» (Stockholm, 10-th of November 2023). 2023, Stockholm. P. 85–87.

# РОЗДІЛ 4
# ПЕРЕБІГ ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У РОСЛИНАХ ТРИТИКАЛЕ ОЗИМОГО ЗА ВИКОРИСТАННЯ БІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ МЕЛАНОРІЗ, БІОЗЛАК І БАКТОФІТ

## 4.1. Активність основних ферментів класу оксидоредуктаз

Доведено, що у відповідь на дію стресових чинників у рослинному організмі утворюються активні форми кисню, яких рослинний організм намагається позбутися за участі ферментів, у тому числі й класу оксидоредуктаз. Оксидоредуктази – ферменти, які активуються у рослинах за дії стресових чинників різного походження, що виникають під час вегетації польових культур. Зокрема, фермент каталаза бере участь у першочерговому розкладанні перекису водню до водню та кисню, пероксидаза – має здатність відновлювати $H_2O_2$ до води. Значення поліфенолоксидази полягає в активізації перебігу різних захисних реакцій рослинного організму [143].

Серед причин активізації ферментів класу оксидоредуктаз за використання біологічних препаратів може бути прискорення обмінних процесів у рослинах [253].

Встановлено, що екзогенні біологічно активні речовини, які можуть продукувати також і мікроорганізми, сприяють зростанню вмісту у рослинному організмі антиоксидантів (аскорбату, глутатіону, вітаміну Е), а також підвищують активність основних антиоксидантних ферментів [233, 254, 255].

Загалом, літературні джерела свідчать, що активність та стан антиоксидантних систем рослин досліджували на багатьох сільськогосподарських культурах, проте з урахуванням реакції рослин на дію стресових чинників, переважно ксенобіотиків [11, 22, 102, 104, 140, 141, 256–258], тоді як зміна активності ферментів класу оксидоредуктаз за дії мікробних препаратів, які також мають і фунгіцидні властивості, залишається маловивченою.

Як показали дослідження, зміни в активності ферментів класу оксидоредуктаз в рослинах тритикале озимого залежали від виду й способу застосування досліджуваних препаратів.

У середньому за роки досліджень, у фазі виходу в трубку за бактеризації насіння Меланорізом активність каталази порівняно з контролем зростала на 11%, пероксидази – на 5% та поліфенолоксидази – на 7%, тоді як за передпосівної обробки насіння Біозлаком активність досліджуваних ферментів перевищувала показники контрольного варіанту відповідно на 9, 4 та 5% відповідно (рис. 4.1, додаток Б, табл. Б.1–Б3).

**Рис. 4.1. Активність ферментів класу оксидоредуктаз у листках тритикале озимого (фаза виходу в трубку, 2021–2023 рр.)**

1. Без застосування біологічних препаратів (контроль); 2. Меланоріз 1,0 л/т; 3. Біозлак 1,5 л/т; 4. Бактофіт 2,0 л/га; 5. Бактофіт 2,5 л/га; 6. Бактофіт 3,0 л/га; 7. Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,0 л/га; 8. Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,5 л/га; 9. Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 3,0 л/га; 10. Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,0 л/га. 11. Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,5 л/га; 12. Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 3,0 л/га

Посходове обприскування посівів культури Бактофітом у нормах 2,0; 2,5 і 3,0 л/га сприяло зростанню активності каталази порівняно з контролем

на 10, 23 і 32%, пероксидази – на 5, 8 і 15% та поліфенолоксидази – на 4, 11 і 17% відповідно до норм біофунгіциду.

Застосування вказаних норм Бактофіту на фоні передпосівної бактеризації насіння Біозлаком сприяло підвищенню активності каталази проти контрольного варіанту на 15–33%, пероксидази – на 11–18% та поліфенолоксидази – на 19–40% залежно від норми застосування біофунгіциду. Також у цих варіантах досліду активність ферментів на 6–10% перевищувала дані, отримані у варіантах із застосуванням Біозлаку на фоні необробленого насіння.

Серед усіх варіантів досліду найвищу ферментативну активність забезпечувало застосування Бактофіту (2,0; 2,5 і 3,0 л/га) на фоні передпосівної бактеризації насіння Меланорізом. У цих варіантах досліду активність каталази зростала проти контрольного варіанту на 23, 36 та 46%, пероксидази – на 14, 18 і 22% та поліфенолоксидази – на 26, 42 і 49%.

Результати виконаних досліджень свідчать, що за використання мікробних препаратів як окремо, так і у комплексі, спостерігається підвищення активності провідних ензимів антиоксидантного статусу рослинного організму – каталази, пероксидази і поліфенолоксидази, що може свідчити про активізацію в організмі рослин за дії досліджуваних препаратів процесів фотосинтезу та дихання, що, у свою чергу, може сприяти продукуванню перекису водню та фенольних сполук, які саме і виступають субстратами для досліджуваних ферментів. Схожі висновки зроблено й іншими дослідники [253, 259].

За повторного визначення активності оксидоредуктаз встановлено, що хоча їх абсолютні значення у фазі цвітіння зросли, оскільки всі біохімічні процеси рослинного організму набули максимуму, залежність зміни їх активності від виду й способу застосування була такою ж як і у фазі виходу в трубку.

Зокрема, за обробки насіння тритикале озимого перед сівбою мікробними препаратами Меланоріз і Біозлак перевищення активності

каталази, порівняно з контрольним варіантом досліду, складало 2,6 і 2,1 мкМоль розкладеного $H_2O_2$/г сирої речовини за 1 хв., пероксидази – на 4,0 і 3,4 мкМоль окисненого гваяколу/г сирої маси за 1 хв. та поліфенолоксидази – на 2,4 і 1,9 мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирої маси за 1 хв. відповідно (рис. 4.2, додаток Б, табл. Б.4–Б6).

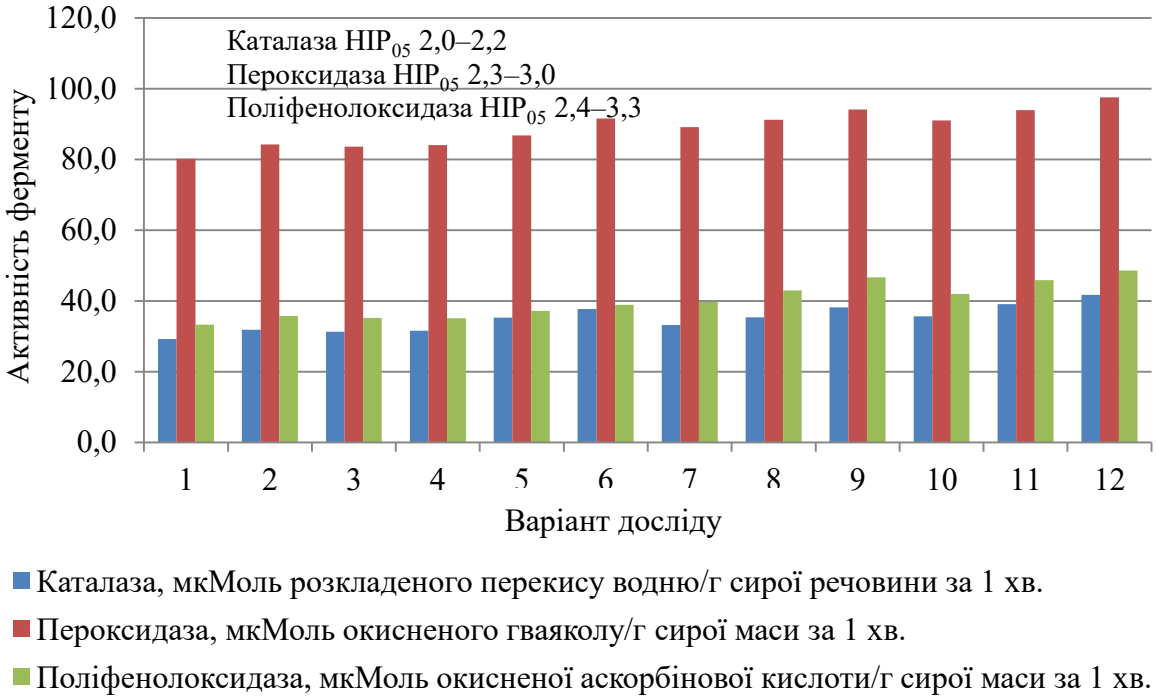



**Рис. 4.2. Активність ферментів класу оксидоредуктаз у листках тритикале озимого (фаза цвітіння, 2021–2023 рр.)**

1. Без застосування біологічних препаратів (контроль); 2. Меланоріз 1,0 л/т; 3. Біозлак 1,5 л/т; 4. Бактофіт 2,0 л/га; 5. Бактофіт 2,5 л/га; 6. Бактофіт 3,0 л/га; 7. Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,0 л/га; 8. Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,5 л/га; 9. Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 3,0 л/га; 10. Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,0 л/га. 11. Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,5 л/га; 12. Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 3,0 л/га

За використання біофунгіциду Бактофіт у нормах 2,0; 2,5 і 3,0 л/га простежувалось зростання активності каталази проти контролю на 2,3; 6,1 і 8,5 мкМоль розкладеного $H_2O_2$/г сирої речовини за 1 хв., тоді як пероксидази – на 3,8; 6,5 і 11,4 мкМоль окисненого гваяколу/г сирої маси за 1 хв., активність поліфенолоксидази зростала на 1,8; 3,9 і 5,6 мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирої маси за 1 хв. відповідно до норм препарату.

Обприскування посівів культури цими ж нормами біофунгіциду на фоні бактеризації насіння Біозлаком сприяло зростанню активності каталази на 4,0–9,0 мкМоль розкладеного $H_2O_2$/г сирої речовини за 1 хв., пероксидази – на 8,9–13,9 мкМоль окисненого гваяколу/г сирої маси за 1 хв. та поліфенолоксидази – на 6,4–13,3 мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирої маси за 1 хв. відповідно до норм Бактофіту.

Як і в попередню фазу, найвища антиоксидантна активність простежувалася за обприскування посівів Біозлаком на фоні передпосівної бактеризації насіння Меланорізом. Так, у варіанті досліду із нормою біофунгіциду у 3,0 л/га активність каталази перевищувала показники контрольного варіанту на 12,5 мкМоль розкладеного $H_2O_2$/г сирої речовини за 1 хв., пероксидази – на 17,3 мкМоль окисненого гваяколу/г сирої маси за 1 хв. та поліфенолоксидази – на 15,3 мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирої маси за 1 хв.

Отже, з аналізу отриманих результатів досліджень можна констатувати:

– мікробні препарати Меланоріз і Біозлак у нормах 1,0 і 1,5 л/т відповідно та препарат з біофунгіцидними властивостями Бактофіт (2,0; 2,5 і 3,0 л/га) виявляють позитивний вплив на активність ферментів класу оксидоредуктаз – каталази, пероксидази і поліфенолоксидази, що є результатом активізації у рослинному організмі основних процесів обміну, швидкість перебігу яких залежить від активності досліджуваних ферментів.

– за використання вказаних норм біофунгіциду Бактофіт на фоні передпосівної бактеризації насіння тритикале озимого активність досліджуваних ферментів класу оксидоредуктах значно зростає, однак залежить від норми внесення Бактофіту.

– найвищу активність ферментів відмічено у разі комплексного застосування бактеризації насіння мікробним препаратом Меланоріз (1,0 л/т) з наступним застосуванням по даному фону біофунгіциду Бактофіт. Очевидно, це зумовлено тим, що застосування мікробного препарату для

передпосівної бактеризації насіння тритикале озимого активізує рослинно-мікробні взаємодії, завдяки чому покращується живлення рослин та перебіг у них обмінних процесів, що в цілому сприяє активізації ферментативної активності. Також біологічно активні речовини, що продукуються інтродукованими мікроорганізмами, впливають на зростання вмісту в тритикале озимому ендогенних фітогормонів, які зі свого боку, підсилюють проходження ростових та фізіолого-біохімічних процесів, перебіг яких без ферментів є не можливим.

### 4.2. Вміст основних пігментів та формування світлозбирального комплексу

Відповідно до сучасних теоретичних уявлень про механізми функціонування і взаємозв'язки донорно-акцепторної системи рослинних організмів, головними фізіолого-біохімічними процесами у рослині, від яких безпосередньо залежить забезпечення ефективності продукційного процесу, є інтенсивність процесу фотосинтезу, тобто синтезу і транспорту метаболітів. Активізація цих процесів позитивно впливає на реалізацію потенціалу рослинного організму, оскільки саме процес фотосинтезу забезпечує формування врожаю [260–262].

Як відомо, інтенсивність фотосинтезу в значній мірі залежить від активності фотосинтетичного апарату, а його ефективність – від низки пігментів, особливо зелених – хлорофілів *a* і b, за дефіциту яких виникає сповільнення інтенсивності фотосинтезу [263]. Встановлено, що хлорофіл *a* виступає основним пігментом у процесі фотосинтезу, а хлорофіл b забезпечує підвищення світлозбиральної здатності пігментного комплексу в короткохвильовій ділянці червоного світла, разом вони забезпечують поглинання і перетворення енергії сонячних променів у енергію хімічних зв'язків [118, 264].

Характерною ознакою пігментів у організмі рослин є їх динамічність, тобто їх вміст може змінюватися у залежності від пливу різноманітних

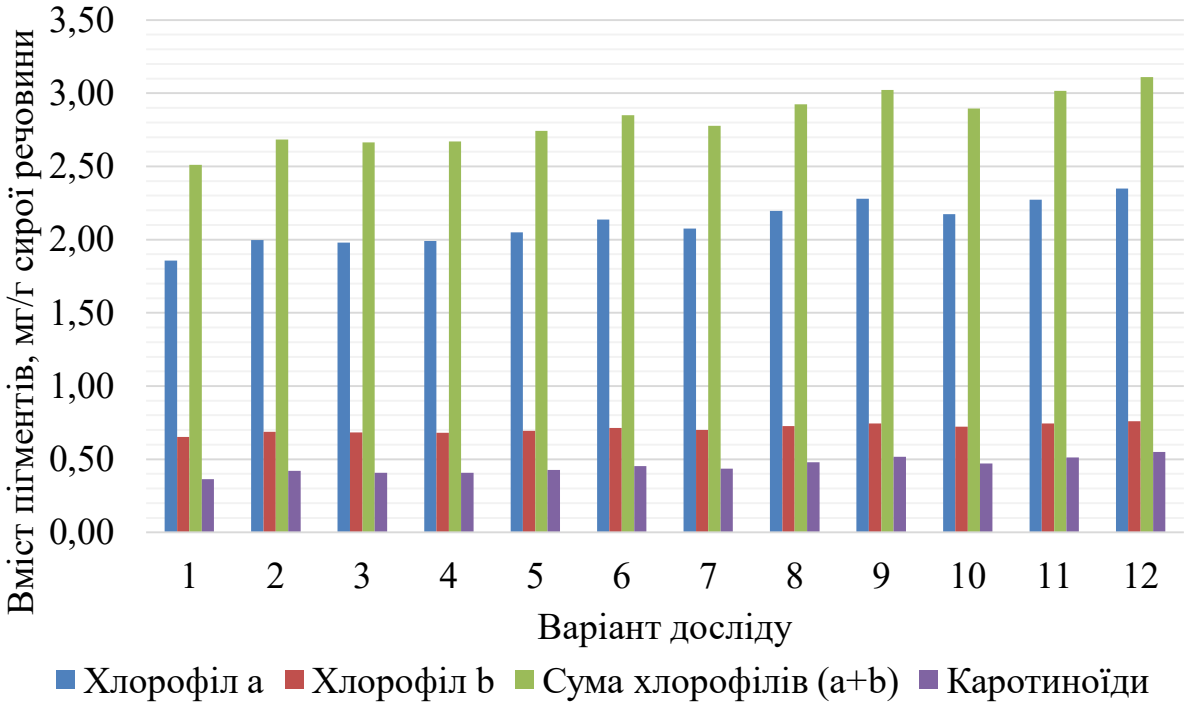
зовнішніх чинників, у тому числі й застосування різного виду БАР. Низка літературних джерел свідчить про те, що у переважній більшості випадків БАР загалом та мікробні препарати зокрема мають виражений стимулювальний ефект щодо динаміки накопичення рослинами хлорофілу та підвищення фотосинтетичної активності хлоропластів [265, 266].

Поряд з хлорофілами, важливим компонентом фотосинтетичного апарату рослин є каротиноїди. Крім фокусування та акумуляції світлової енергії каротиноїди виконують функцію захисту хлорофілів та ліпідів, що входять до складу тилакоїдних мембран, від пошкоджень активними формами кисню, які виникають як побічні продукти процесу фотосинтезу внаслідок тривалого збудженого стану хлорофілів та внаслідок впливу стресових факторів на рослину. Вміст каротиноїдів у рослинах також може змінюватися залежно від низки чинників, у тому числі й застосування БАР [267]

Зважаючи на вищенаведене, одним із завдань наших досліджень було встановити, чи змінюється і якою мірою вміст та співвідношення фотосинтетичних пігментів у листках тритикале озимого.

Проведеними дослідженнями виявлено, що використання мікробних препаратів за передпосівної бактеризації насіння тритикале озимого та обробки посівів сприяло зростанню вмісту фотосинтетичних пігментів у його листках. Також вміст пігментів суттєво змінювався залежно від погодних умов у роки досліджень.

За визначення вмісту фотосинтетичних пігментів у фазі появи прапорцевого листка, у середньому за роки досліджень, за передпосівної обробки насіння тритикале озимого мікробними препаратами Меланоріз та Біозлак простежувалася тенденція до збільшення вмісту фотосинтетичних пігментів, зокрема, вміст хлорофілу *a* проти контрольного варіанту збільшився відповідно на 0,14 і 0,12; хлорофілу b – на 0,04 і 0,03; суми хлорофілів (*a*+b) – на 0,17 і 0,15 та каротиноїдів – на 0,06 та 0,05 мг/г сирої речовини (рис. 4.3; додаток В, табл. В.1–В.3).




$НІР_{05}$ 0,07–0,08 $НІР_{05}$ 0,02–0,03 $НІР_{05}$ 0,10–0,11 $НІР_{05}$ 0,03–0,04

**Рис. 4.3. Вміст фотосинтетичних пігментів у листках тритикале озимого у фазі появи прапорцевого листка (2021–2023 рр.)**

1. Без застосування біологічних препаратів (контроль); 2. Меланоріз 1,0 л/т; 3. Біозлак 1,5 л/т; 4. Бактофіт 2,0 л/га; 5. Бактофіт 2,5 л/га; 6. Бактофіт 3,0 л/га; 7. Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,0 л/га; 8. Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,5 л/га; 9. Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 3,0 л/га; 10. Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,0 л/га. 11. Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,5 л/га; 12. Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 3,0 л/га

Обробка посівів тритикале озимого Бактофітом у нормах 2,0; 2,5 і 3,0 л/га сприяла посиленню накопичення фотосинтетичних пігментів. Так, порівняно з контрольним варіантом досліду вміст хлорофілу *a* підвищувався на 0,13; 0,19 і 0,28; хлорофілу b – на 0,03; 0,04 і 0,06; суми хлорофілів (*a*+b) – на 0,16; 0,23 і 0,34; каротиноїдів – на 0,05; 0,07 і 0,09 мг/г сирої речовини відповідно до норм біофунгіциду.

Більшу ефективність щодо накопичення пігментів виявила бактеризація насіння тритикале озимого мікробними препаратами з наступним обприскуванням посівів біофунгіцидом у досліджуваних нормах. Зокрема, застосування Бактофіту на фоні обробки насіння Біозлаком сприяла,

порівняно з контролем, зростанню вмісту хлорофілу *a* на 0,22; 0,34 і 0,42; хлорофілу b – на 0,05; 0,08 і 0,9; суми хлорофілів (*a*+b) – на 0,27; 0,41 і 0,51; каротиноїдів – на 0,08; 0,12 і 0,16 мг/г сирої речовини відповідно до норм Бактофіту.

Серед усіх варіантів досліду найбільш сприятливі умови щодо нагромадження фотосинтетичних пігментів відмічено у разі обприскування посівів Бактофітом (2,0; 2,5 і 3,0 л/га) на фоні передпосівної бактеризації насіння тритикале озимого мікробним препаратом Меланоріз. У цих варіантах досліду простежувалась тенденція до підвищення вмісту хлорофілу *a* проти контролю на 0,31; 0,41 і 0,49; хлорофілу b – на 0,07; 0,09 і 0,11; суми хлорофілів (*a*+b) – на 0,39; 0,51 і 0,60; каротиноїдів – на 0,11; 0,15 і 0,19 мг/г сирої речовини відповідно до норм біофунгіциду.

На нашу думку, суттєве зростання вмісту фотосинтетичних пігментів у листках тритикале озимого за впливу досліджуваних мікробних препаратів пояснюється впливом БАР, що синтезуються мікроорганізмами, складовими препаратів, безпосередньо на синтез пігментів. Водночас ризосферна мікробіота сприяє покращенню надходження азоту в рослини, який є однією з головних складових зелених пігментів та каротиноїдів. Схожої думки притримуються й інші науковці [268–270].

За наступного визначення вмісту фотосинтезуючих пігментів у листках тритикале озимого у фазі цвітіння культури встановлено, що простежувалась тенденція щодо збереження рівня впливу досліджуваних МБП на накопичення пігментів, яка як і в попередню фазу залежала від виду й способу застосування препаратів.

Зокрема, найбільш активне накопичення хлорофілів та каротиноїдів було відмічено у випадку посходового застосування 2,0; 2,5 і 3,0 л/га Бактофіту на фоні бактеризації насіння культури Меланорізом. У цих варіантах досліду збільшення вмісту пігментів порівняно з контрольним варіантом складало: хлорофілу *a* – на 0,46; 0,54 і 0,63; хлорофілу b – на 0,07; 0,08 і 0,11; суми хлорофілів (*a*+b) – на 0,53; 0,62 і 0,73; каротиноїдів – на

0,06; 0,10 і 0,13 мг/г сирої речовини відповідно до норм біофунгіциду (рис. 4.4, додаток В, табл. В.4–В.6).

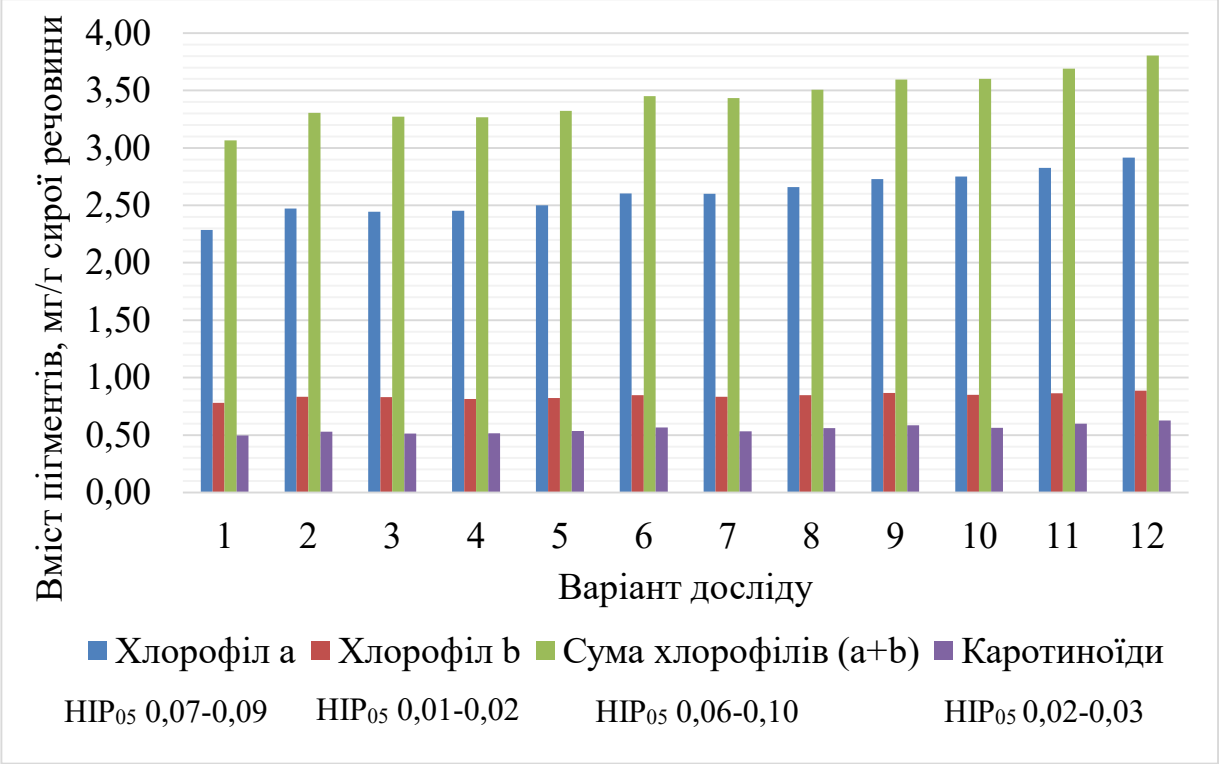



**Рис. 4.4. Вміст фотосинтетичних пігментів у листках тритикале озимого у фазі цвітіння, 2021–2023 рр.**

1. Без застосування біологічних препаратів (контроль); 2. Меланоріз 1,0 л/т; 3. Біозлак 1,5 л/т; 4. Бактофіт 2,0 л/га; 5. Бактофіт 2,5 л/га; 6. Бактофіт 3,0 л/га; 7. Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,0 л/га; 8. Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,5 л/га; 9. Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 3,0 л/га; 10. Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,0 л/га. 11. Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,5 л/га; 12. Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 3,0 л/га

Відомо, що одним з важливих фотосинтетичних показників є відношення хлорофілів *a*/b та суми хлорофілів (*a*+b) до каротиноїдів, що характеризує здатність рослин пристосовуватися до різних умов середовища. За звичайних умов відношення хлорофілів *a*/b та суми хлорофілів (*a*+b) до каротиноїдів є стабільним, але може змінюватися за умов різних чинників навколишнього середовища: відношення хлорофілів *a*/b зменшується за несприятливих умов, тоді як за цих же умов відношення суми хлорофілів (*a*+b) до каротиноїдів, навпаки, збільшується [271].

Аналіз отриманих результатів досліджень засвідчив, що за різних видів та способів застосування МБП простежувалась тенденція до зростання відношення хлорофілу *a* до хлорофілу b за одночасного зниження відношення суми хлорофілів (*a*+b) до каротиноїдів, що, відповідно до вищевказаного, свідчить про створення за дії МБП більш сприятливих умов для росту і розвитку рослин культури. Так, якщо у фазі появи прапорцевого листка у контрольному варіанті відношення хлорофілу *a* до хлорофілу b становило 2,84, то за бактеризації насіння цей показник зростав до 2,91 і 2,90 відповідно. Відношення суми хлорофілів (*a*+b) до каротиноїдів у даних варіантах досліду складало відповідно 6,48 і 6,48 проти 7,05 у контролі (рис. 4.5, додаток В, табл. В.1–В.9).

За обприскування посівів Бактофітом у нормах 2,0; 2,5 і 3,0 л/га відмічено формування більш сприятливих умов для рослин тритикале озимого, за яких відношення хлорофілу *a* до хлорофілу b зростало від 2,93 до 2,99 а відношення суми хлорофілів (*a*+b) до каротиноїдів знижувалося від 6,67 до 6,35 відповідно до норм препарату.

За обприскування посівів тритикале озимого вказаними нормами біофунгіциду на фоні передпосівної бактеризації насіння МБП найбільш оптимальні умови, відповідно до отриманих даних, забезпечувало використання Бактофіту на фоні обробки насіння Меланорізом. У цих варіантах досліду відношення хлорофілу *a* до хлорофілу b зростало від 3,00 до 3,09, тоді як відношення суми хлорофілів (*a*+b) до каротиноїдів знижувалося від 6,20 до 5,63 відповідно до норм біофунгіциду.

Аналогічна залежність була відмічена і за визначення вказаних співвідношень у фазі цвітіння тритикале озимого. Найбільші значення відношення хлорофілу *a* до хлорофілу b (від 3,24 до 3,29) та найменші – відношення суми хлорофілів (*a*+b) до каротиноїдів (від 6,39 до 6,07) також

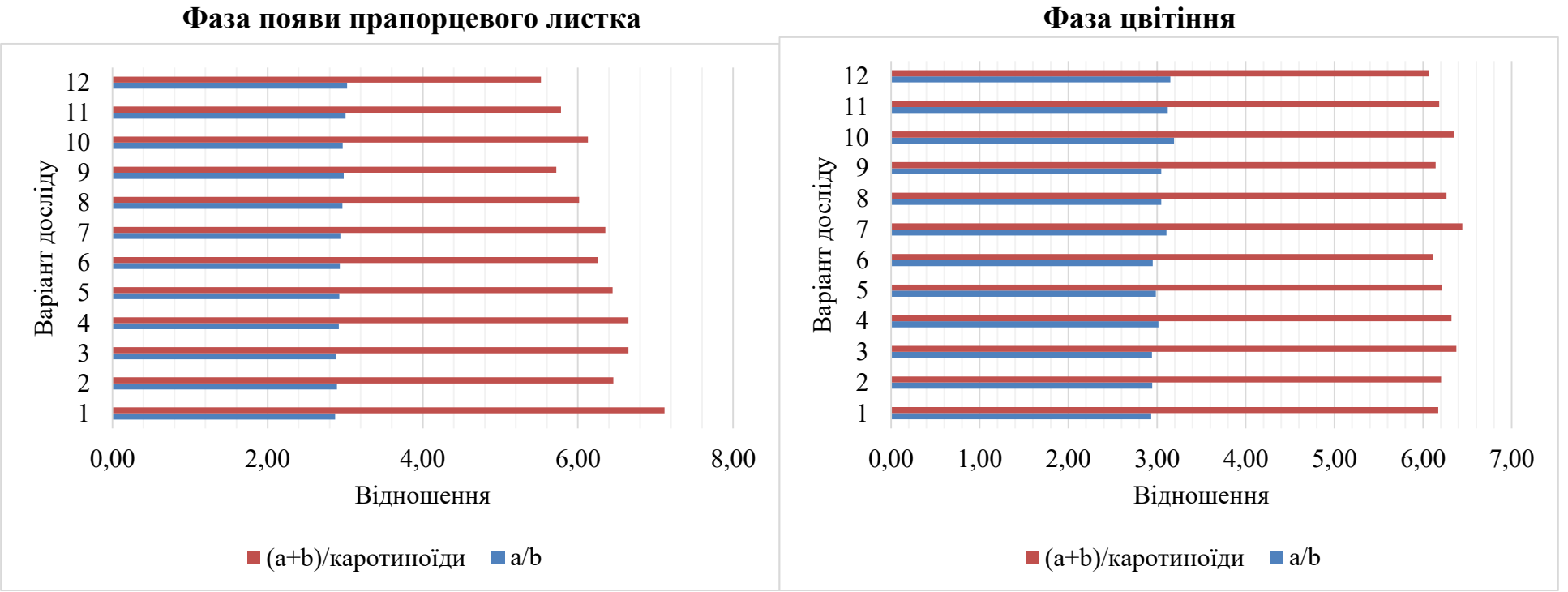



**Рис. 4.5. Відношення фотосинтетичних пігментів у листках тритикале озимого (2021–2023 рр.)**

1. Без застосування біологічних препаратів (контроль); 2. Меланоріз 1,0 л/т; 3. Біозлак 1,5 л/т; 4. Бактофіт 2,0 л/га; 5. Бактофіт 2,5 л/га; 6. Бактофіт 3,0 л/га; 7. Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,0 л/га; 8. Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,5 л/га; 9. Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 3,0 л/га; 10. Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,0 л/га. 11. Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,5 л/га; 12. Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 3,0 л/га

відмічено у разі обприскування посівів культури Бактофітом по фону передпосівної бактеризації насіння Меланорізом.

Аналізуючи співвідношення хлорофілів *a*/b можна констатувати, що збільшення відношення хлорофілу *a* до хлорофілу b свідчить також і про відносне зменшення вмісту в світлозбиральному комплексі загальної частки хлорофілу b [233]. Зокрема, за обробки насіння перед сівбою МБП Меланоріз і Біозлак у фазі появи прапорцевого листка спостерігалась тенденція до зниження частки СЗК відповідно до 55,5 і 55,3% проти 56,3% у контролі (рис. 4.6, додаток В, табл. В.1–В.9).

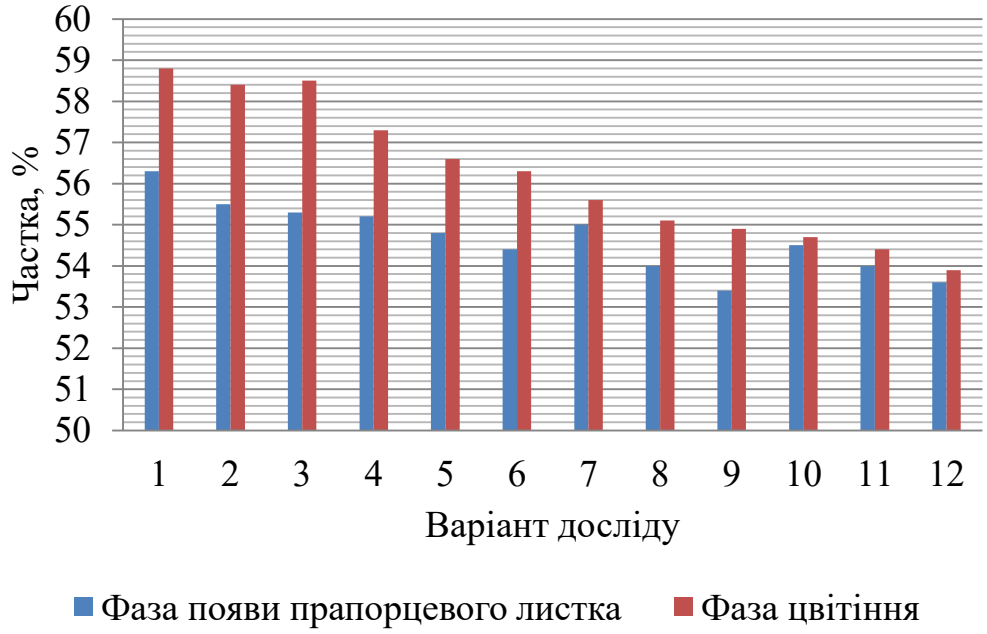



**Рис. 4.6. Формування світлозбирального комплексу (СЗК) листків тритикале озимого залежно від виду і способу застосування МБП, 2021–2023 рр.**

1. Без застосування біологічних препаратів (контроль); 2. Меланоріз 1,0 л/т; 3. Біозлак 1,5 л/т; 4. Бактофіт 2,0 л/га; 5. Бактофіт 2,5 л/га; 6. Бактофіт 3,0 л/га; 7. Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,0 л/га; 8. Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,5 л/га; 9. Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 3,0 л/га; 10. Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,0 л/га. 11. Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,5 л/га; 12. Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 3,0 л/га

За обприскування посівів тритикале озимого Бактофітом у нормах від 2,0 до 3,0 л/га також було відмічене певне зниження частки СЗК – від 55,2 до 54,4%. За внесення цих же норм біофунгіциду по фону бактеризації насіння Біозлаком частка СЗК мала тенденцію до зниження від 55,0 до 53,4%, а по фону бактеризації Меланорізом – від 54,5 до 53,6%.

Така ж тенденція була встановлена і за визначення частки СЗК у фазі цвітіння культури. Найменшою вона була за внесення Бактофіту по фону обробки насіння МБП Меланоріз – 54,7–53,9% залежно від норм біофунгіциду.

Отже, з аналізу отриманих експериментальних даних можна зробити наступні висновки:

– стан і функціонування пігментного комплексу листків тритикале озимого визначається видом і способом застосування досліджуваних МБП;

– найвищий вміст фотосинтетичних пігментів формується за використання біофунгіциду по фону передпосівної бактеризації насіння Меланорізом (порівняно з контролем вміст хлорофілу *a* зростає на 17–26%, хлорофілу b – на 11–17%, сума хлорофілів (*a*+b) – на 16–24%, вміст каротиноїдів – на 31–63% відповідно до норм Бактофіту);

– за різних видів та способів використання МБП встановлена тенденція до зростання відношення хлорофілів *a*/b і зниження відношення суми хлорофілів (*a*+b) до каротиноїдів, що свідчить про створення більш сприятливих умов для росту й розвитку рослин;

– збільшення відношення хлорофілів *a*/b свідчить про зниження частки СЗК від 56,3–58,8% у контролі до 54,5–53,9% – у разі застосування Бактофіту по фону обробки насіння Меланорізом.

### 4.3. Зміна інтенсивності дихання

Урожай сільськогосподарських культур формується в ході продукційного процесу, основу якого складають найважливіші функції

рослин: фотосинтез та дихання. Серед факторів продуктивності диханню відводиться особливе значення. Будучи центральною ланкою обміну речовин, цей фізіологічний процес бере участь у створенні нових структурних елементів біомаси та в забезпеченні їх функціональної цілісності, підтриманні градієнтів іонів на мембранах, транспорті речовин тощо [272].

Процес дихання забезпечує безперервний газообмін рослини з навколишнім середовищем та є джерелом енергетичних і відновлювальних зв'язків, необхідних для росту і розвитку рослини, проходження різних синтетичних реакцій, поглинання елементів мінерального живлення, транспорту асимілятів. Окрім того, інтенсивність дихання є важливим показником енергетичного забезпечення рослинного метаболізму, що впливає на продукційний процес [273].

Завдяки диханню в рослині злагоджено функціонують процеси фотосинтезу і транспірації. Однак всі основні фізіолого-біохімічні перетворення в рослинному організмі залежать від низки зовнішніх і внутрішніх чинників. Встановлено, що застосування біологічних препаратів здатне впливати на процеси метаболізму рослинного організму, зокрема, і на процес дихання [274].

Проведеними дослідженнями із вивчення впливу застосування МБП у посівах тритикале озимого встановлено, що мікробні препарати Меланоріз, Біозлак і Бактофіт впливали на інтенсивність дихання культури, що є проявом їх дії на процеси біологічного окиснення та біохімічної активності рослинного організму.

Аналізуючи інтенсивність дихання рослин у фазі цвітіння у середньому за роки досліджень, можна констатувати, що у разі бактеризації насіння культури перед посівом МБП Меланоріз спостерігається тенденція до зростання інтенсивності дихання порівняно з контрольним варіантом на 8%, а при використанні обробки насіння Біозлаком – на 7% (рис. 4.7, додаток Г, табл. Г.1).

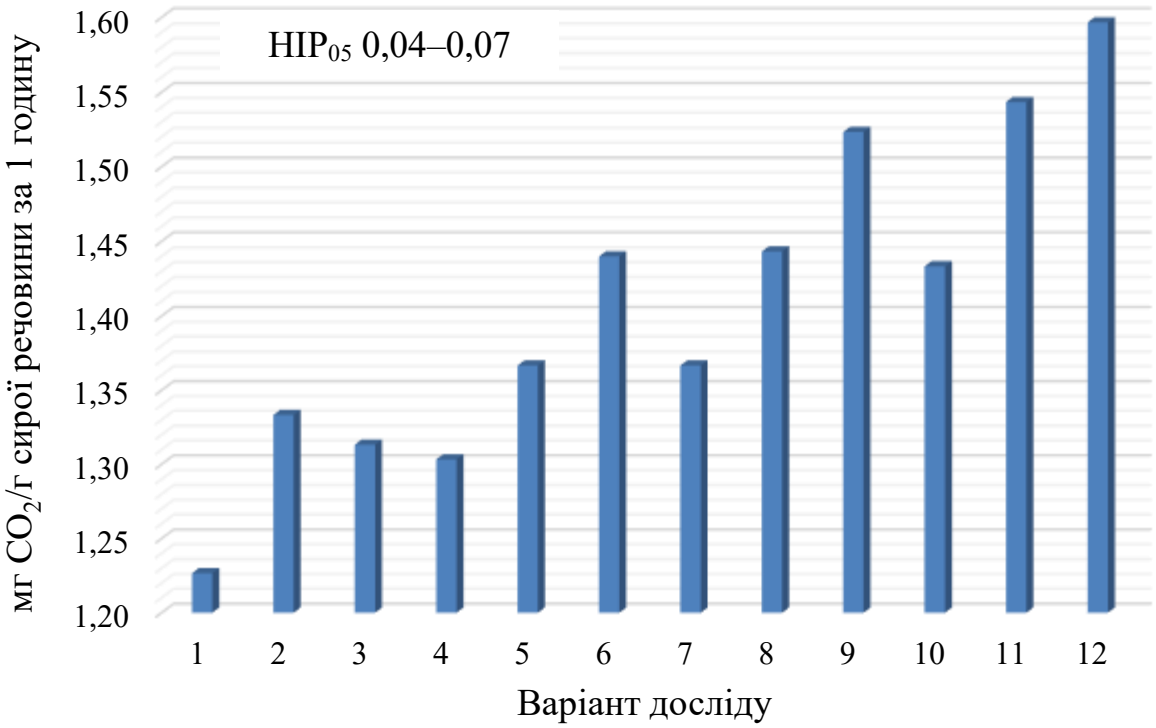



**Рис. 4.7. Інтенсивність дихання рослин тритикале озимого за використання Меланорізу, Біозлаку та Бактофіту (2021–2023 рр.)**

1. Без застосування біологічних препаратів (контроль); 2. Меланоріз 1,0 л/т; 3. Біозлак 1,5 л/т; 4. Бактофіт 2,0 л/га; 5. Бактофіт 2,5 л/га; 6. Бактофіт 3,0 л/га; 7. Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,0 л/га; 8. Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,5 л/га; 9. Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 3,0 л/га; 10. Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,0 л/га. 11. Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,5 л/га; 12. Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 3,0 л/га

Також позитивний вплив на зміну інтенсивності дихання мало і посходове внесення Бактофіту у нормах 2,0; 2,5 і 3,0 л/га, що сприяло підвищенню даного показника порівняно з контролем на 6, 11 і 17% відповідно до норм препарату.

Більш активна зміна інтенсивності дихання рослин тритикале озимого відмічалась за використання Бактофіту у досліджуваних нормах по фону передпосівної бактеризації насіння. Зокрема, за обприскування посівів

культури біофунгіцидом по фону обробки насіння Біозлаком інтенсивність дихання перевищувала показник контрольного варіанту на 11, 17 і 24%, а по фону бактеризації насіння Меланорізом – на 17, 25 і 30% відповідно до норм Бактофіту.

Зростання показника інтенсивності дихання рослин тритикале озимого узгоджується із отриманими раніше результатами досліджень щодо активності антиоксидантних ферментів: інтенсивність дихання була найвищою у тих же варіантах досліду, що й активність досліджуваних ферментів. Очевидно, за використання МБП відбувається прямий вплив на рослинний організм екзогенних БАР, що продукуються мікроорганізмами-складовими мікробних препаратів. Також за участі даних мікроорганізмів відбувається збагачення рослинного організму доступними сполуками азоту, що є важливою складовою всіх білкових сполук, у тому числі й ферментів.

Отже, аналіз отриманих результатів досліджень стосовно впливу МБП на інтенсивність дихання рослин тритикале озимого дає змогу констатувати, що мікробні препарати позитивно впливають на енергетичний обмін рослинного метаболізму, особливо у разі обприскування посівів Бактофітом по фону передпосівної бактеризації насіння Біозлаком або Меланорізом. Відмічена залежність зміни інтенсивності дихання від активності ферментів, що є активними учасниками окисно-відновних реакцій та беруть безпосередню участь у процесі дихання.

### 4.4. Формування площі листкового апарату

Висока продуктивність сільськогосподарських культур напряму залежить від розмірів листкового апарату. Відомо, що цей показник є прямопропорційним розвитку надземної вегетативної маси рослини, оскільки під час вегетаційного періоду переважна частка припадає саме на листки. Головне завдання листкового апарату рослин – це асиміляція $CO_2$ та утворення органічної речовини під час фотосинтезу [275, 276]. Величина фотосинтетично активної радіації, що засвоюється рослиною, знаходиться у

тісному взаємозв'язку з динамікою формування та величиною листкової поверхні [277].

Розміри листкової поверхні посівів визначають інтенсивність поглинання вологи, елементів живлення та фотосинтетично-активної радіації. Внаслідок такого поєднання чинників посівами нагромаджується суха речовина, що є основою вегетативної маси і яка пізніше забезпечує кількісне формування урожаю [278].

Літературні дані свідчать, що препарати мікробного походження значно впливають на продукційний процес сільськогосподарських культур та забезпечують формування потужного фотосинтетичного апарату [112, 114, 279, 280].

За визначення площі листкового апарату тритикале озимого встановлено, що даний показник був різним і залежав як від погодних умов, так і від виду і способу застосування мікробних препаратів. Зокрема, у фазі появи прапорцевого листка у 2021 році за передпосівної обробки насіння тритикале озимого МБП Меланоріз та Біозлак площа листків тритикале перевищувала показники контрольного варіанту на 3,7 та 1,0 $см^2$/рослину відповідно (табл. 4.1).

За посходового внесення Бактофіту у нормах 2,0; 2,5 і 3,0 л/га простежувалася тенденція до зростання площі листкового апарату відносно контролю на 2,4; 3,9 і 7,0 $см^2$/рослину відповідно до норм біофунгіциду.

Значно активніший вплив на формування листкового апарату мало застосування наведених норм Бактофіту по фону бактеризації насіння Біозлаком, що сприяло зростанню площі листків проти контрольного варіанту досліду відповідно до норм біофунгіциду на 5,1; 5,9 та 7,5 $см^2$/рослину.

Найбільш ефективним серед усіх варіантів досліду щодо формування розмірів листкової поверхні виявилося використання Бактофіту по фону обробки насіння Меланорізом, що сприяло збільшенню листкового апарату

культури порівняно з контролем на 8,0–11,7 см$^2$/рослину відповідно до норм біофунгіциду.

**Таблиця 4.1. Формування площі листкового апарату тритикале озимого за використання МБП Меланоріз, Біозлак та Бактофіт (фаза появи прапорцевого листка, см$^2$/рослину)**

| Варіант досліду | 2021 р. | 2022 р. | 2023 р. | Середнє за три роки | До конт-ролю, % |
|---|---|---|---|---|---|
| Без застосування біологічних препаратів (контроль) | 54,6 | 48,1 | 44,6 | 49,1 | 100 |
| Меланоріз 1,0 л/т | 58,3 | 51,3 | 47,0 | 52,2 | 106 |
| Біозлак 1,5 л/т | 55,6 | 49,2 | 45,2 | 50,0 | 102 |
| Бактофіт 2,0 л/га | 56,8 | 51,1 | 46,6 | 51,5 | 105 |
| Бактофіт 2,5 л/га | 58,5 | 51,6 | 47,6 | 52,6 | 107 |
| Бактофіт 3,0 л/га | 61,6 | 54,4 | 49,2 | 55,1 | 112 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 59,7 | 51,8 | 48,0 | 53,2 | 108 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 60,5 | 53,6 | 48,9 | 54,3 | 111 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 62,1 | 55,6 | 50,2 | 56,0 | 114 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 62,6 | 55,9 | 50,5 | 56,3 | 115 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 63,5 | 56,8 | 52,2 | 57,5 | 117 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 66,3 | 59,3 | 53,1 | 59,6 | 121 |
| $HIP_{05}$ | 1,5 | 1,4 | 1,1 | | |

Аналогічна закономірність між видом і способом застосування МБП відмічалась і в наступні роки досліджень. Найбільшу площу листкового апарату було відмічено за використання Бактофіту по фону обробки насіння Меланорізом, що перевищувало контроль на 7,8–11,2 у 2022 році та на 7,6–8,5 $см^2$/рослину – у 2023 році відповідно до норм застосування Бактофіту.

Позитивний вплив МБП на наростання площі листкового апарату тритикале озимого зумовлений сумарною дією чинників: фітоценотичного, що полягав у покращенні ростових процесів; фізіолого-біохімічного, який реалізувався через БАР, що синтезуються мікроорганізмами та завдяки яким покращувався фітосанітарний стан посівів, підвищувалась функціональна активність і продуктивність листкового апарату.

Аналіз експериментальних даних стосовно впливу досліджуваних МБП на формування листкового апарату тритикале, отриманих у фазі цвітіння культури, підтвердив виявлену раніше закономірність між формуванням площі листків та видом й способом застосування препаратів. Найбільші розміри листкової поверхні, як і за попереднього обліку, було відмічено за посходового застосування Бактофіту по фону обробки насіння Меланорізом, де площа листкового апарату культури перевищувала контроль на 12,7–18,6 $см^2$/рослину у 2021 році, на 12,5–18,6 $см^2$/рослину у 2022 році та на 11,0–16,1 $см^2$/рослину – у 2023 році (табл. 4.2).

У середньому за роки досліджень обробка насіння Меланорізом та Бактофітом сприяла наростанню листкового апарату порівняно з контролем до 106 і 105%; посходове внесення Бактофіту (2,0; 2,5 і 3,0 л/га) – до 106, 108 і 108%; застосування цих же норм біофунгіциду по фону обробки насіння Біозлаком – на 8, 10 і 13% та по фону обробки насіння Меланорізом – на 14, 17 і 21% відповідно.

Отже, з аналізу отриманих результатів досліджень випливає, що застосування біологічних препаратів мікробного походження для обробки насіння та посходового внесення активно забезпечує зростання показників площі листкового апарату тритикале озимого порівняно з контролем.

**Таблиця 4.2. Формування площі листкового апарату тритикале озимого за використання МБП Меланоріз, Біозлак та Бактофіт (фаза цвітіння, см$^2$/рослину)**

| Варіант досліду | 2021 р. | 2022 р. | 2023 р. | Середнє за три роки | До контролю, % |
|---|---|---|---|---|---|
| Без застосування біологічних препаратів (контроль) | 91,5 | 82,6 | 77,8 | 84,0 | 100 |
| Меланоріз 1,0 л/т | 97,3 | 87,4 | 83,6 | 89,4 | 106 |
| Біозлак 1,5 л/т | 95,6 | 86,3 | 81,9 | 87,9 | 105 |
| Бактофіт 2,0 л/га | 96,6 | 86,6 | 83,1 | 88,8 | 106 |
| Бактофіт 2,5 л/га | 98,0 | 88,5 | 85,2 | 90,6 | 108 |
| Бактофіт 3,0 л/га | 100,8 | 82,5 | 89,3 | 90,9 | 108 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 98,8 | 88,9 | 84,8 | 90,8 | 108 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 100,0 | 90,7 | 86,9 | 92,5 | 110 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 102,2 | 93,6 | 90,2 | 95,3 | 113 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 104,2 | 95,1 | 88,8 | 96,0 | 114 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 106,3 | 97,3 | 90,7 | 98,1 | 117 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 110,1 | 101,2 | 93,9 | 101,7 | 121 |
| $НІР_{05}$ | 2,0 | 1,6 | 1,3 | | |

Найбільш істотні прирости площі листкового апарату відмічалися у разі обприскування посівів Бактофітом по фону обробки насіння перед

посівом Меланорізом, в порівнянні з контролем показники зростають на 14–21% залежно від фази розвитку.

### 4.5. Накопичення біомаси

Одним із показників реалізації потенціалу ростових процесів є інтенсивність накопичення їх біомаси. За даними науковців [281, 282], біомаса рослин наростає більш інтенсивно за умов, коли наявні високі показники асиміляції органічних речовин у процесі фотосинтезу. При цьому завдяки діяльності окисно-відновних ферментів під час катаболізму цих речовин вивільняється необхідна кількість енергії, що використовується на процеси росту і розвитку рослинного організму, в тому числі і на формування біомаси.

Літературні дані свідчать, що застосування рістрегулювальних, мікробних та інших речовин у посівах пшениці озимої забезпечує приріст веґетативної маси на 10–23 % більше порівняно з контролем. При цьому сумарна довжина коренів зростала на 30 %, кількість бічних коренів – на 45 %, а їх сумарна довжина – на 70 % [283–285].

Одержані нами експериментальні дані дають підставу стверджувати, що досліджувані мікробні препарати за різних способів застосування мали позитивний вплив на формування надземної біомаси рослинами тритикале озимого.

За визначення маси рослин у 2021 р. у фазі появи прапорцевого листка за передпосівної бактеризації насіння культури МБП Меланоріз і Біозлак нами відмічено, що біомаса рослин у порівнянні з контрольним варіантом зросла на 0,39 та 0,23 г/рослину відповідно ( табл. 4.3).

Позитивний вплив на накопичення надземної біомаси рослин тритикале озимого було відмічено і за посходового застосування МБП Бактофіт у нормах 2,0; 2,5 та 3,0 л/га. У цих варіантах досліду маса рослин перевищувала значення контролю на 0,39; 0,52 та 0,74 г/рослину відповідно.

**Таблиця 4.3. Накопичення біомаси рослинами тритикале озимого за використання МБП Меланоріз, Біозлак та Бактофіт (фаза появи прапорцевого листка, г/рослину)**

| Варіант досліду | 2021 р. | 2022 р. | 2023 р. | Середнє за три роки | До контролю, % |
|---|---|---|---|---|---|
| Без застосування біологічних препаратів (контроль) | 7,81 | 7,55 | 6,75 | 7,37 | 100 |
| Меланоріз 1,0 л/т | 8,20 | 7,95 | 7,19 | 7,78 | 106 |
| Біозлак 1,5 л/т | 8,04 | 7,82 | 7,09 | 7,65 | 104 |
| Бактофіт 2,0 л/га | 8,20 | 7,90 | 7,13 | 7,74 | 105 |
| Бактофіт 2,5 л/га | 8,33 | 8,02 | 7,26 | 7,87 | 107 |
| Бактофіт 3,0 л/га | 8,55 | 8,35 | 7,51 | 8,14 | 110 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 8,41 | 8,08 | 7,25 | 7,91 | 107 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 8,44 | 8,16 | 7,41 | 8,00 | 109 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 8,65 | 8,40 | 7,55 | 8,20 | 111 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 8,78 | 8,51 | 7,71 | 8,33 | 113 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 8,93 | 8,71 | 7,80 | 8,48 | 115 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 9,19 | 8,97 | 8,15 | 8,80 | 119 |
| $HIP_{05}$ | 0,22 | 0,26 | 0,20 | | |

Значно ефективнішим у плані накопичення біомаси зарекомендувало себе комплексне використання Бактофіту по фону передпосівної обробки насіння мікробними препаратами. Зокрема, за використання 2,0; 2,5 та 3,0

л/га біофунгіциду по фону бактеризації насіння Біозлаком надземна зростала порівняно з контролем на 0,60; 0,63 та 0,84, а по фону обробки Меланорізом – на 0,97; 1,12 та 1,38 г/рослину відповідно до норм Бактофіту.

Формування вищих показників біомаси рослин тритикале озимого за використання Бактофіту по фону бактеризації насіння мікробними препаратами, особливо Меланорізом, свідчить про активізацію проходження у рослинах ростових процесів внаслідок покращення умов мінерального живлення і продукування стимулювальних речовин мікроорганізмами, складовими досліджуваних МБП.

Аналогічна залежність між величиною накопичення надземної біомаси рослин тритикале озимого та видами і способами застосування МБП простежувалася і в наступні роки досліджень, проте найбільш ефективним у формуванні даного показника виявилося посходове використання Бактофіту на фоні передпосівної бактеризації насіння Меланорізом, де, за дії 3,0 л/га Бактофіту надземна біомаса тритикале озимого зростала проти контролю на 1,42 г/рослину у 2022 році та на 1,40 г/рослину – у 2023 році.

Аналізуючи отримані дані у середньому за роки досліджень, можна констатувати, що обробка насіння культури перед посівом Меланорізом та Біозлаком сприяла зростанню біомаси рослин тритикале озимого відносно контролю на 6 і 4% відповідно; застосування Бактофіту 2,0–3,0 л/га – на 5–10%; обприскування цими ж нормами біофунгіциду по фону обробки насіння Біозлаком – на 7–11% та по фону обробки Меланорізом – на 13–19%.

Дослідження біомаси рослин тритикале озимого у фазі цвітіння показало подібну залежність від виду та способів застосування мікробних препаратів, хоча абсолютні значення даного показника зростали (табл. 4.4).

У середньому за роки досліджень передпосівна обробка насіння Меланорізом сприяла збільшенню надземної біомаси тритикале озимого проти контролю на 8%, тоді як бактеризація Біозлаком – на 6%. Застосування біофунгіциду Бактофіт по вегетації культури у нормах 2,0–3,0 л/га сприяло підвищенню даного показника на 8–11% залежно від норми препарату. Як і в

**Таблиця 4.4. Накопичення біомаси рослинами тритикале озимого за використання МБП Меланоріз, Біозлак та Бактофіт (фаза цвітіння, г/рослину)**

| Варіант досліду | 2021 р. | 2022 р. | 2023 р. | Середнє за три роки | До контролю, % |
|---|---|---|---|---|---|
| Без застосування біологічних препаратів (контроль) | 11,20 | 10,91 | 9,96 | 10,69 | 100 |
| Меланоріз 1,0 л/т | 12,30 | 11,61 | 10,61 | 11,51 | 108 |
| Біозлак 1,5 л/т | 12,00 | 11,53 | 10,45 | 11,33 | 106 |
| Бактофіт 2,0 л/га | 12,42 | 11,54 | 10,55 | 11,50 | 108 |
| Бактофіт 2,5 л/га | 12,71 | 11,63 | 10,68 | 11,67 | 109 |
| Бактофіт 3,0 л/га | 12,86 | 11,85 | 10,86 | 11,86 | 111 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 12,63 | 11,61 | 10,70 | 11,65 | 109 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 12,81 | 11,81 | 10,83 | 11,82 | 111 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 12,99 | 11,99 | 11,36 | 12,11 | 113 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 12,99 | 12,41 | 11,11 | 12,17 | 114 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 14,11 | 12,65 | 11,43 | 12,73 | 119 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 14,42 | 13,23 | 11,69 | 13,11 | 123 |
| $НІР_{05}$ | 0,31 | 0,21 | 0,25 | | |

попередню фазу, найбільший приріст надземної біомаси простежувався за внесення цих же норм Бактофіту по фону обробки насіння мікробними препаратами. Зокрема, за бактеризації Біозлаком цей показник перевищував

контроль на 9–13%, а за використання Меланорізу – на 14–23% залежно від норм біофунгіциду.

Отже, виконаний аналіз отриманих експериментальних даних дає змогу стверджувати, що передпосівна обробка насіння тритикале озимого Меланорізом і Біозлаком та застосування Бактофіту у період вегетації накладали значний відбиток на нагромадження надземної біомаси рослинами культури. Проте найбільший ефект простежувався за використання біофунгіциду по фону обробки насіння Меланорізом, де у порівнянні до контролю приріст біомаси рослин у середньому за роки досліджень складав 13–23% залежно від фази розвитку та норм Бактофіту.

### 4.6. Чиста продуктивність фотосинтезу

Процес синтезу органічної речовини в природі відбувається шляхом перетворення сонячної енергії на енергію хімічних зв'язків органічних сполук [286] і його інтенсивність відображається в чистій продуктивності фотосинтезу (ЧПФ). ЧПФ характеризує інтенсивність нагромадження сухої біомаси врожаю протягом доби в розрахунку на 1 $м^2$ листкової поверхні рослин [105, 287, 288].

Відомо, що фотосинтетична діяльність рослин змінюється у залежності від низки чинників, зокрема, технологій вирощування та їх окремих ланок. Нині сучасною та прогресивною ланкою вирощування польових культур є широке застосування препаратів природного походження, зокрема, мікробіологічних.

Літературні джерела з результатами досліджень стосовно застосування біопрепаратів доводять ефективність включення до систем вирощування польових культур даного агрозаходу [284, 289–296].

Проведеними дослідженнями встановлено, що формування показників чистої продуктивності фотосинтезу рослин тритикале озимого змінювалося залежно від норм і способів використання мікробних препаратів, а також залежало від погодних умов, що складалися у період вегетації культури.

Так, у період розвитку культури кущіння – поява прапорцевого листка за умов 2021 року у варіантах досліду із передпосівною обробкою насіння Меланорізом та Біозлаком показник ЧПФ зростав порівняно з контролем на 0,20 та 0,12 г/м$^2$ за добу відповідно (рис. 4.8, додаток Д, табл. Д.1).

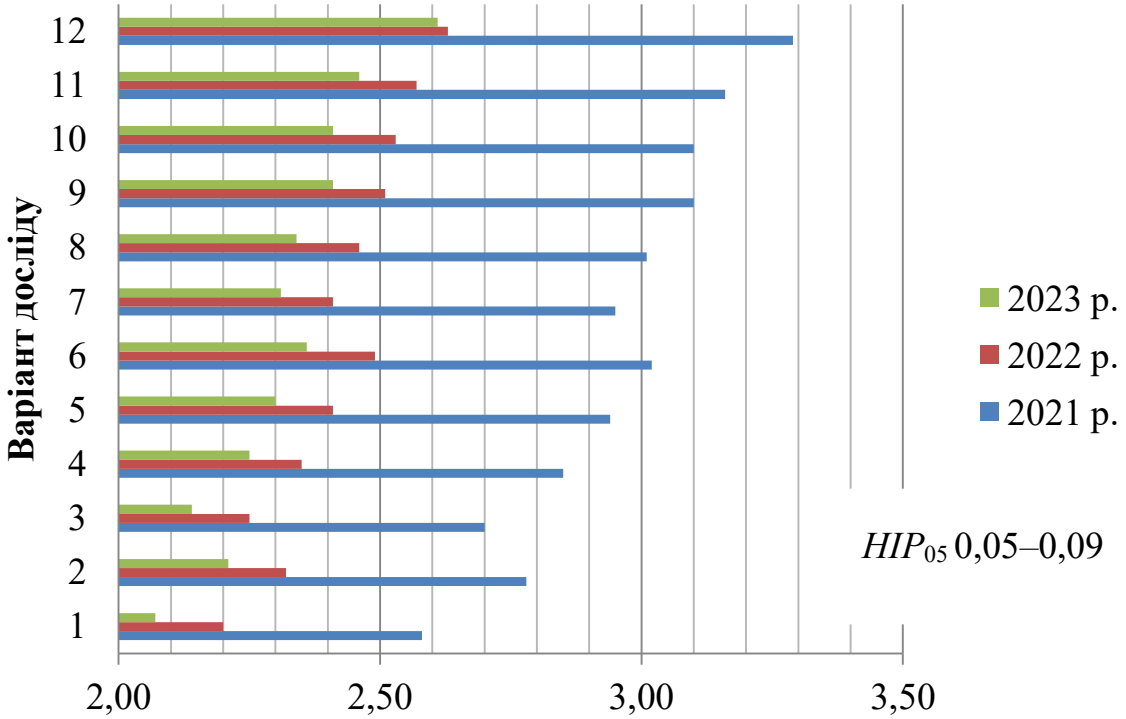



**Рис. 4.8. Чиста продуктивність посівів тритикале озимого за використання МБП Меланоріз, Біозлак та Бактофіт (г/м$^2$ за добу, фази кущіння – поява прапорцевого листка)**

1. Без застосування біологічних препаратів (контроль); 2. Меланоріз 1,0 л/т; 3. Біозлак 1,5 л/т; 4. Бактофіт 2,0 л/га; 5. Бактофіт 2,5 л/га; 6. Бактофіт 3,0 л/га; 7. Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,0 л/га; 8. Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,5 л/га; 9. Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 3,0 л/га; 10. Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,0 л/га. 11. Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,5 л/га; 12. Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 3,0 л/га

У разі обробки посівів культури по вегетації Бактофітом у нормах 2,0; 2,5 і 3,0 л/га також відмічено зростання досліджуваного показника порівняно з контролем на 0,27; 0,36 та 0,44 г/м$^2$ за добу відповідно.

Активніше на формування величини ЧПФ порівняно із застосуванням досліджуваних препаратів окремо впливала комплексна їх дія. Зокрема, за використання вказаних норм Бактофіту по фону передпосівної бактеризації

насіння Біозлаком прослідковується тенденція до зростання показника ЧПФ проти контрольного варіанту на 0,37–0,52 г/м$^2$ за добу залежно від норми використання біофунгіциду.

Більший вплив на величину ЧПФ мало використання досліджуваних норм Бактофіту по фону передпосівної обробки насіння Меланорізом. У цих варіантах досліду зростання показника ЧПФ порівняно з контрольним варіантом складало 0,52–0,71 г/м$^2$ за добу залежно від норми застосування Бактофіту.

Отриманий експериментальний матеріал дає підставу стверджувати про позитивну дію досліджуваних МБП на формування величини показника ЧПФ, особливо у разі застосування біофунгіциду по фону передпосівної бактеризації насіння тритикале озимого. Це пов’язано з активізацією проходження в рослинах основних фізіолого-біохімічних процесів за використання біологічних препаратів, що констатують у своїх працях й інші науковці [105, 107, 124, 131, 136].

Аналізуючи результати досліджень, отримані у 2022 і 2023 рр., слід відмітити, що залежність формування показника ЧПФ від виду та способів застосування досліджуваних препаратів залишалася аналогічною 2021р, проте відмічалась чітка залежність формування даного показника від погодних умов, які у 2022 і 2023 рр. були менш сприятливими проти 2021 р. Також на формування величини ЧПФ, особливо у 2023 р., мала поширеність патогенних мікроорганізмів. Так, у 2022 р. за передпосівної обробки насіння Меланорізом та Біозлаком величина показника ЧПФ перевищувала контроль на 0,12 та 0,50 г/м$^2$ за добу відповідно. Застосування Бактофіту (2,0–3,0 л/га) по вегетуючих рослинах сприяло наростанню даного показника фотосинтетичної активності на 0,15–0,29 г/м$^2$ за добу залежно від норм використання препарату. Внесення цих же норм біофунгіциду по фону передпосівної бактеризації насіння тритикале озимого Біозлаком посприяло збільшенню показника ЧПФ проти контролю на 0,21–0,31 г/м$^2$ за добу. Як і у 2021 році, найбільш активний вплив на формування величини ЧПФ мало

використання Бактофіту по фону обробки насіння Меланорізом, що сприяло збільшенню даного показника порівняно з контролем на 0,33–0,43 г/м$^2$ за добу залежно від норм біофунгіциду.

Така ж залежність відмічалась і в 2023 р., де найбільші значення показника ЧПФ було відмічено у варіантах досліду із використанням біофунгіциду по фону обробки насіння Меланорізом (перевищення до контролю складало 0,34–0,54 г/м$^2$ за добу залежно від норми застосування Бактофіту).

У середньому за роки досліджень бактеризація насіння культури Меланорізом та Біозлаком сприяла зростанню показника ЧПФ проти контролю на 7 і 4% відповідно, використання Бактофіту по фону необробленого насіння – на 9–15%; застосування біофунгіциду по фону бактеризації насіння Біозлаком – на 12–17% та по фону бактеризації насіння Меланорізом – на 18–25% залежно від норми використання Бактофіту (додаток Д, табл. Д. 1).

Одержані результати досліджень також узгоджуються з попередньо отриманими даними щодо фізіолого-біохімічних та мікробіологічних аналізів.

Повторне визначення величини показника ЧПФ у період розвитку культури поява прапорцевого листка – цвітіння показало, що хоча абсолютні значення досліджуваного показника змінилися, проте залежність його формування від виду та способів застосування МБП залишилася на попередньому рівні. Найбільш активне формування показника ЧПФ, як за попереднього визначення, спостерігається у разі посходового внесення Бактофіту у нормах 2,0; 2,5 і 3,0 л/га по фону передпосівної бактеризації насіння Меланорізом, що у середньому за роки досліджень перевищувало значення контрольного варіанту на 17, 21 і 24% відповідно до норм біофунгіциду (рис. 4.9, додаток Д, табл. Д. 2).

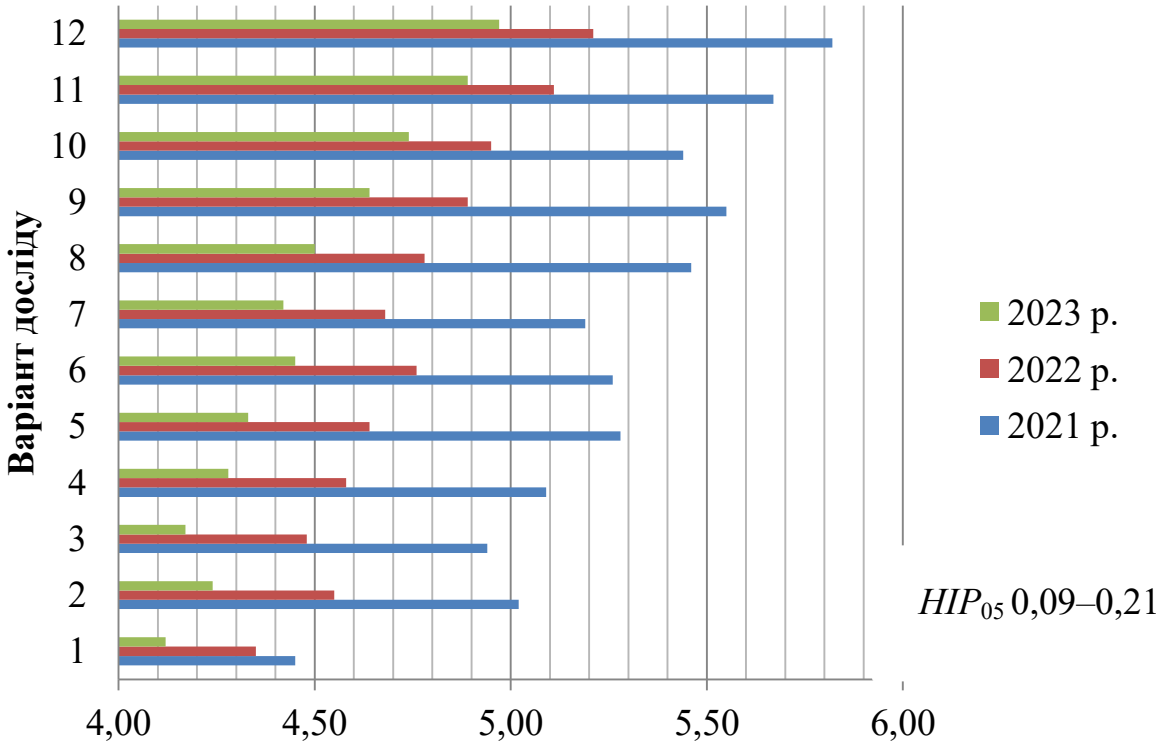



**Рис. 4.9. Чиста продуктивність посівів тритикале озимого за використання МБП Меланоріз, Біозлак та Бактофіт (г/м$^2$ за добу, фази поява прапорцевого листка – цвітіння)**

1. Без застосування біологічних препаратів (контроль); 2. Меланоріз 1,0 л/т; 3. Біозлак 1,5 л/т; 4. Бактофіт 2,0 л/га; 5. Бактофіт 2,5 л/га; 6. Бактофіт 3,0 л/га; 7. Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,0 л/га; 8. Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,5 л/га; 9. Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 3,0 л/га; 10. Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,0 л/га. 11. Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,5 л/га; 12. Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 3,0 л/га

Таким чином, аналіз отриманих експериментальних даних свідчить, що використання МБП з метою передпосівної бактеризації насіння (Меланоріз, Біозлак) та посходового застосування (Бактофіт) має позитивний вплив на формування показника чистої продуктивності фотосинтезу посівів тритикале озимого. Варіанти досліду із комплексним застосуванням посходового внесення Бактофіту по фону передпосівної бактеризації насіння культури Меланорізом характеризуються формуванням найвищих показників ЧПФ, що в середньому за роки досліджень перевищували контроль на 17–25% залежно від фази розвитку культури та норм внесення біофунгіциду.

## Висновки до розділу 4:

1. Використання біологічних препаратів мікробного походження Меланоріз, Біозлак і Бактофіт як окремо, так і у комплексі, сприяє активізації основних ферментів класу оксидоредуктаз. Найвищу активність каталази, пероксидази і поліфенолоксидази у рослинах тритикале озимого відмічено у випадку комплексного застосування обробки насіння Меланорізом (1,0 л/т) з наступним внесенням по вегетації Бактофіту (2,0–3,0 л/га), де активність каталази зростала відносно контрольного варіанту на 23–46, пероксидази – на 14–22 а поліфенолоксидази – на 26–49% залежно від норм Бактофіту.

2. Використання Бактофіту у досліджуваних нормах на фоні передпосівної обробки насіння Меланорізом супроводжувалось найбільшим зростанням вмісту фотосинтетичних пігментів у листках тритикале озимого. Зокрема, у фазі цвітіння вміст хлорофілу *a* зріс проти контролю на 0,46–0,63, хлорофілу b – на 0,07–0,11; суми хлорофілів (*a*+*b*) – на 0,53–0,73; каротиноїдів – на 0,06–0,13 мг/г сирої речовини відповідно до норм біофунгіциду.

3. Мікробні препарати Меланоріз, Біозлак і Бактофіт також впливали і на інтенсивність дихання культури, що є проявом їх дії на процеси біологічного окиснення та біохімічної активності рослинного організму. Зокрема, найвищі показники інтенсивності дихання простежувалися за комбінованого внесення Бактофіту у досліджуваних нормах на фоні бактеризації насіння Меланорізом, що сприяло зростанню даного показника у середньому за роки досліджень на 17–30% стосовно контролю відповідно до норм Бактофіту.

4. Формування найбільших розмірів листкового апарату тритикале озимого простежувалося у разі сумісного застосування по вегетуючих рослинах біофунгіциду (2,0–3,0 л/га) на фоні передпосівної обробки насіння Меланорізом, де приріст площі листків порівняно з контролем складав 14–21%.

5. Досліджувані мікробні препарати за різних способів застосування мали позитивний вплив і на формування надземної біомаси рослинами тритикале озимого. Найбільш інтенсивне нагромадження біомаси рослин, так як і площі листків, відмічено за комплексного застосування препаратів. Так, у середньому за роки досліджень обприскування посівів Бактофітом на фоні бактеризації насіння Меланорізом у середньому сприяло збільшенню біомаси на 0,96–2,20 г/рослину залежно від норми біофунгіциду та фази розвитку. Показник чистої продуктивності фотосинтезу порівняно з контролем у цих варіантах зростав на 0,40–1,02 г/м$^2$ за добу.

*Результати досліджень розділу 4 опубліковано та апробовано в працях* [318–320].

1. Карпенко В. В. Формування площі листкового апарату та вмісту пігментів у рослинах тритикале озимого за використання біологічних препаратів. Збірник наукових праць Уманського НУС. 2023. №103. Ч. 1. С. 34–41.

2. Карпенко В. В. Формування листкового апарату тритикале озимого за використання біологічних препаратів. *T*he V-th International Scientific and Theoretical Conference *«*Current issues of science, prospects and challenges*»*. (Sydney, 17-th of November 2023). Sydney, 2023. P. 114–115.

3. Карпенко В. В. Вміст пігментів у листках тритикале озимого за використання біологічних препаратів. *T*he VI -th International Scientific and Theoretical Conference *«Theory and practice of modern science»*. (Kraków, 24-th of November 2023). Kraków, 2023. P. 96–97.

# РОЗДІЛ 5
# ПРОДУКТИВНІСТЬ ПОСІВІВ ТРИТИКАЛЕ ОЗИМОГО ТА ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ Й БІОЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ БІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ

## 5.1. Урожайність зерна та його якісні показники

Тритикале озиме, поряд з житом і пшеницею, є наймолодшою культурою сьогодення. Культура вирощується практично у всіх кліматичних зонах України. Посіви тритикале озимого більше зосереджені в умовах Полісся та Лісостепу. Посівні площі в Україні становлять до 100 тис. га, у світі – 3,5 млн га. Із зерна тритикале озимого випікають хлібобулочні і кондитерські вироби та використовують у спирто-горілчаній промисловості. Також тритикале входить в склад продуктів лікувально-профілактичного призначення для осіб з порушенням обміну речовин [297].

За даними профільних інститутів України та зарубіжних наукових установ, зерно тритикале озимого (% на суху речовину) має: води – 14 %, білка – 12,8, вуглеводів – 68,6, жирів – 1,5, клітковини – 3,1, золи – 2,0, цукру – 2,01 %. Порівняно з пшеницею, вміст вільних амінокислот, таких як лізин, валін, лейцин у зерні цієї культури більший, у результаті чого біологічна цінність тритикале вища, ніж пшениці. Головними мінеральними речовинами зерна цієї нової культури є фосфор (0,75–0,80 %), калій (0,50–0,55 %), марганець (0,18–0,22 %), кальцій (0,04–0,06 %), по 0,03–0,04 % кремнію і натрію, по 0,01 – сірки і хлору. Крім того, містяться мікроелементи: цинк, мідь, бор, кобальт, фтор та ін. За вмістом першої лімітуючої амінокислоти лізину тритикале значно випереджає пшеницю, у зерні якого є близько 3 % від загальної кількості білка. Цим він подібний до високолізинової кукурудзи [298, 299].

Нині зростання рівня продуктивності польових культур досягається, окрім застосування добрив і пестицидів, що вже є класичними агрозаходами, включенням до технологій вирощування інноваційних заходів – екзогенних

БАР та високоефективних МБП. Проведені в останні роки дослідження свідчать про значний ефект від застосування мікробних препаратів як з метою передпосівної бактеризації насіння, так і для обприскування посівів по вегетації, урожайність зернових культур значно збільшується [169, 249, 300–307]. Однак, аналіз літературних результатів досліджень щодо впливу мікробних препаратів, особливо з біофунгіцидним ефектом, на формування продуктивності посівів тритикале озимого показує мало вивченість даного питання.

Виконаний нами аналіз урожайності тритикале озимого показав, що її рівень змінювався залежно від виду і способів застосування досліджуваних МБП та погодних умов, що складалися у роки проведення досліджень.

У 2021 році за передпосівної бактеризації насіння Меланорізом простежувалась тенденція до зростання рівня врожайності порівняно з контрольним варіантом на 0,4 т/га, тоді як за використання МПБ Біозлак – на 0,3 т/га, що за $НІР_{05}$ 0,3 т/га є достовірним (табл. 5.1).

Достовірну прибавку врожаю зерна у 0,3; 0,5 і 0,7 т/га було отримано за посходового використання біофунгіциду Бактофіт у нормах 2,0; 2,5 і 3,0 л/га.

Більш значне зростання урожайності зерна культури відбувалось за обприскування посівів Бактофітом на фоні бактеризації насіння перед посівом мікробними препаратами. Зокрема, за внесення 2,0; 2,5 і 3,0 л/га біофунгіциду по фону обробки насіння Біозлаком відмічено зростання досліджуваного показника на 0,9; 1,2 та 1,4 т/га, по фону обробки насіння Меланорізом – на 1,0; 1,3 та 1,7 т/га відповідно до норм Бактофіту, що за $НІР_{05}$ 0,3 т/га було достовірним.

На нашу думку, зростання урожайності зерна культури за комплексного використання мікробних біопрепаратів з метою передпосівної обробки насіння та посходового внесення порівняно з окремим їх застосуванням пов’язано з активнішим ростом і розвитком рослин у вказаних варіантах досліду, що супроводжувалося посиленим накопиченням надземної біомаси і, закономірно, збільшенням розмірів робочої поверхні кореневої

**Таблиця 5.1. Урожайність тритикале озимого за використання МБП Меланоріз, Біозлак та Бактофіт, т/га**

| Варіант досліду | 2021 р. | 2022 р. | 2023 р. | Середнє за три роки | До контролю, % |
|---|---|---|---|---|---|
| Без застосування біологічних препаратів (контроль) | 5,1 | 4,6 | 3,9 | 4,5 | 100 |
| Меланоріз 1,0 л/т | 5,5 | 4,9 | 4,3 | 4,9 | 109 |
| Біозлак 1,5 л/т | 5,4 | 4,8 | 4,2 | 4,8 | 107 |
| Бактофіт 2,0 л/га | 5,6 | 4,8 | 4,3 | 4,9 | 109 |
| Бактофіт 2,5 л/га | 5,8 | 4,9 | 4,6 | 5,1 | 113 |
| Бактофіт 3,0 л/га | 6,1 | 5,2 | 4,9 | 5,4 | 120 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 6,0 | 5,0 | 4,7 | 5,2 | 116 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 6,3 | 5,3 | 4,9 | 5,5 | 122 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 6,5 | 5,6 | 5,2 | 5,8 | 128 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 6,1 | 5,5 | 5,0 | 5,5 | 123 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 6,4 | 5,8 | 5,6 | 5,9 | 132 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 6,8 | 6,1 | 5,7 | 6,2 | 138 |
| $НІР_{05}$ | 0,3 | 0,3 | 0,2 | | |

системи, що, в свою чергу, сприяє збільшенню колонізаційної ризосферної поверхні для інтродукованих мікроорганізмів. Як наслідок, відбувалося більш активне постачання елементів мінерального живлення та води до

рослин, активізувався фотосинтез, що стало передумовою формування високого рівня продуктивності культури. Подібного висновку у своїх дослідженнях дійшли й інші вчені [10, 11, 72, 101, 112, 113, 128].

Залежність формування рівня врожайності тритикале озимого від виду і способів застосування досліджуваних МБП простежувалась і у 2022 та 2023 роках досліджень. Однак, величина врожайності в ці роки дещо знижувалася, що було зумовлено погодними умовами, які сприяли активнішому розвитку у посівах хвороботворної мікробіоти. Тут урожайність зерна у контрольному варіанті досліду у 2021 році склала 5,1 т/га, у 2022 та 2023 роках – 4,6 та 3,9 т/га відповідно.

Загалом, передпосівна обробка насіння Меланорізом та Біозлаком сприяла підвищенню врожайності зерна культури відповідно на 0,3 та 0,2 т/га у 2022 р. ($НІР_{05}$ 0,3 т/га) та на 0,4 й 0,3 т/га у 2023 р. ($НІР_{05}$ 0,2 т/га).

Обприскування посівів культури Бактофітом (2,0; 2,5 і 3,0 л/га) сприяло отриманню прибавки врожаю у розмірі 0,2; 0,3 й 0,6 т/га у 2022 р. та 0,3; 0,6 й 0,9 т/га у 2023 р. відповідно до норм біофунгіциду.

Як і у 2021 р., найвищий приріст урожайності було відмічено за використання Бактофіту по фону передпосівної бактеризації насіння мікробними препаратами, особливо Меланорізом, де залежно від норми біофунгіциду, прибавка врожаю зерна коливалася від 0,9 до 1,5 т/га у 2022 р. та – 1,1 до 1,8 т/га у 2023 році.

У середньому за роки досліджень передпосівна обробка насіння Меланорізом та Біозлаком зумовила зростання врожайності культури порівняно з контролем на 9 та 7% відповідно, за обприскування посівів Бактофітом – на 7–13% залежно від норми препарату. Більш суттєву прибавку врожаю – 16–28 та 23–38% було встановлено за внесення біофунгіциду по фону бактеризації насіння відповідно Біозлаком та Меланорізом.

Отримані дані стосовно рівня врожайності закономірно узгоджуються з раніше одержаними даними щодо мікробіологічної та фізіолого-біохімічної

активності в посівах і демонструють залежність формування рівня врожайності від вмісту фотосинтетичних пігментів у листках, розмірів асиміляційної поверхні, нагромадження надземної біомаси та чистої продуктивності фотосинтезу.

Проведений регресійний аналіз виявив тісну кореляційну залежність між урожайністю зерна тритикале озимого та вмістом суми хлорофілів (a+b) ($R^2$=0,97), розміром листкової поверхні ($R^2$=0,94), надземною масою рослин ($R^2$=0,92) та показником чистої продуктивності фотосинтезу ($R^2$=0,95), що описуються наступними рівняннями регресії:

y = 2,3756x – 2,8716

де Y – врожайність зерна тритикале озимого, т/га;

X – сума хлорофілів (a+b), мг/г сирої речовини (додаток Ж, рис. Ж.1).

y = 0,0997x – 3,8838

де Y – врожайність зерна тритикале озимого, т/га;

X – площа листя тритикале озимого, $см^2$/рослину (додаток Ж, рис. Ж.2).

y = 0,756x – 3,6476

де Y – врожайність зерна тритикале озимого, т/га;

X – надземна маса тритикале озимого, г/рослину (додаток Ж, рис. Ж.3).

y = 3,0698x – 2,5733

де Y – врожайність зерна тритикале озимого, т/га;

X – чиста продуктивність фотосинтезу тритикале озимого, $г/м^2$ за добу (додаток Ж, рис. Ж.4).

Відомо, що іншими важливими показниками, які свідчать про ефективність використання мікробних препаратів у посівах польових культур є формування фізичних та хімічних показників якості зерна. Результати досліджень на різних сільськогосподарських культурах свідчать про позитивний вплив застосування МБП на вміст білка та крохмалю у зерні, а також про зростання маси 1000 зерен і натури зерна [160, 300, 308–311].

Нами встановлено, що досліджувані мікробні препарати мали істотний вплив на формування певних фізичних показників якості зерна тритикале озимого (табл. 5.2, додаток З, табл. З.1–З.4).

**Таблиця 5.2. Якісні показники зерна тритикале озимого за використання МБП Меланоріз, Біозлак та Бактофіт, 2021–2023 рр.**

| Варіант досліду | Маса 1000 зерен, г | Натура, г/л | Вміст білка, % | Вміст крохмалю, % |
|---|---|---|---|---|
| Без застосування біологічних препаратів (контроль) | 41,8 | 670,0 | 11,4 | 59,1 |
| Меланоріз 1,0 л/т | 42,0 | 680,2 | 11,6 | 60,9 |
| Біозлак 1,5 л/т | 41,9 | 679,3 | 11,5 | 60,2 |
| Бактофіт 2,0 л/га | 41,9 | 679,8 | 11,5 | 62,0 |
| Бактофіт 2,5 л/га | 42,2 | 685,1 | 11,6 | 62,7 |
| Бактофіт 3,0 л/га | 42,4 | 690,0 | 11,9 | 64,0 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 42,3 | 686,1 | 11,6 | 63,1 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 42,6 | 697,0 | 11,8 | 63,9 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 42,9 | 703,4 | 12,1 | 64,7 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 43,3 | 701,4 | 12,0 | 65,5 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 43,7 | 705,9 | 12,6 | 65,8 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 44,0 | 709,8 | 12,9 | 66,2 |
| $НІР_{05}$* | 0,3–0,4 | 3,8–6,0 | 0,2–0,3 | 0,3–0,6 |

*Примітка:* *– max *і* min *значення за роки досліджень*

Так, у середньому за роки досліджень за обробки насіння перед посівом МБП Меланоріз маса 1000 зерен зростала відносно контролю на 0,2 г, тоді як натура зерна збільшувалась на 10,2 г/л. У разі обробки насіння Біозлаком наведені показники зростали на 0,1 г та 9,3 г/л відносно показників контролю.

За посходового обприскування посівів тритикале озимого Бактофітом відбувалось зростання маси 1000 зерен відносно контролю на 0,1–0,6 г, тоді як натура зерна зростала на 9,3–15,1 г/л залежно від норм препарату.

Більш значний вплив на формування фізичних показників якості зерна мало використання Бактофіту по фону передпосівної обробки насіння мікробними препаратами. Так, за внесення біофунгіциду по фону бактеризації насіння Біозлаком відмічено зростання маси 1000 зерен відносно контролю на 0,5–1,1 г, тоді як натури зерна – на 16,1–30,4 г/л залежно від норм біофунгіциду.

Найвища маса 1000 зерен (на 1,5–2,2 г більше за контроль) та натура зерна (на 31,4–39,8 г/л більше за контроль) формувалася у разі внесення Бактофіту по фону бактеризації насіння Меланорізом.

Встановлено, що досліджувані МБП мали також істотний вплив на формування окремих хімічних показників якості зерна тритикале озимого. Так, вміст білка за обробки насіння Меланорізом і Біозлаком у середньому за роки досліджень порівняно з контролем зріс відповідно на 0,2 та 0,1%. За обприскування посівів культури Бактофітом у нормах 2,0; 2,5 і 3,0 л/га даний показник перевищував контроль на 0,1; 0,2 та 0,5% відповідно до норм препарату.

Внесення наведених норм Бактофіту по фону обробки насіння Біозлаком сприяло збільшенню вмісту білка проти контролю відповідно на 0,2; 0,4 і 0,7% відповідно до норм біофунгіциду.

Найбільший вміст білка у зерні тритикале озимого було відмічено за обприскування посівів культури Бактофітом по фону передпосівної бактеризації насіння Меланорізом, що сприяло збільшенню даного показника

якості зерна на 0,6–1,5% залежно від норм Бактофіту. У цих варіантах досліду відмічено також і найвищий вміст крохмалю у зерні культури, що перевищував показники контрольного варіанту на 6,4–7,1% залежно від норми застосування біофунгіциду.

Таким чином, застосування у посівах тритикале озимого досліджуваних мікробних препаратів позитивно впливає на формування високого рівня врожайності зерна культури належної якості. Формуванню найвищого рівня врожайності з найкращими фізичними та хімічним показниками якості зерна сприяє обприскування посівів культури Бактофітом по фону передпосівної бактеризації насіння МБП Меланоріз. За такого поєднання препаратів у середньому за роки досліджень отримано прибавку врожаю зерна 1,0–1,7 т/га за збільшення на 4–5% маси 1000 зерен, на 5–6% – натури зерна, на 0,6–1,5% – вмісту білка та на 6,4–7,1% – вмісту крохмалю, залежно від норми внесення біофунгіциду.

### 5.2. Економічна та біоенергетична ефективність

Як відомо, саме ефективність та окупність врожаєм запроваджених технологічних заходів дозволяє в повній мірі оцінити беззбитковість тієї чи іншої технології вирощування в цілому та рекомендувати її для поширення у виробництво [312, 313].

Тому важливим критерієм доцільності використання тих чи інших елементів технологій вирощування польових культур є не лише зростання рівня їх продуктивності від запровадження нових елементів, а й економічні аспекти технології вирощування.

Основними критеріями для визначення доцільності впровадження у виробництво агрозаходів чи агротехнології в цілому є їх економічна та біоенергетична ефективність. У нинішніх економічних умовах усе більшої актуальності набуває питання зменшення й раціонального використання енергетичних ресурсів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур. До цього спонукає порівняно високий рівень

цін на основні види матеріально-технічних ресурсів, які використовуються в технологіях вирощування польових культур (пально-мастильні матеріали, мінеральні добрива, пестициди, сільськогосподарська техніка та запасні частини до неї) [314].

Загалом, головною метою виробництва продукції рослинництва за ринкових умов є отримання чистого прибутку – різниці між грошовою виручкою і витратами на виробництво продукції [315]. Таким чином, основною вимогою до елементів технології, які розробляються та впроваджуються у виробництво, є зменшення собівартості одиниці продукції, зниження енергетичних витрат на її вирощування, як наслідок – підвищення прибутковості виробництва.

Результати виконаних досліджень засвідчують, що рівень зернової продуктивності та її прибавки безпосередньо впливали на величину економічних показників вирощування тритикале озимого. Водночас застосування передпосівної обробки насіння тритикале озимого МБП Меланоріз та Біозлак як окремо, так і в комплексі з посходовим застосуванням Бактофіту, мало позитивний ефект на формування величини показників економічної ефективності вирощування культури. Так, у середньому за роки досліджень за передпосівної бактеризації насіння мікробного препарату Меланоріз сприяло отриманню додаткового чистого прибутку у розмірі 415,89 грн./га за рівня рентабельності 1,92%. У варіанті з обробкою насіння Біозлаком дані показники складали відповідно 815,59 грн./га і 3,92% (табл. 5.3).

Застосування по вегетації культури Біозлаку у нормі 2,0 л/га на фоні необробленого насіння сприяло отриманню неістотного чистого прибутку, тоді як зростання норми біофунгіциду, завдяки отриманню значних прибавок врожайності, сприяло підвищенню показників економічної ефективності. Зокрема, за використання 2,5 л/га Бактофіту умовно-чистий прибуток

**Таблиця 5.3. Економічна ефективність вирощування тритикале озимого за використання біологічних препаратів (2021–2023 рр.)**

| Варіант досліду | Урожайність, т/га | Прибавка врожаю, т/га | Загальні витрати на вирощування культури, грн./га | В т.ч. додаткові, грн./га | Вартість продукції за ціною реалізації, грн./га | В т.ч. додаткової, грн./га | Умовно-чистий прибуток з 1 га, грн | Собівартість 1 т продукції, грн. | Рівень рентабельності, % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Без застосування біологічних препаратів (контроль) | 4,5 | 0,0 | 20101,11 | 0 | 20250 | 0 | 148,89 | 4466,91 | 0,74 |
| Меланоріз 1,0 л/т | 4,9 | 0,4 | 21634,11 | 1533,00 | 22050 | 1800 | 415,89 | 4415,12 | 1,92 |
| Біозлак 1,5 л/т | 4,8 | 0,3 | 20784,11 | 683,00 | 21600 | 1350 | 815,89 | 4330,02 | 3,92 |
| Бактофіт 2,0 л/га | 4,9 | 0,4 | 22034,02 | 1932,91 | 22050 | 1800 | 15,98 | 4496,73 | 0,07 |
| Бактофіт 2,5 л/га | 5,1 | 0,6 | 22291,02 | 2189,91 | 22950 | 2700 | 658,98 | 4370,78 | 2,95 |
| Бактофіт 3,0 л/га | 5,4 | 0,9 | 22688,02 | 2586,91 | 24300 | 4050 | 1611,98 | 4201,48 | 7,10 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 5,2 | 0,7 | 22437,02 | 2335,91 | 23400 | 3150 | 962,98 | 4314,81 | 4,29 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 5,5 | 1,0 | 22764,02 | 2662,91 | 24750 | 4500 | 1985,98 | 4138,91 | 8,72 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 5,8 | 1,3 | 23091,02 | 2989,91 | 26100 | 5850 | 3008,98 | 3981,21 | 13,03 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 5,5 | 1,0 | 23427,02 | 3325,91 | 24750 | 4500 | 1322,98 | 4259,45 | 5,65 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 5,9 | 1,4 | 24035,02 | 3933,91 | 26550 | 6300 | 2514,98 | 4073,73 | 10,46 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 6,2 | 1,7 | 24384,02 | 4282,91 | 27900 | 7650 | 3515,98 | 3932,90 | 14,42 |

складав 658,98 грн./га за рівня рентабельності 2,95%. Подальше підвищення показників економічної ефективності простежувалося й за обприскування посівів тритикале озимого Бактофітом у нормі 3,0 л/га, де чистий прибуток зріс до 1611,98 грн./га за рівня рентабельності у 7,10%.

Отриманню вищого рівня економічної ефективності сприяло використання Бактофіту на фоні передпосівної обробки насіння мікробними препаратами. Так, за внесення 2,0 л/га біофунгіциду на фоні бактеризації насіння Біозлаком було одержано умовно-чистий прибуток 962,98 грн./га за рентабельності 4,29%. Застосування 2,5 і 3,0 л/га препарату забезпечувало показники відповідно 1985,95 і 3008,98 грн./га та 8,72 і 13,03%.

Найвищі економічні показники було відмічено за використання Бактофіту (2,0–3,0 л/га) на фоні бактеризації насіння Меланорізом, де умовно-чистий прибуток склав 1322,98–3515,98 грн./га за рівня рентабельності – 5,65–14,42%.

Загалом, аналіз показників економічної ефективності передпосівної обробки насіння мікробними препаратами та посходового застосування біофунгіциду засвідчив, що найбільш ефективним з точки зору економічної доцільності є обприскування посівів тритикале озимого Бактофітом (3,0 л/га) на фоні передпосівної обробки насіння Меланорізом (1,0 л/т).

Аналіз показників біоенергетичної ефективності застосування у посівах тритикале озимого біологічних препаратів мікробного походження засвідчив, що їх використання є енергетично доцільним.

Зокрема, обробка насіння перед посівом Меланорізом та Біозлаком сприяла збільшенню витрат сукупної антропогенної енергії на 1 га до 22862 і 22560 МДж, проте одночасно підвищувався вихід валової енергії з 1 га до 61260 і 58882, що сприяло зростанню коефіцієнту енергетичної ефективності до 2,66 і 2,61 відповідно (табл. 5.4).

Посходове внесення Бактофіту у нормах від 2,0 до 3,0 л/га зумовлювало збільшення витрат сукупної антропогенної енергії на 1 га до 22560–25380МДж, що за виходу валової енергії з 1 га величиною 58882–

**Таблиця 5.4. Біоенергетична ефективність вирощування тритикале озимого за використання біологічних препаратів Меланоріз, Біозлак та Бактофіт (2021–2023 рр.)**

| Варіант досліду | Витрати сукупної антропогенної енергії на 1 га, МДж | Вихід валової енергії з 1 га, МДж | Коефіцієнт енергетичної ефективності |
|---|---|---|---|
| Без застосування біологічних препаратів (контроль) | 21150 | 53298 | 2,52 |
| Меланоріз 1,0 л/т | 23030 | 61260 | 2,66 |
| Біозлак 1,5 л/т | 22560 | 58882 | 2,61 |
| Бактофіт 2,0 л/га | 23030 | 62181 | 2,70 |
| Бактофіт 2,5 л/га | 23970 | 66876 | 2,79 |
| Бактофіт 3,0 л/га | 25380 | 74110 | 2,92 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 24440 | 68188 | 2,79 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 25850 | 75224 | 2,91 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 27260 | 83961 | 3,08 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 25850 | 73414 | 2,84 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 27730 | 82358 | 2,97 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 29140 | 92082 | 3,16 |

74110 МДж забезпечило формування коефіцієнту енергетичної ефективності на рівні 2,70–2,92.

Більш активно на формування показників біоенергетичної ефективності впливало комплексне застосування мікробних препаратів з метою передпосівної обробки та посходового обприскування посівів. Так, внесення Бактофіту (2,0–3,0 л/га) на фоні бактеризації насіння Біозлаком забезпечило формування коефіцієнту енергетичної ефективності на рівні 2,79 – 3,08, а використання цих же норм біофунгіциду на фоні обробки насіння Меланорізом – до 2,84–3,16 відповідно до норм Бактофіту.

Таким чином, аналіз економічної та біоенергетичної ефективності застосування досліджуваних біологічних препаратів у посівах тритикале озимого засвідчив, що найбільш ефективним є обприскування посівів Бактофітом 3,0 л/га на фоні передпосівної обробки насіння Меланорізом (1,0 л/т), таке поєднання препаратів забезпечує одержання умовно-чистого прибутку у розмірі 3515,98 грн./га за рентабельності 14,41% та коефіцієнту енергетичної ефективності на рівні 3,16.

**Висновки до розділу 5:**

1. Використання в посівах тритикале озимого біологічних препаратів мікробного походження Меланоріз, Біозлак і Бактофіт сприяє отриманню високої продуктивності і якості зерна культури. Найвищі показники врожайності відмічено у разі обприскування посівів Бактофітом на фоні передпосівної бактеризації насіння Меланорізом, що у середньому за роки досліджень забезпечило прибавку врожаю порівняно з контролем на рівні 23–38% залежно від норми застосування Бактофіту. У цих варіантах досліду також простежувалось підвищення маси 1000 зерен – на 1,5–2,2 г; натури зерна – на 31,4–39,8 г/л; вмісту білка та крохмалю – на 0,6–1,5 і 6,4–7,1% відповідно.

2. Комплексне застосування передпосівної обробки насіння Меланорізом з наступним внесенням по вегетації Бактофіту у нормі 3,0 л/га забезпечує формування найвищих показників економічної та біоенергетичної ефективності, умовно-чистий прибуток склав 3515,98 грн./га за рівня рентабельності в 14,41%. Коефіцієнт енергетичної ефективності складав 3,16.

*Результати досліджень розділу 5 опубліковано та апробовано в працях* [321, 322].

1. Карпенко В. В. Продуктивність посівів і якість зерна тритикале озимого за використання біологічних препаратів. *Агробіологія*. 2023. № 2. С. 155–162.

2. Карпенко В. В. Формування урожайності тритикале озимого за використання біологічних препаратів. *Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція «Актуальні питання захисту рослин в Україні»*. (Умань, 16 листопада 2023 р.). Умань, 2023. С. 15–18.

# ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота висвітлює вирішення нового наукового завдання, мета якого полягала в обґрунтуванні комплексної дії в посівах тритикале озимого біологічних препаратів мікробного походження Меланоріз, Біозлак (передпосівна обробка насіння) і Бактофіту (обприскування вегетуючих рослин) на фітосанітарний стан посівів культури, мікробіологічні процеси у ґрунті, основні фізіолого-біохімічні – у рослинах, на продуктивність культури, деякі фізичні і хімічні показники якості зерна, економічну й біоенергетичну ефективність вирощування.

1. Встановлено, що за передпосівної обробки насіння тритикале озимого біологічними препаратами мікробного походження Меланоріз (1,0 л/т) і Біозлак (1,5 л/т) з наступним внесенням по вегетуючих рослинах препарату біофунгіцидної дії Бактофіт (2,0–3,0 л/га) простежується покращення фітосанітарного стану посівів: ураження кореневими гнилями знижується до рівня 0,3–2,8%, поширення листкових хвороб – до 0,0–4,9%, ураження хворобами колосу – до 0,3–4,0%. Найбільше розвиток патогенних мікроорганізмів пригнічується за комплексного застосування для передпосівної обробки насіння Меланорізу (1,0 л/т) і обприскування посівів Бактофітом (3,0 л/га), де ураженість кореневими гнилями знижується до рівня 0,2–0,5%, хворобами листків – до 0,0–2,6%, хворобами колосу – до 0,6–6,6%.

2. Досліджено, що мікробіологічні процеси у ґрунті за використання досліджуваних препаратів як окремо, так і в комплексі, зазнають змін: найбільша чисельність загальної мікробіоти та мікроміцетів, целюлозолітичних, нітрифікувальних бактерій відмічається за обприскування посівів тритикале озимого Бактофітом на фоні бактеризації насіння Меланорізом, що в середньому за роки досліджень супроводжувалось зростанням чисельності даних груп мікроорганізмів у 1,41–1,94 рази. У цих же варіантах досліду порівняно з контролем відбувалась найбільша активізація розвитку

азотфіксувальних бактерій роду Azotobacter і *C*lostridium *p*asteurianum, чисельність яких перевищувала контроль на 19–49%.

3. Доведено, що роздільне і комплексне застосування біологічних препаратів Меланоріз, Біозлак і Бактофіт активізує ферментативну активність рослин тритикале озимого, проте більш суттєва активізація окремих ферментів класу оксидоредуктаз спостерігається за передпосівної бактеризації насіння Меланорізом та внесення по даному фону Бактофіту в нормах 2,0–3,0 л/га, що зумовлює зростання активності каталази на 23–46, пероксидази – на 14–22, поліфенолоксидази – на 26–49% відповідно до контролю та норм біофунгіциду.

4. Встановлено, що пігментний комплекс тритикале озимого позитивно реагує на дію досліджуваних біологічних препаратів за окремого та комплексного їх використання, особливо цей вплив проявлявся за дії Бактофіту на фоні Меланорізу, де у фазі цвітіння відмічається перевищення показників контролю за вмістом хлорофілу *a* на 0,46–0,63, хлорофілу b – на 0,07–0,11; суми хлорофілів (*a*+*b*) – на 0,53–0,73; каротиноїдів – на 0,06–0,13 мг/г сирої речовини залежно від норм внесення Бактофіту.

5. З'ясовано вплив біологічних препаратів мікробного походження на перебіг біологічного окиснення у рослинах тритикале озимого: інтенсивність зазнавала за дії Бактофіту по фону Біозлак і Меланоріз зростала в середньому на 11–24 і 17–30% відповідно.

6. Встановлено закономірність формування надземної біомаси і листкового апарату тритикале озимого за дії різних норм і способів застосування Меланорізу, Біозлаку і Бактофіту, що супроводжувалось зростанням площі листків – у середньому на 2–21%, надземної біомаси – на 4–19%.

7. Виявлено залежність формування показників чистої продуктивності фотосинтезу, яка в середньому зростала на 11–17% – за використання Бактофіту по фону внесення Біозлаку та на 17–25% – по фону застосування Меланорізу.

8. Доведено, що найбільший приріст врожаю тритикале озимого порівняно з контролем формується за обробки насіння Меланорізом з наступним обприскуванням посівів Бактофітом, де прибавка врожаю склала 23–38% відповідно до норм застосування Бактофіту. Ця ж композиція забезпечила зростання маси 1000 зерен (на 1,5–2,2 г), натури зерна (на 31,4–39,8 г/л), вмісту білка в зерні та крохмалю (на 0,6–1,5 і 6,4–7,1% відповідно).

9. Найвищі показники економічної та біоенергетичної ефективності вирощування тритикале озимого формуються на фоні передпосівної бактеризації насіння Меланорізом з наступним обприскуваннм посівів Бактофітом у нормі 3,0 л/га, що забезпечує формування умовно-чистого прибутку на рівні 3515,98 грн./га за рівня рентабельності 14,42% і коефіцієнта енергетичної ефективності 3,16.

## РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

З метою покращення фітосанітарного стану та активізації проходження мікробіологічних процесів у ґрунті і фізіолого-біохімічних – у рослинах тритикале озимого, що лежать в основі формування високої продуктивності посівів, доцільно проводити передпосівну обробку насіння біологічним препаратом Меланоріз у нормі 1,0 л/т з наступним обприскуванням посівів біофунгіцидом Бактофіт у нормі 3,0 л/га.

# СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ


1. Wilson A. S. On wheat and rye hybrids. Trans. Proc. Bot. Soc. 1875. №12. P. 286–288.
2. Rimpau W. Kreuzungsprodukte Landwirth-schaftlicher Kulturplanzen. Landwirstschasftlishe, Jahrbuecher. 1891. №20. P. 335–371
3. Рибалка О. І., Моргун В. В., Моргун Б. В., Починок В. М. Агрономічний потенціал і перспективи тритикале. *Фізіологія рослин і генетика*. 2015. № 47. № 2. С. 95–111.
4. Amiour N., Bouguennec A., Marcoz C. et al. Diversity of seven glutenin and secalin loci within triticale cultivars grown in Europe. Euphytica. 2002. №123. P. 295–305.
5. Naeem H. A., Darvey N. L., Grass P. W., MacRitchie F. Mixing properties, baking potential, and functionality changes in storage proteins during development of triticale-wheat flour blends. Cereal Chem. 2002. №79. P. 332–339.
6. Бараболя О. В., Єремко Л. С., Гангур В. В. Застосування мікробіологічних біопрепаратів як перспективний напрямок виробництва екологічно безпечної продукції рослинництва. *Матеріали Всеукраїниської науково-практичної конференції, присвяченої 135-й річниці з дня заснування Полтавського долідного поля*. 2019. С. 36-38.
7. Волкогон В. В. Мікробіологічні рішення для оптимізації сільськогосподарського виробництва. *Біологічні процеси оптимізації продукційного процесу культурних рослин: матеріали Всеукраїнської науково-практичної онлайн-конференції, присвяченої 60-річчю ІСМАВ НААН* (м. Чернігів, 26–27 жовтня 2021 р.). С. 19–21.
8. Maksimov I. V., Abizgil’dina R. R. and Pusenkova L. I. Plant growth promoting rhizobacteria as alternative to chemical crop protectors from pathogens. Applied Biochemistry and Microbiology. 2011. Vol. 47 (4). P. 333–345.

9. Даценко А. А. Мікробіологічна активність ризосфери гречки за дії бактеріального препарату Меланоріз і регулятора росту рослин Агролайт. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2014. Вип. 86. С. 215–220.
10. 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
11. Карпенко В. П., Притуляк Р. М., Коробко О. О. Елементи біологізованої технології вирощування нуту. Рекомендації виробництву. Черкаси: «Брама-Україна». 2019. 24 с.
12. Перспективи використання, збереження та відтворення агробіорізноманіття в Україні / За ред. В. П. Патики, В. А. Соломахи. К.: Хімджест. 2003. 256 с.
13. Бурда Р. І. Тенденції змін різноманітності фітобіоти в сільськогосподарських ландшафтах рівнинної України. *Науковий вісник Нац. аграрн. ун-ту*. 2006. Вип 93. С. 242–256.
14. Шикула М. К., Бикова О.Є. Біорізноманіття в ґрунтозахисному землеробстві. *Науковий вісник Нац. аграрн. ун-ту*. 2006. Вип. 93. С. 185–200.
15. Павленко А. А. Вплив нового ефективного штаму Trichoderma viride imb F-100076 на мікоценоз кореневої зони Zea mays. *Мікробіологія в сучасному сільськогосподарському виробництві: матеріали XIV наукової конференції молодих вчених* (м. Чернігів, 27–28 жовтня 2020 р.). С. 41–45.
16. Кобець М. Органічне сільське господарство – що це таке? *Пропозиція*. 2006. №6. С.58–59.
17. Бородай В. В., Косовська Н. А., Парфенюк А. І., Тертична О. В. Вплив біопрепаратів Фітохелп і Мікохелп на мікробіоту ґрунту за вирощування

coї (Glycine max (L.) Merr.). *Агроекологічний журнал*. 2022. №1. С. 99–109.

18. Javaid A. and Shoaib A. Allelopathy for the management of phytopathogens, in Allelopathy. Current Trends and Future Applications. Berlin: SpringerVerlag, 2013. P. 299–319.
19. Вакуленко В. В. Регулятори росту. *Захист і карантин рослин*. 2004. № 2. С. 24–26.
20. Анішин Л. А. Основні результати і перспективи досліджень ефективності регуляторів росту в рослинництві. *Регулятори росту рослин у землеробстві*. К.: Аграрна наука. 1998. С. 26–33.
21. Франк Р. І., Кищенко В. І. Біопрепарати в сучасному землеробстві. *Захист і карантин рослин*. 2008. № 4. С. 30–32.
22. Карпенко В. П. Вміст деяких антиоксидантів у листках ячменю ярого за дії гербіцидів і регулятора росту рослин. *Зб. наук. праць Уманського ДАУ*. Умань. 2011. Вип. 77. Ч. 1. С. 14–20.
23. Шерстобоєва О. В., Крижанівський А. Б., Бунас А. А. Антагонізм Bacillus thuringiensis до фітопатогенних міксоміцетів – збудників хвороб. *Агроекологічний журнал.* 2021. №2. С. 71–77. DOI: https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2021.234460
24. Горшар В. І. Вплив біологічно активних речовин на врожайність ярого ячменюв північному Степу України. *Бюлетень Інст. с.-г. степової зони НААН України*. 2014. No6. С. 77–80.
25. Ткаліч Ю. І., Ніценко М. П. Вплив біопрепаратів на врожайність гібридів соняшника. *Бюлетень інст. с.-г. степової зони НААН України*. 2013. №5. С. 86–89.
26. Бєлицька О. А., Коноваленко Л. І., Федорець С. М. Вплив біопрепаратів на продуктивність озимої пшениці в південно-східному регіоні. *Мікробіологія в сучасному сільськогосподарському виробництві: матеріали IX наукової конференції молодих вчених* (м. Чернігів, 26-27 листопада 2013 р.). 2013. С. 53–55.

27. Бараболя О. В., Єремко Л. С., Гангур В. В. Застосування мікробіологічних біопрепаратів як перспективний напрямок виробництва екологічно безпечної продукційії рослинництва. *Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції, присвяченої 135-й річниці з дня заснування Полтавського долідного поля*. Полтава–2019. С. 36–38.
28. Волкогон В. Мікробіологи пропонують змінити стратегію удобрення сільгоспкультур. *Пропозиція* 2009. №5. С. 52-54.
29. Козар С. Ф., Надкерничий П. Р., Шерстобоев М. К., Патика В. П. Виробництво біопрепаратів комплексної дії: проблеми становлення. *Бюл.Ін-ту с.-г мікробіол*. 1998. №2. С. 30–33.
30. Остапчук М. О., Поліщук І. С., Мазур В. А. Мікробіологічні препарати – складова органічного землеробства. *Збірник наукових праць ВНАУ*. 2011. №7(47). С. 11–16.
31. Aslam F. et al. Allelopathy in agro-ecosystems: a critical review of wheat allelopathy – concepts and implications. Chemoecology. 2017. Vol. 27. P. 1–24.
32. Maksimov I. V., Maksimova T. I., Sarvarova E. R., Blagova D.K. Endophytic bacteria as effective agentsof new-generation biopesticides. Applied Biochemistry and Microbiology. 2018. Vol. 54 (2). P. 128–140.
33. Beneduzi A., Ambrosini A. and Passaglia L.M.P. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): their potential as antagonists and biocontrol agents. Genetics and Molecular Biology. 2012. Vol. 35 (4). P. 1044–1051.
34. Javaid A. and Shoaib A. Allelopathy for the management of phytopathogens, in Allelopathy. Current Trends and Future Applications. Berlin: SpringerVerlag. 2013. P. 299–319.
35. Ulloa-Ogaz A. L., Muñoz-Castellanos L. N. and Nevarez-Moorillon G. V. Biocontrol of phytopathogens: antibiotic production as mechanism of control, in the battle against microbial pathogens. Basic Science, Technological

Advances and Educational Programs, FOR-MATEX Microbiology Series. 2015. Vol. 1 (5). P. 305–309.

36. Latif S., Chiapusio G., Weston L.A. Allelopathy and the role of allelochemicals in plant defense. Advances in Botanical Research. 2017. Vol. 82. P. 19–54.
37. Симочко Л. Ю., Симочко В. В., Бігарій І. Й. Спрямованість мікробіологічних процесів у ґрунті агробіогеоценозів при застосуванні різних агрозаходів. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Біологія*. 2010. Випуск 28. С. 47–51.
38. Андреюк К. І., Іутинська Г. О., Антипчук А. Ф., Валагурова В. О., Пономаренко С. П. Функціонування мікробних ценозів ґрунту в умовах антропогенного навантаження. К.: Обереги, 2001. 240 с.
39. Badreiner M. R., Talak V. B. Structure and organization of soil microorganisms in different ecological systems. Biofutur. 1998. № 180. P. 19–22.
40. Rajendhran J., Gunasekaran P. Strategies for accessing soil metagenome for desired applications. Biotechnology advances. 2008. Vol. 26, № 6. P. 576–590. DOI: 10.1016/j.biotechadv.2008.08.002
41. Gregory E., Antony V., Nowak G. Managing Soil Microorganisms to Improve Productivity of Agro-Ecosystems. Plant Science. Issue 2. March 2004. P 175–193.
42. Asadu C. L. A., Nwafor I. A., Chibuike G. U. Contributions of Microorganisms to Soil Fertility in Adjacent Forest, Fallow and Cultivated Land Use Types in Nsukka, Nigeria. International Journal of Agriculture and Forestry. 2015. Vol. 5, № 3. P. 199–204. DOI: 10.5923/j.ijaf.20150503.04
43. Kooch Y., Mehr M. A., Hosseini S. M. Soil biota and fertility along a gradient of forest degradation in a temperate ecosystem. Catena. 2021. Vol. 204. DOI: 10.1016/j.catena.2021.105428
44. Рєзнік С. В., Фірсов М. С., Фірсов О. С., Гавва Д. В. Еколого-трофічні групи мікроорганізмів у чорноземних ґрунтах за різних систем

землеробства. *Збірник наукових праць з актуальних проблем економічних наук: Науково-практична конференція*. Запоріжжя, 2019. С. 123–126.

45. 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
46. Малиновська І. М. Вплив агротехнічних заходів на чисельність та фізіолого-біохімічну активність мікроорганізмів сірого лісового ґрунту. сільськогосподарська мікробіологія. 2018. Вип. 27. С. 45–51.
47. Цигічко Г. О. Зміни функціональної структури мікробних угрупувань чорнозему типового залежно від системи удобрень. Агрохімія і грунтознавство. 2013. Вип. 79. С. 102–106.
48. Lynch J. M., Brimecombe M. J., De Leij F. A. Rhizosphere. Encyclopedia of Life Sciences. 2001. DOI: 10.1038/npg.els.0000403
49. Normander B., Prosser J. L. Bacterail origin and community composition in the barley phytosphere as a function of habitat and presowing conditions // Appl. Environ. Microbiol. 2000. V. 66. P. 4372–4377.
50. Van Elsas J. D., Tumer S., Bailey M. J. Horizontal gene transfer in the phytosphere. New Phytologyst. 2003. V. 157. P. 525–537.
51. Мошинець О. В., Косаківська І. В. Екологія фітосфери: Рослинно-мікробні взаємовідносини. Структурно-функціональна характеристика ризо-, ендо- та філосфери. Вісник Харківського національного аграрного університету. 2010. Вип. 2. С. 19–35.
52. Compant S., Clement C., Sessitsch A. Plant growthpromoting bacteria in the rhizo- and endosphere of plants: their rolecolonization, mechanisms involved and prospects for utilization. Soil Biol. Biochem. 2009. doi:10.1016/j.soilbio.2009.11.024
53. Lugtenberg B., Kamilova F. Plant-growth-promoting rhizobacteria. Annu. Rev. Microbiol. 2009. V. 63. P. 541–556

54. Sturz A., Kimpinski J. Endoroot bacteria derived from marigolds (Tagetes spp.) can decrease soil population densities of rootlesion nematodes in the potato root zone. Plant Soil. 2004. V. 262. P. 241–249.
55. Sanz C., Casado M., Navarro-Martin L., Cañameras N., Carazo N., Matamoros V., Bayona J. M., Piña B. Implications of the use of organic fertilizers for antibiotic resistance gene distribution in agricultural soils and fresh food products. A plot-scale study. The Science of the Total Environment. 2022. №815. 151973. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.151973
56. Мосійчук І. І., Безноско І. В., Туровнік Ю. А., Горган Т. М. Екологічне обґрунтування регуляції фітопатогенного мікобіому в агроценозах ячменю ярого у екологічно безпечних технологіях. *Агроекологічний журнал.* 2021. №2. С. 117–124. DOI; https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2021.234468
57. Зіновчук Н. В., Зіновчук В .В, Скидан О. В. Органічне сільське господарство та його розвиток в умовах кооперації. Житомир: Рута. 2011. 160 с.
58. Ткаленко Г. М., Борзих О. І., Ігнат В. В. Сучасний стан застосування біологічних засобів захисту рослин в агроценозах України. Вісник аграрної науки. 2020. № 12. С. 18–25.
59. Крутякова В. І. Біометод – основа сталого розвитку вітчизняного землеробства. Вісник аграрної науки. 2020. № 9 (810). С. 5–14.
60. Крючкова Л., Драговоз І., Авдєєва Л. Біологічний захист рослин від хвороб – актуальна проблема сьогодення. Інтенсивні технології вирощування зернових культур. Спецвипуск. Пропозиція. 2014. С. 16–17.
61. Грицюк Н. В., Дереча О. А., Бакалова А. В. Ефективність комплексного застосування препаратів різного походження проти фузаріозної кореневої гнилі пшениці озимої. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2019. № 3. С. 57–64.

62. Заєць С. О., Рудік О. Л. Ефективність елементів біологізації системи захисту пшениці озимої, ячменю озимого та сої в умовах зрошення Півдня України. Scientific developments of Ukraine and EU in the area of natural sciences. Collective monograph. Riga: Izdevniecība «Baltija Publishing». 2020. V. 1. P. 203–222. doi: 10.30525/978-9934-588-73-0/1.11
63. Ященко Л. А. Продуктивність ячменю ярого за використання препарату поліміксобактерин. *Молодий вчений*. 2015. № 7(1). С. 30-32.
64. Вінюков О. О., Коробова О. М., Бондарева О. Б., Коноваленко Л. І. Використання біо- та рістрегулюючих препаратів для підвищення продуктивності та якості зерна ячменю ярого. Збалансоване природокористування. 2017. № 3. С. 46–50.
65. Gamayunova V. V., Baklanova T. V., Kuvshinova A. A., Kasatkina T. O. The value of biological products in the effective use of moisture by barley plants in the Southern Steppe of Ukraine. Global Science and education in the modern realities. 2020. P. 171–174.
66. Чайковська Л. О. Ефективність поєднаного використання біопрепаратів на основі фосфатмобілізувальних бактерій та мінеральних добрив при вирощуванні зернових на півдні України. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2011. Вип. 13. С. 52–58.
67. Крутякова В. І., Гулич О. І., Пилипенко Л. А. Біологічний метод захисту сільськогосподарських культур: перспективи для України. *Вісник аграрної науки*. 2018. №11. С. 159–168.
68. Ретьман С., Ткаленко Г., Михайленко С. Біологічні препарати проти хвороб зернових колосових культур. *Пропозиція*. 2015. №3. С. 18–20.
69. Patyka V. H., Pasichnyk L. A. Phytopathogenic bacteria in the system of modern agriculture. *Мікробіологічний журнал*. 2014. №1 (76). С. 21–26.
70. Волкогон В. В., Надкернична О.В., Токмакова Л. М., Мельничук Т. М., Чайковська Л. О. Експериментальна ґрунтова мікробіологія: монографія / за наук. ред. В. В. Волкогона. К.: Аграрна наука, 2010. 464 с.

71. Карпенко В. П. Залежність розвитку ризосферної мікробіоти ячменю ярого від комплексної дії гербіцидів класів сульфонілсечовини, феноксикарбоксилових кислот і біологічних препаратів. *Мікробіологія в сучасному сільськогосподарському виробництві: мат. сьомої наук. конф. молодих вчених*, 21 вересня 2010 р. Чернігів: ЧЦНТІ, 2010. С. 14–17.
72. 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, т. 76. URL: http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/dopovidi2018.06.012/1 0648
73. Притуляк Р., Кутний В., Лазарук О., Майструк С., Чорний В. Мікробіологічна активність ґрунту в посівах тритикале озимого за дії біологічно активних речовин. *Вітчизняна наука на зламі епох: проблеми і перспективи розвитку: Матеріали XXVIII Всеукраїнської науково-практичної інтернетконференції*. Переяслав-Хмельницький, 2016. 371 с.
74. Abou-Aly H. E. Reduction of heavy metals bioaccumulation in sorghum and its rhizosphere by heavy metals-tolerant bacterial consortium. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology. 2021. Vol. 31. DOI: 10.1016/j.bcab.2021.101911
75. Dhavi F., Datta R., Ramakrishna W. Mycorrhiza and PGPB modulate maize biomass, nutrient uptake and metabolic pathways in maize grown in miningimpacted soil. Plant Physiology and Biochemistry. 2015. Vol. 97. P. 390–399. DOI: 10.1016/j.plaphy.2015.10.028
76. Vimal S. R., Singh J. S., Arora N. K., Singh S. Soil-plant-microbiome interactions in stressed agriculture management: a review. Pedosphere. 2017. Vol. 27, № 2. P. 177–192. DOI: 10.1016/S1002-0160(17)60309-6

77. Kuppardt A., Fester T., Härtig C., Chatzinotas A. Rhizosphere Protist Change Metabolite Profiles in Zea mays. Frontiers in Microbiology. 2018. Vol. 9. DOI: 10.3389/fmicb.2018.00857
78. Khanghahi M. Y., Crecchio C. Verbruggen E. Shifts in the Rhizosphere and Endosphere Colonizing Bacteria Communities Under Drought and Salinity Stress as Affected by a Biofertilizer Consortium. Microbial Ecology. 2021. DOI: 10.1007/s00248-021-01856-y 148
79. Nautiyal C. S. Plant growth-promoting bacteria Bacillus amyloliquefaciens NBRISN13 modulates gene expression profile of leaf and rhizosphere community in rice during salt stress. Plant Physiology and Biochemistry. 2013. Vol. 66. P. 1–9. DOI: 10.1016/j.plaphy.2013.01.020
80. Івасюк Ю. І., Карпенко В. П., Притуляк Р. М. Біологічна активність ґрунту в агроценозі сої за роздільного та інтегрованого застосування гербіциду і біологічних препаратів. *Наукові доповіді НУБіП*. 2016. № 2. URL: http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/7227/7006
81. Грицаєнко З. М., Оратівська С. А. Активність ризосферної мікробіоти за дії гербіциду та біологічних препаратів у посівах гороху. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2015. Вип. 1. С. 27–31.
82. Бородай В. В., Сафронова Л. А., Захарчук Н. А., Марценюк Я. Ю. Мікробіота ґрунту за дії препаратів Фітосубтил та Інтраселл® в агроценозі картоплі. *Біологічні процеси оптимізації продукційного процесу культурних рослин: матеріали Всеукраїнської науково-практичної онлайн-конференції, присвяченої 60-річчю ІСМАВ НААН* (м. Чернігів, 26–27 жовтня 2021 р.). С. 52–54.
83. Заярна О. Ю. Ефективність застосування біопрепаратів і регуляторів росту рослин проти кореневих гнилей ячменю ярого. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2011. №2. С. 174–177.

84. Біловус Г.Я., Ващишин О. А., Пристацька О. Н., Добровецька М. Р. Застосування біологічних препаратів для обмеження розвитку грибних хвороб в агроценозі пшениці озимої. *Біологічні процеси оптимізації продукційного процесу культурних рослин: матеріали Всеукраїнської науково-практичної онлайн-конференції, присвяченої 60-річчю ІСМАВ НААН* (м. Чернігів, 26–27 жовтня 2021 р.). С. 81–83.
85. Задоржний В. С., Карасевич В. В., Свитко С. М., Лабунець А. В., Князюк О. В. Ефективність біологічних препаратів на посівах сої. *Корми і кормовиробництво. Міжвідомчий тематичний науковий збірник*. Вінниця «Видавництво–друкарня Діло». Вип 87. 2019. С.70–78.
86. Вожегова Р. А., Заєць С. О., Фундират К. С., Онуфран Л. І., Юзюк С. М. Ефективність біологічних і хімічних фунгіцидів у боротьбі зі збудниками грибних хвороб на посівах ячменю озимого в умовах зрошення. *Вісник аграрної науки*. 2021. №11 (824). С. 67–74.
87. Хоменко Т. О., Тонха О. Л. та Пузняк О. М. Вплив біологічних препаратів на розвиток хвороб картоплі в умовах Ззахідного Полісся. *Біологічні процеси оптимізації продукційного процесу культурних рослин: матеріали Всеукраїнської науково-практичної онлайн-конференції, присвяченої 60-річчю ІСМАВ НААН* (м. Чернігів, 26–27 жовтня 2021 р.). С. 115–117.
88. Швидченко К. Р., Башта О. В., Гентош Д. Т. Застосування біологічних препаратів у захисті ехінацеї пурпурової від плямистостей листя. *Біологічні процеси оптимізації продукційного процесу культурних рослин: матеріали Всеукраїнської науково-практичної онлайн-конференції, присвяченої 60-річчю ІСМАВ НААН* (м. Чернігів, 26–27 жовтня 2021 р.). С. 118–120.
89. Власюк О. С., Ковальчук Н. В. Біопрепарати на посівах ярих пшениці та ячменю. *Біологічні процеси оптимізації продукційного процесу культурних рослин: матеріали Всеукраїнської науково-практичної*

*онлайн-конференції, присвяченої 60-річчю ІСМАВ НААН* (м. Чернігів, 26–27 жовтня 2021 р.). С. 128–130.

90. Карпенко В. П., Бойко Я. О., Шутко С. С., Притуляк Р. М. Активність ризосферної мікробіоти гороху озимого за комбінованої дії гербіциду і біологічних препаратів. *Вісник УНУС*. 2020. №2. С. 52–55.
91. Грицюк Н. Вплив біологічних препаратів на мікрофлору насіння та ростові параметри жита озимого. *Всеукраїнська науково-практична конференція «Екологобезпечні технології в рослинництві в умовах воєнного стану»*. (Київ-Сквира, 10 серпня 2022 року). С. 48–52.
92. Мосійчук І. І., Безноско І. В., Горган Т. М., Гаврилюк Л. В., Мінералова В. О. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2022. №2. С. 39–49.
93. Поспєлова Г. Д., Бараболя О. В., Морозова О. О. Вплив біологічних препаратів на фітосанітарний стан насіння сої. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. №4. С. 37–42.
94. Теличко Л. П. Схожість та епіфітна мікофлора насіння цукрової кукурудзи за умови дії біологічних та хімічних засобів захисту. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. №4. С. 37–42.
95. Марченко К. Ю. Чисельність окремих груп мікробіоти ризосфери вівса голозерного за використання біологічних препаратів. *Вісник уманського національного університету садівництва*. 2021. №2. С. 37–41.
96. Притуляк Р., Кутний В., Лазарук О., Майструк С., Чорний В. Мікробіологічна активність ґрунту в посівах тритикале озимого за дії біологічно активних речовин. *Вітчизняна наука на зламі епох: проблеми і перспективи розвитку: Матеріали XXVIII Всеукраїнської науково-практичної інтернетконференції. Переяслав-Хмельницький*, 2016. 371 с.
97. Чуб А. О., Терновий Ю. В., Городиська І. М., Ліщук А. М. Ефективність біопрепаратів за виробництва органічного насіння сої. *Агроекологічний журнал.* 2019. №2. С. 42–49.

98. Зубчатов С. Р., Сафронова Л. А. Біологічний метод – основа органічного землеробства. *Посібник українського хлібороба*. 2016. № 1. С. 259–264.
99. Городиська І. М., Плаксюк Л. Б., Чуб А. О. Використання біопрепаратів за умов органічного виробництва сої. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 9. С. 73–78.
100. Городиська І. М., Терновий Ю. В., Чуб А. О. Роль біологічних препаратів у органічному землеробстві. *Збалансоване природокористування*. 2018. № 2. С. 54–58.
101. Грицаєнко З. М., Пономаренко С. П., Карпенко В. П., Леонтюк І. Б. Біологічно активні речовини в рослинництві. К., ЗАТ «НІЧЛАВА». 2008. 352 с.
102. Грицаєнко З. М., Заболотна А. В. Активність ферментів антиоксидантних систем в рослинах пшениці ярої при застосуванні гербіциду Лінтуру та стимулятора росту Емістиму С. *Зб. наук. праць Уманського НУС*. 2010. Вип. 73. С. 24–29.
103. 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.
104. 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.], n. 6 (76), гру. 2018. ISSN 2223-1609.
105. Заболотна А. В., Заболотний О. І., Даценко А. А. Чиста продуктивність фотосинтезу та врожайність кукурудзи за умов використання гербіциду Стеллар. *Зрошувальне землеробство. Збірник наукових праць*. 2021. №75. С. 29–33.
106. Krasnoshtan V., Karpenko V., Prytuliak R., Leontiuk I., Datsenko A. Lipoperoxidation Processes in Grain Sorghum under the Effect of a Herbicide, Plant Growth Regulator, and a Biopreparation. Scientific Horizons. 2021. Vol. 24. № 9. P. 115–121.

107. Заболотний О. І., Заболотна А. В., Леонтюк І. Б., Розборська Л. В., Голодрига О. В. Основні фізіологічні процеси у рослинах кукурудзи за внесення гербіциду Стеллар, в.р. *Агробіологія*. Біла Церква, 2018. №1 (138). С. 128–136.
108. Kyslynska A. S., Tsekhmister H. V. Chaetomium cochliodes 3250 influence on buckwheat plants. *Біологічні процеси оптимізації продукційного процесу культурних рослин: матеріали Всеукраїнської науково-практичної онлайн-конференції, присвяченої 60-річчю ІСМАВ НААН* (м. Чернігів, 26–27 жовтня 2021 р.). С. 149–150.
109. Буняк Н. М., Москалець В. В., Москалець Т. З., Москалець В. І. Реакція сортів тритикале озимого на передпосівну бактеризацію насіння. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2011. № 14. С. 32–40.
110. Лябах С. Посівні якості та показники продуктивності соняшнику великоплідного залежно від обробки препаратом Грейнактив-С. *Всеукраїнська науково-практична конференція «Екологобезпечні технології в рослинництві в умовах воєнного стану»*. (Київ-Сквира, 10 серпня 2022 року). С. 101–105.
111. Стародуб В., Тернова Є.. Ефективність використання біопрепарату на основі водоростей *Ascophyllum nodosum* при інокуляції насіння соняшнику. *Всеукраїнська науково-практична конференція «Екологобезпечні технології в рослинництві в умовах воєнного стану»*. (Київ-Сквира, 10 серпня 2022 року). С. 126–128.
112. Карпенко В. П., Притуляк Р. М., Даценко А. А. Формування площі листкового апарату й урожайності посівів гречки в умовах Правобережного Лісостепу України. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2020. №1. 17–20.
113. Карпенко В. П., Притуляк Р. М., Даценко А. А. Продуктивність посівів гречки за дії біологічних препаратів. *Збірник Уманського національного університету садівництва*. 2020. №1. 17–20.

114. Каленська С. М., Новицька Н. В., Джемесюк О. В. Формування площі листкової поверхні сої під впливом інокуляції та підживлення. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2016. №3. С. 6–10.
115. Короткова І. В., Горобець М. В., Чайка Т. О. Вплив стимуляторів росту на продуктивність сортів ячменю ярого. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. №2. С. 20–30.
116. Пида С. В, Тригуба О. В., Григорюк І. П. Дія бактеріальних препаратів та регуляторів росту рослин на фотосинтетичний апарат люпину білого (lupinus albus L. ). *Біоресурси і природокористування*. 2014. №1–2 (6) С. 12–18.
117. Гавій В. М., Кучменко О. Б., Терещенко О. О. Вплив біопрепарату Поліміксобактерин та імунопротектора BAI-SI на вміст фотосинтетичних пігментів і урожайність кукурудзи. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2019. 95(1). С. 65–75.
118. Шадчина Т. М., Гуляєв Б. І., Кірізій Д. А. та ін. Регуляція фотосинтезу і продуктивність рослин: фізіологічні та екологічні аспекти. К.: Фітосоціоцентр, 2006. 384 с.
119. Калитка В. В., Карпенко К. М. Вплив регулятора росту АКМ на пігментний комплекс та фотосинтетичну продуктивність рослин помідора. *Науковий вісник НУБіП*. 2013. 183(1). С. 72–77.
120. Scheer H. Chlorophylls and carotenoids. Encyclopedia of Biological Chemistry. 2004. P. 430–437.
121. Паламарчук В. Д. Вплив позакореневих підживлень на вміст хлорофілу у гібридів кукурудзи різних груп стиглості. *Сільське господарство та лісівництво: зб. наук. пр. ВНАУ*. 2019. № 14. С. 43–53.
122. Курило В. Л., Григоренко Н. О., Марчук О. О. Вміст та співвідношення пластидних зелених пігментів у листках рослин сорго цукрового залежно від впливу елементів живлення та гербіцидів. *Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2014. Вип. 22. С. 71–74.

123. Ященко С. А., Грабовська Т. О., Грабовський М. Б., Слободенюк О. І. Ефективність біопрепарату Ентеронормін на ранніх етапах онтогенезу рослин пшениці озимої. *Агроекологічний журнал*. 2019. №2. С. 50–54.
124. Вінюков О. О., Чугрій Г. А., Поплевко В. І., Шульц П.С., Скнипа Н. Л. Вплив мікробіологічних препаратів на фізіологічні процеси формування зернової продуктивності пшениці озимої. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2022. №2. С. 12–20.
125. Карпенко В. П., Красноштан В. І. Вміст пігментів у листках сорго зернового за дії гербіциду Цитадель 25 OD, регулятора росту рослин Ендофіт L1 і біопрепарату Біоарсенал. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2020. №2. С. 14–18.
126. 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
127. Ткаліч Ю., Кохан А. Фізіологічно активні речовини в технології вирощування соняшнику. *Пропозиція*. 2011. № 5. С. 86–87.
128. 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.
129. Левішко А., Гуменюк І., Шерстобоєва О. Вплив обробки насіння штамами *Bradyrhizobium japonicum* на розвиток рослин та інтенсивність фотосинтетичних процесів сої. *Всеукраїнська науково-практична конференція «Екологобезпечні технології в рослинництві в умовах воєнного стану»*. (Київ-Сквира, 10 серпня 2022 року). С. 93–95.
130. Мальцева Н. М., Гаєвський А. П., Дерев'янко К. Ю. Вплив біологічно активних речовин та їх композицій на вміст фотосинтетичних пігментів у листках озимої пшениці в умовах дефіциту фосфору. *Фізіологія и біохімія культурних рослин*. 2011. Т. 43. № 5. С. 403–411.

131. Карпенко В. В., Шутко С. С. Вміст хлорофілу і фотосинтетична продуктивність рослин соризу за використання гербіциду Пік 75 wg і регулятора росту рослин Регоплант. *Збірник Уманського національного університету садівництва*. 2018. Вип. 93. Ч.1. С. 23–32.
132. Гавій В. М., Приплавко С. О. Формування асиміляційного апарату озимої пшениці сорту Ювівата за дії синтетичних регуляторів росту. *Наук. Зап. Терноп. Нац. Пед. Ун-ту. Сер. Біол*., 2019, № 1 (75). С. 116–120.
133. Кур'ята В. Г., Рогач В. В., Кушнір О. В. Морфофізіологічні особливості формування листкового апарату перцю солодкого за дії гібереліну та фолікуру. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2017. Вип. 2 (94). С. 86–92. 17.
134. Кур'ята В. Г., Ходаніцька О. О. Особливості морфогенезу і продукційного процесу льону-кучерявцю за дії хлормекватхлориду і трептолему. *Фізіологія та біохімія культ. рослин*. 2012. № 6 (44). С. 522–528.
135. Кур'ята В. Г., Поливаний С. В. Потужність фотосинтетичного апарату та насіннєва продуктивність маку олійного за дії ретарданту Фолікуру. *Фізіологія рослин та генетика*. 2015. № 4 (47). С. 313–320.
136. Заболотна А. В., Заболотний О. І., Розборська Л. В., Жиляк І. Д., Даценко А. А. Вміст пігментів і чиста продуктивність фотосинтезу кукурудзи за використання регуляторів росту рослин. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. Серія «Агрономія і біологія». 2021. № 4 (46). С. 9–15.
137. 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.

138. 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.
139. Калінін О. В., Колесніков М. О. Сумісний вплив біостимуляторів та мікробіологічного препарату Азотофіт на формування фотоасиміляційного апарату Pisum Sativum L. *Інноваційні аспекти виробництва плодоовочевої продукції: матеріали Міжвузівської студентської науково-практичної конференції*. Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Lux», 2019. С. 90– 93.
140. Карпенко В. П., Шутко С. С. Ферментативна активність рослин соризу за використання гербіциду і регулятора росту рослин. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2018. №2. С. 68–72.
141. Карпенко В. П., Марченко К. Ю. Активність антиоксидантних ферментів у рослинах вівса голозерного за дії мікробного препарату і регулятора росту рослин. *Збірник Уманського національного університету садівництва*. 2020. Вип. 96. Ч. 1. С. 9–23.
142. 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.
143. Карпенко В. П., Павлишин С. В. Активність антиоксидантних ферментів у рослинах пшениці полби звичайної за дії гербіциду Пріма Форте 195 і регулятора росту рослин Вуксал БІО Vita. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2018. № 3 (99). С.61–65.
144. Леонтюк І. Б., Голодрига О. В., Заболотний О. І. Влив інокуляції насіння на активність антиоксидантних ферментів класу оксидоредуктаз пшениці озимої та сої. *Вісник Уманського НУС*. №2. 2014. С. 90–95.

145. Грицаєнко З. М., Притуляк Р. М. Активність окисно-відновних ферментів у рослинах озимого тритикале при застосуванні двокомпонентних гербіцидів без і сумісно з біостимулятором Біоланом. *Збірник наукових праць Уманського ДАУ*. Умань. 2008. Вип. 67. Ч. 1. С. 30–36.
146. Грицаєнко З. М., Карпенко В. П. Активність окисно-відновних ферментів в рослинах ярого ячменю з підсівом і без підсіву конюшини при дії гербіцидів. *Зб. наук. праць Уманської ДАА*. Умань. 1998. С. 87–89.
147. Чернега А. О., Карпенко В. П., Притуляк Р. М. Активність окремих антиоксидантних ферментів класу оксидоредуктаз за дії гербіциду Калібр 75 і регулятора росту Біолан. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. Умань. 2013. Вип. 83. С. 19–25.
148. Заболотний О. І., Заболотна А. В. Вплив застосування гербіциду «Бату», в.г. та рістрегулятора «Регоплант» на реакції перокисного окиснення ліпідів і активність ферментів класу оксидоредуктаз. *Таврійський науковий вісник*. Вип. 111. Херсон: Видавничий дім «Гельветика», 2020. С. 77–82.
149. Lincoln Taiz, Eduardo Zeiger. Taiz Lincoln Plant physiology. Sinuaer Associates. Inc. Publishers. 3 rd ed. 2002. 674 p.
150. Грицаєнко З. М., Заболотний О.І. Вплив Базису 75 і фізіологічно активних речовин на анатомічну будову кукурудзи. *Зб. наук. пр. Уманського ДАУ «Основи формування продуктивності сільськогосподарських культур за інтенсивних технологій вирощування*. 2008. С. 102–109.
151. Заболотний О. І., Заболотна А. В., Голодрига О. В., Розборська Л. В., Леонтюк І. Б. Розміри листкової поверхні та особливості анатомічної структури епідермісу кукурудзи за умов застосування гербіциду Бату, в.г. *Таврійський науковий вісник*. Вип.107. Херсон: Видавничий дім «Гельветика», 2019. С. 45–51.

152. Карпенко В. В., Шутко С. С., Гнатюк М. Г. Анатомо-морфологічні зміни листкової поверхні соризу за використання біологічно активних речовин. *Збірник Уманського національного університету садівництва*. 2019. Вип. 94. Ч. 1. С. 264–274.
153. Khan N., Bano A., Zandi P. Effects of exogenously applied plant growth regulators in combination with PGPR on the physiology and root growth of chickpea (Cicer arietinum) and their role in drought tolerance. Journal of Plant Interactions. 2018. Vol. 13, № 1. P. 239–247. DOI: 10.1080/17429145.2018.1471527
154. Panfili I. Application of a plant biostimulant to improve maize (Zea mays) tolerance to Metolachlor. Journal of agricultural and food chemistry. 2019. Vol. 67. № 44. P. 12164–12171. DOI: 10.1021/acs.jafc.9b04949.
155. Карпенко В. П., Притуляк Р. М., Мостов'як І. І. Анатомічна структура епідермісу листків тритикале озимого за дії гербіцидів Пріма і Пума супер та їх бакових сумішей з регулятором росту рослин Біолан. *Сучасні проблеми біології, екології та хімії: Сучасні проблеми біології, екології та хімії: збірка матеріалів III Міжнародної конференції, присвяченої 25-річчю біологічного факультету ЗНУ*. Запоріжжя, 2012. С. 21–22.
156. Karpenko V., Boiko Y., Prytuliak R., Datsenko A., Shutko S., Novikova T. Anatomical changes in the epidermis of winter pea stipules and their area under usage of herbicide, stimulator of plant growth and microbial preparation. Agronomy Research. 2021. Vol. 19, № 2. P. 472–483.
157. Beznosko I., Gorgan T., Gavrilyuk L., Turovnik Y., Kosovska N. The pathogenic mycobium in seeds of cultural plant varieties. Agroecological Journal. 2021. №1. P. 81–87. doi: 10.33730/2077- 4893.1.2021.227242
158. Calvo P., Nelson L., Kloepper J. W. Agricultural uses of plant biostimulants. Plant and Soi. 2014. №383 (1–2). P. 3–41. doi: 10.1007/s11104-014-2131-8
159. Коваленко А. М. Тимошенко Г. З., Новохижній М. В. Ефективність застосування мікробних препаратів в умовах природного зволоження на

посівах ячменю ярого за різних способів обробітку грунту. З*рошуване землеробство*. 2014. Вип. 62. С. 50–52.

160. Грабовська Т. О., Мельник Г. Г. Вплив біопрепаратів на продуктивність пшениці озимої за органічного виробництва. Агробіологія. 2017. №1. С. 80–85.
161. Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика [Волкогон В.В., Надкернична О.В., Ковалевська Т.М. та ін.]; за ред. В.В. Волкогона. К.: Аграрна наука, 2006. 312 с.
162. Комок М. С. Ефективність мікробних препаратів при вирощуванні сої. *Агрохімія і грунтознавство: міжвід.тем.наук.зб. Спец. випуск до VIII з'їзду УТГА*. Харків : ПП "Рута", 2010. Книга третя. С. 319–321.
163. Бондарева О. Б., Вінюков О. О., Коноваленко Л. І. Ефективність мікробних препаратів при вирощуванні ячменю ярого в південно-східному промисловому регіоні. *Матеріали VIII наук. конф. молод.вчен." Мікробіологія в сучасному сільськогосподарському виробництві"*. Чернігів, 2012. С. 31–33.
164. Мозирська Н. В, Деркач В. В. Україні зареєстровано перший вітчизняний мікробіологічний препарат для рослинництва Клепс. *Пропозиція*. 2001. № 10. С. 60–61.
165. Коваленко А. М., Коваленко А. О., Пілярський В. М. Урожайність культур короткоротаційної сівозміни за умов застосування мікробних препаратів у Південному Степу. *Аграрні іноваційї*. 2020. №1. С. 52–56.
166. Вінюков О. О., Бондарева О. Б., Сіпун О. Л., Мамєдова Е. І. Сучасні органічні технології – шлях екологізації сільськогосподарського виробництва. *Аграрний вісник Півдня.* 2014. Вип. 1. С. 74–78.
167. Біологічні препарати, насіння зернових і зернобобових культур та насіннєва картопля Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН. Чернігів, 2018. С. 3–19.

168. Макуха О. В. Вплив біопрепаратів на ріст і розвиток сортів ячменю ярого в умовах Півдня України. *Таврійський науковий вісник*. 2019. №108. С. 63–71.
169. Волкогон В. В., Надкернична О. В., Ковалевська Т. М. Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика. К.: Аграрна наука. 2006. 312 с.
170. Козар С. Ф. Біологічна ефективність комплексного застосування мікробних препаратів. *Сільськогосподарська мікробіологія: міжвід. темат. наук. зб.* 2005. Вип. 1-2. С. 86–94.
171. Чайковська Л. О., Баранська М. І., Овсієнко О. Л. Регулювання активності мікрофлори чорнозему південного в ризосфері озимої пшениці за впливу фосфатмобілізуючих бактерій. *Науковий вісник НУБіПУ*. К., 2009. Вип. 140. С. 110–115.
172. Шувар А. М., Беген Л. Л., Дорота Г. М., Тимків М. Ю. Застосування біологічних препаратів в органічній технології вирощування пшениці озимої. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2020. Вип. 67 (I). С. 143–155.
173. Глубокий О. М., Попов С. І. Продуктивність гороху на зерно залежно від способів застосування біопрепаратів. *Біологічні процеси оптимізації продукційного процесу культурних рослин: матеріали Всеукраїнської науково-практичної онлайн-конференції, присвяченої 60-річчю ІСМАВ НААН* (м. Чернігів, 26–27 жовтня 2021 р.). С. 133–134.
174. Квасніцька Л. С. та Войтова Г. П. Ефективність застосування біологічно активних препаратів на посівах люцерни посівної на насіння. *Біологічні процеси оптимізації продукційного процесу культурних рослин: матеріали Всеукраїнської науково-практичної онлайн-конференції, присвяченої 60-річчю ІСМАВ НААН* (м. Чернігів, 26–27 жовтня 2021 р.). С. 147–148.
175. Колісник С. І., Антонів С. Ф., Запрута О. А. Ефективність дії біологічних препаратів на продуктивність та посівні якості насіння лядвенцю

рогатого. *Біологічні процеси оптимізації продукційного процесу культурних рослин: матеріали Всеукраїнської науково-практичної онлайн-конференції, присвяченої 60-річчю ІСМАВ НААН* (м. Чернігів, 26–27 жовтня 2021 р.). С. 154–156.

176. Чинчик О. С., Оліфирович С. Й., Оліфирович В. О., Кравченко В. С. Застосування мікробних препаратів у технології вирощування зернобобових культур. *Збірник Уманського національного університету садівництва*. 2019. Вип. 95. Ч. 1. С. 207–216.
177. Чинчик О. С., Оліфирович С. Й., Оліфирович В. О., Третьякова С. О. Перспективи біологізації вирощування зернобобових культур в Україні. *Збірник Уманського національного університету садівництва*. 2019. Вип. 94. Ч. 1. С. 198–207.
178. Krutylo D. V., Ushakova M. A. Efficiency of biological preparations based on a new strain of rhizobium phaseoli FB1 when growing beans. *Біологічні процеси оптимізації продукційного процесу культурних рослин: матеріали Всеукраїнської науково-практичної онлайн-конференції, присвяченої 60-річчю ІСМАВ НААН* (м. Чернігів, 26–27 жовтня 2021 р.). С. 162–164.
179. Кравчук Ю., Левішко А., Гуменюк І. Дослідження впливу застосування біопрепарату Хатаке (Hatake) на посівах кукурудзи. *Всеукраїнська науково-практична конференція «Екологобезпечні технології в рослинництві в умовах воєнного стану»*. (Київ-Сквира, 10 серпня 2022 року). С. 84–85.
180. Гавій В. М., Приплавко С. О., Коваленко С. О. Вплив передпосівної обробки насіння біопрепаратами на окремі фізіологічні показники сої і її продуктивність. *Збірник Уманського національного університету садівництва*. 2019. Вип. 94. Ч. 1. С. 232–239.
181. Шепілова Т. П. Вплив біопрепаратів на продуктивність сої у Північному Степу України. *Збірник Уманського національного університету садівництва*. 2019. Вип. 94. Ч. 1. С. 255–264.

182. Григор’єва О. М., Григор’єва Т. М., Ліман П. Б., Токмакова Л. М. Вплив мікробних препаратів на продуктивність зернових культур у північному Степу України. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2012. Вип. 15-16. С. 49-57.
183. Новицька Н. В., Джемесюк О. В. Формування урожайності сої під впливом інокуляції та підживлення. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2017. № 1–2. С. 43–47.
184. Гамаюнова В. В., Панфілова А. В. Окупність сумісного використання добрив та біопрепаратів на пшениці озимої в південному степу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2019. № 1. С. 41–48.
185. Гунчак М. В., Собко В. І., Романова С. А., Грищенко О. М. Вплив біопрепарату Філазоніт на родючість ґрунту та врожайність сільськогосподарських культур. *Агроекологічний журнал*. 2022. №3. С. 126–135.
186. Токмакова Л. М., Шевченко Л. А. Вплив Поліміксобактерину на продуктивність кукурудзи за різного способу застосування. *Агроекологічний журнал*. 2019. №1. С. 80–84.
187. Колесніков М. О., Євстафієва К. С. Вплив біопрепарату Стимпо на процеси формування врожайності сортів пшениці м'якої озимої. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2017. №2. С. 29–32.
188. Євстафієва К. С., Колесніков М. О. Вплив препарату Регоплант на проростання насіння пшениці озимої в умовах різноякісного засолення. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2017. №2. С. 25–28.
189. 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.

190. Дідович С. В., Толкачов М. З., Бутвіна О.Ю. Ефективність симбіотичної азотфіксації в агроценозах України. *Сільськогосподарська мікробіологія: Міжвід. темат. наук. зб*. Чернігів. 2008. Вип. 8. С. 117–125.
191. Василенко М. Г., Стадник А. П., Душко П. М., Драга М. В., Кічігіна О. О., Зацарінна Ю. О., Перець С. В. 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
192. 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.
193. Василенко М. Г., Драга М. В., Зацаринна Ю. А., Бакай І. Д. Регулятори росту рослин природного походження на посівах пшениці ярої в умовах Північного Лісостепу України. *Агроекологічний журнал*. 2014. № 4. С. 64–69.
194. Патика В. П., Мельничук Т. М. Мікробні біотехнології ризосфери овочевих культур. *Імунологія та алергологія: наука і практика*. Київ. 2014. № 1. С. 20–21.
195. Карпенко В. П., Мостов'як І. І., Притуляк Р. М. [та ін.]. Хвороби сочевиці: монографія. За редакцією В. П. Карпенка. Умань: Видавець «Сочінський М. М.». 2021. 112 с.
196. Шерстобоєва О. В. Вплив інтродукції агрономічно корисних штамів мікроорганізмів на мікробне угрупування ризосфери рослин. *Мікробіологічний журнал*. Київ. 2003. Т. 65. № 6. С. 43–48.
197. Pyder M. H., Brisban P. G., Rovira A. D. Mechanism in the biological control of take: all of wheat be rizosphere bacteria. Biological control of soil: borne plant pathogens. Camвridge. 1990. P. 123–130.

198. Alieksieiev O. O., Patyka V. F. Influence of biological products on the microbium soil in the rhizosphere of Glycine max (L.) Merr. Science and World. International scientific journal. 2016. № 12 (40) Vol. II. P. 54–58.
199. Мацай Н. Ю. Зміни мікробіологічної активності ґрунту при використанні біопрепарату на основі асоціативних азотфіксуючих бактерій. *Імунологія та алергологія*: *наука і практика*. 2014. № 1. С. 70–71.
200. Іутинська Г. О. Шляхи регулювання функцій мікробних угрупувань ґрунту в аспекті біологізації землеробства і стійкого розвитку агроекосистем. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2006. Вип. 3. С. 7–18.
201. Грицаєнко З. М., Чернега А. О. Мікробіологічна активність ризосфери ячменю озимого за дії гербіциду Калібру 75 й регулятора росту Біолану. *Тези доповідей XII З'їзду Товариства Мікробіологів України ім. С. М. Виноградського*, 25 –30 травня. Ужгород. 2009. С. 156.
202. Ситник О. І. Регіональні особливості температурного режиму перехідної смуги Правобережного Лісостепу і Степу України. *Наук.зап. Вінницького держ.пед.ун-ту. Сер.: Географія*. Вінниця, 2009. Вип. 19. С. 29–34.
203. Господаренко Г. М., Любич В. В., Черно О. Д. Вплив вапнування та мінеральних добрив на врожайність пшениці озимої на чорноземі опідзоленому. *Вісник Уманського НУС*. 2022. №1. С. 32–36.
204. МЕЛАНОРІЗ® (Мікориза). Режим доступу: btucenter.com/promisloviy-sektor/roslinnitstvo/biozhivlennya/melanoriz/
205. Перелік пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні: спец. випуск журн. «Пропозиція». К.: Юнівест медія. 2019. 1040 с.
206. БіоЗлак. Режим доступу: https://agrozahistnik.com.ua/ua/p864528203-biozlak-10l.html

207. Біофунгіцид Бактофіт. Режим доступу: https://agro.pl.ua/product/biofungicid-baktofit/
208. Тритикале озиме – Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва. Режим доступу: https://yuriev.com.ua/ru/katalog-produkcii/katalog/tritikale-ozime/elan/
209. Єгупова Т.В., Романюк П.В. Сучасні технології вирощування тритикале озимого в Правобережному Лісостепу. *Вісник аграрної науки*. 2020. №7 (808). С. 31–37.
210. Методики випробування і застосування пестицидів. С. О. Трибель, Д. Д. Сігарьова, М. П. Секун, О. О. Іващенко та ін. За ред. проф. С. О. Трибеля. К.: Світ, 2001. 448 с.
211. Методологія оцінювання стійкості сортів пшениці проти шкідників і збудників хвороб. С. О. Трибель, М. В. Гетьман, О. О. Стригун, Г. М. Ковалишина. За ред. проф. С. О. Трибеля. К.: Колообіг, 2010. 392 с.
212. 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.
213. Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. К.: ЗАТ «Нічлава». 2003. 320 с.
214. Lichtenthaler H. K. Chlorophylls and carotenoides – pigments of photosynthetic biomembrans. Methods in enzymology. 1987. V. 148. P. 350–382.
215. 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.
216. ДСТУ 4762:2007 Тритикале. Технічні умови [чинний від 2007-07-01]. Київ: Держспоживстандарт України. 2010. 15 с.

217. Медведовський О. К., Іваненко П. І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. К.: Урожай. 1991. 217 с.
218. Бахрушин В. Є. Методи аналізу даних: навчальний посібник. Запоріжжя: КПУ, 2011. 268 с.
219. Карпенко В. П., Білоножко В. Я., Притуляк Р. М., Полторецький С. П., Мостов'як І. І. Мікробіота листків і зерна ячменю ярого за дії гербіциду і біопрепарату. *Проблеми екологічної біотехнології*. 2012. № 2. С. 42–53.
220. Delcour I., Spanoghe P., Uyttendaele M. Literature review: Impact of climate change on pesticide use. Food Research International. 2015.V. 68. P. 7–15. doi: 10.1016/j.foodres.2014.09.030
221. Sahar Abdou Zayan. Impact of Climate Change on Plant Diseases and IPM Strategies. 2019. 10 p. doi: 10.5772/intechopen.87055
222. Вожегова Р. А., Коваленко А. М. Зміни клімату в південному регіоні та напрями адаптації землеробства до них. Посібник українського хлібороба «Адаптивне землеробство»: наук.-практ. щорічник. Київ: ТОВ «АКАДЕМПРЕС», 2013. Т. 1. С. 189–190.
223. Popp J., Károly P., Nagy J. Pesticide productivity and food security. A review. Agronomy for Sustainable Development, 2013. V. 33. P. 243–255.
224. Muyesaier Tudi, Huada Daniel Ruan, Li Wang et al. Agriculture Development, Pesticide Application and Its Impact on the Environment. Int J. Environ Res Public Health. 2021. V. 18(3). P. 1112. doi: 10.3390/ijerph18031112
225. Akladious S. A., Gomaa E. Z. and El-Mahdy O. M. Efficiency of bacterial biosurfactant for biocontrol of Rhizoctonia solani (AG-4) causing root rot in faba bean (Vicia faba) plants. European Journal of Plant Pathology. 2019. Vol. 153 (5). P. 1237–1257. DOI: https://doi.org/10.1007/s10658-018-01639-1.

226. Verweij P. E., Ananda-Rajah M., Andes D. et al. International expert opinion on the management of infection caused by azole-resistant Aspergillus fumigatus. Drug Resistance Updates. 2015. P. 21–40.
227. Warrilow A. G. S., Parker J. E., Price C. L. et al. In vitro biochemical study of CYP51-mediated azole resistance in Aspergillus fumigatus. Antimicrobial Agents and Chemotherapy. 2015. Vol. 59. P. 7771–7778.
228. Kalagatur N. K., Nirmal Ghosh O. S., Sundararaj N. and Mudili V. Antifungal activity of chitosan nanoparticles encapsulated with Cymbopogon martinii essential oil on plant pathogenic fungi Fusarium graminearum. Frontiers in Pharmacology. 2018. Vol. 9. P. 610. DOI: https://doi.org/10.3389/fphar.2018.00610.
229. Туровнік Ю. А., Безноско І. В., Гаврилюк Л. В., Мосійчук І. І. Агресивність гриба Alternaria alternata (fr.) Keiss за впливу гібридів соняшника та технологій його вирощування. *Збалансоване природокористування*. 2022. № 2. С. 93–99. DOI: 10.33730/2310-4678.2.2022.261257.
230. Біловус Г. Я., Ващишин О. А., Пристацька О. Н., Добровецька М. Р. Застосування біологічних препаратів для обмеження розвитку грибних хвороб в агроценозі пшениці озимої. *Біологічні процеси оптимізації продукційного процесу культурних рослин: матеріали Всеукраїнської науково-практичної онлайн-конференції, присвяченої 60-річчю ІСМАВ НААН* (м. Чернігів, 26–27 жовтня 2021 р.). С. 81–83.
231. Мозирська Н. В., Деркач В. В. Україні зареєстровано перший вітчизняний мікробіологічний препарат для рослинництва Клепс. *Пропозиція*. 2001. №10. С. 60–61.
232. Бунас А.А., Ткач Є.Д., Дворецький В.В., Дворецька О.М. Ефективність застосування препарату біосистем POWER, кс (Biosistem POWER, sc) для прискорення деструкції післяжнивних решток. *Агроекологічний журнал*. 2022. №3. С. 119–125.

233. Карпенко В.П., Притуляк Р.М., Чернега А.О. Розробка елементів біологізованих технологій вирощування сільськогосподарських культур з використанням регуляторів росту рослин і гербіцидів. Умань: Видавець «Сочінський». 2016. 358 с.
234. Bell I. R., Ives J. A., Wayne B. J. Nonlinear effects of nanoparticles: biological variability from hormetic doses, small particle sizes, and dynamic adaptive interactions // Dose-Response. 2013. Vol. 12(2). P. 202–232.
235. McNear Jr., D. H. The Rhizosphere – roots, soil and everything in between // Nature Education Knowledge. 2013. 4(3). P.1–20.
236. Mueller C. W., Carminati A., Kaiser C., Subke J-A. Gutjahr C. Editorial: rhizosphere functioning and structural development as complex interplaybetween plants, microorganisms and soil minerals. Front. Environ. Sci. 2019. Vol. 7. P. 1–3.
237. Odelade K. A., Babalola O. O. Bacteria, fungi and archaea domains in rhizospheric soil and their effects in enhancing agricultural productivity. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2019. Vol. 16(20). P. 1–19.
238. Prashar P., Kapoor N., Sachdeva S. Rhizosphere: its structure, bacterial diversity and significance. Reviews in Environmental Science and Bio-Technology. 2013. Vol. 13(1). P. 63–77.
239. Гончар А.М., Тонха О.Л., Патика М.В. Варіабельність мікробіому ризосфери пшениці озимої в процесі онтогенезу. *Біологічні процеси оптимізації продукційного процесу культурних рослин: матеріали Всеукраїнської науково-практичної онлайн-конференції, присвяченої 60-річчю ІСМАВ НААН* (м. Чернігів, 26–27 жовтня 2021 р.). С. 60–62.
240. Brahmaprakash G. P., Sahu P. K., Lavanya G., Nair S. S., Gangaraddi V. K., Gupta A. Microbial functions of the rhizosphere. Plant-Microbe Interactions in Agro-Ecological Perspectives. 2017. P. 177–210.
241. Duke S. O., Lydon J., Koskinen W. C., Moorman T. B., Chaney R. L., Hammerschmidt R. Glyphosate effects on plant mineral nutrition, crop

rhizosphere microbiota, and plant disease in glyphosate-resistant crops. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2012. Vol. 60(42). P. 10375–10397.

242. Luster J., Finlay R. Handbook of methods used in rhizosphere research. Birmensdorf, Swiss Federal Research Institute WSL. 2006. 536 p.
243. Mendes R., Garbeva P., Raaijmakers J. M. The rhizosphere microbiome: significance of plant beneficial, plant pathogenic, and human pathogenic microorganisms. FEMS Microbiology Reviews. 2013. Vol. 37(5). P. 634–663.
244. Мошинець О.В., Косаківська І.В. Екологія фітосфери: Рослинно-мікробні взаємовідносини. Структурно-функціональна характеристика ризо-, ендо- та філосфери. *Вісник Харківського національного аграрного університету*. 2010. Вип. 2. С. 19–35.
245. Van Bensburg L. J., De Kock M. J., Van Bensburg A. J. Antibiotic resistance and RR. Factors in Klebsiella pneumoniae. S. Atr. Med. J. 1995. V. 49. № 4. P. 1876–1878.
246. Циганкова В.А., Андрусевич Я.В., Білявська Л.О. та ін. Рістстимулюючі, фунгіцидні і нематоцидні властивості нових субстанцій мікробного походження та їх вплив на синтез малих si/mi РНК в клітинах рослин. *Мікробіологічний журнал*. 2012. № 6. С. 36–45.
247. 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), 17–26. https://doi.org/10.24326/as.2021.2.2
248. Карпенко В. П., Шутко С. С. Чисельність мікробіоти ризосфери соризу за використання гербіциду й регулятора росту рослин. *Таврійський науковий вісник*. Херсон. 2018. № 102. С. 46–52.
249. Патика В. П., Коць С. Я., Волкогон В. В.. Біологічний азот. К.: Світ, 2003. 424 с.

250. Bashan Y., Holguin G., De–Bashan L. Azospirillum – plant relationship: physiological, molecular, agricultural and environmental advances. Appl. Environ. Microbial. 2004. №8. P. 521–577.
251. Андріюк К. І., Іутинська Г. О., Антипчук А. Ф. Функція мікробних угруповань ґрунту в умовах антропогенного навантаження. К.: Обереги, 2001. 239 с.
252. Копилов Є. П. Ґрунтові гриби як біологічний чинник впливу на рослини. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2012. №15–16. С. 7–28.
253. 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*. 2013. №83. С. 19–25.
254. Нижник Т.П., Григорюк І.П. Вплив Івіну і Потейтіну на пероксидне окиснення ліпідів, проникність мембран, активність антиоксидантних ферментів та продуктивність сортів картоплі в умовах посухи. *Фізіологія та біохімія культурних рослин*. 2006. Т 38. №3. С. 248 – 254.
255. Гришко В.М., Демура Т.А. Вплив регуляторів росту на стійкість проростків кукурудзи, розвиток процесів пероксидного окиснення ліпідів і вміст аскорбінової кислоти за сумісної дії кадмію і нікелю. *Фізіологія та біохімія культурних рослин*. 2009. Т. 41. № 4. С. 335–343.
256. Карпенко В. П. Активність окремих ферментів класу оксидоредуктаз у рослинах ячменю ярого за дії бакових сумішей гербіцидів і регулятора росту рослин. *Зб. наукових праць Уманського НУС*. 2010. Вип. 74. С. 64–71.
257. Притуляк Р. М. Біологічні особливості застосування гербіцидів і регулятора росту рослин на посівах тритикале озимого в умовах Лісостепу 143 України. Автореферат дис. на здоб. наук. ступеня канд. с-г. наук: спец. 03.00.12. – «Фізіологія рослин». Умань, 2009. 21 с.
258. Мельничук М. Л., Дьячкова О. О., Смирнова С. О. Зміни активності пероксидази рослин перцю та тютюну, інфікованих вірусом тютюнової

мозаїки. *Фізіологія і біохімія культурних рослин*. 2003. Т. 35. № 1. С. 43–47.

259. Біологічні основи інтегрованої дії гербіцидів і регуляторів росту рослин. [Карпенко В. П., Грицаєнко З. М., Притуляк Р. М. та ін.]; за ред. В. П. Карпенка. Умань: Видавець «Сочінський». 2012. 357 с.
260. Заєць С. О., Кисіль Л. Б. Фотосинтетична діяльність рослин і врожайність зерна ячменю озимого (Hordeum vulgare L.) Залежно від сорту, строків сівби та регуляторів росту. *Біоресурси і природокористування*. 2019. №1–2(11). С. 89–97.
261. Буйна О. І., Буйний О. В., Рогач В. В, Кур'ята В. Г. Вплив регуляторів росту рослин з протилежним напрямком дії на морфогенез, листковий апарат та продуктивність томатів. *Таврійський науковий вісник*. 2018. № 1 (100). С. 14–24.
262. Рудник-Іващенко О. І. Продуктивність фотосинтезу в рослин проса за фазами його розвитку на різних фонах мінерального живлення. *Наукові доповіді НУБіП*. 2009. № 3 (15). С. 110.
263. 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
264. 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.
265. Asada K. Radical production and scavenging in the chloroplasts. Photosynthesis and the Environment. Netherlands. Kluver Acad. Publ. 1996. P. 123–150.
266. Карпенко В. П., Бойко Я. О. Стан пігментної системи гороху озимого за використання гербіциду МаксіМокс, регулятора росту рослин Агріфлекс Аміно та мікробного препарату Оптімайз Пульс. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 106. С. 79–87.

267. 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.
268. Грицаєнко З. М., Даценко А. А.Формування пігментного комплексу листкового апарату гречки за дії біологічних препаратів. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2015. № 5. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2015_5_12
269. Карпенко В.П., Мостов'як І.І., Даценко А.А., Притуляк Р.М., Заболотний О.І. Вміст фотосинтетичних пігментів у листках гречки за дії біологічних препаратів. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка*. Серія: Біологія. 2021. Т. 81, № 1–2. С. 83–89.
270. 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.
271. Матвєєва Н. А. Кваско О. Ю. Вміст фотосинтетичних пігментів в трансгенних рослинах цикорію з геном туберкульозного антигена Esat6. *Вісник Донецького національного університету*. 2010. №2. С. 249–253.
272. Орлова Л. Д. Інтенсивність дихання лучних рослин Лівобережного Лісостепу України. *Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія*. 2010. Вип. 18. Т.2. С. 54–60.
273. Грицаєнко З. М., Заболотна А. В. Інтенсивність дихання рослин і продуктивність фотосинтезу пшениці ярої залежно від дії гербіциду і рістрегулятора. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2010. № 2. С. 21–24.
274. Карпенко В. П., Притуляк Р. М., Даценко А. А. Інтенсивність дихання рослин гречки за дії біологічних препаратів. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. 2016. №4. С. 37–40.

275. Когут І. М. Площа листової поверхні та фотосинтетичний потенціал рослин озимої пшениці залежно від попередників та сорту [Електронний ресурс]. *Наукові конференції. Соціум. Наука. Культура.* (28–30.01.2014). 2014. Режим доступу до ресурсу: http://int-konf.org/konf012014/679-kandidat-s-g-nauk-kogut-mploscha-listovoyi-poverhn-ta-fotosintetichniy-potencal-roslin-ozimoyi-pshenic-zalezhno-vdpoperednikv-ta-sortu.html
276. Карпенко В. П., Павлишин С. В. Площа листкової поверхні пшениці полби звичайної за використання гербіциду Пріма Форте і регулятора росту рослин Вуксал Біо Vita. *Матеріали Всеукраїнської конференції «Тернопільські біологічні читання – 2018», присвяченої 20-річчю заснування Галицького університету ім. Володимира Гнатюка*, м. Тернопіль, 19–21 жовтня 2018. Тернопіль, 2018. С. 101–104.
277. Соколовська-Сергієнко О. Г., Прядкіна Г. О., Капітанська О. С. Активність фотосинтетичного апарату та продуктивність озимої пшениці за обробки хелатованим мікродобривом і стимулятором росту. *Фізіологія рослин і генетика*. 2015. №4. С. 321–329.
278. Овчарук В. І., Овчарук О. В., Гаврилянчик Р. Ю., Каленчук Я. В., Околодько Ю. В. Агроекологічні особливості формування фотосинтетичних показників квасолі звичайної. *Вісник Черкаського університету. Серія біологічна*. 2011. Вип. 204. С. 131–136.
279. Леонтюк І. Б. Вплив біологічно активних речовин на фізіолого-біохімічні процеси пшениці озимої. *Зб. наук. праць Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України*. Київ. 2013. Вип. 17. Т. 2. С. 149–153.
280. Карпенко В. П., Грицаєнко З. М., Притуляк Р. М. [та ін.]. Біологізована технологія вирощування озимих зернових культур (пшениця, тритикале, ячмінь): рекомендації виробництву; за ред. В. П. Карпенка. Умань: Видавничо-поліграфічний центр «Візаві». 2016. 24 с.

281. Грицаєнко З. М., Леонтюк І. Б. Фізіолого-біохімічні процеси в рослинах озимої пшениці при дії хімічних реагентів. *Зб. наук. пр. Уманського ДАУ*. Умань, 2004. Вип. 58. С. 153–157.
282. Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П., Леонтюк І. Б., Голодрига О. В., Заболотний О. І. Біологічні процеси і продуктивність сільськогосподарських культур при застосуванні хімічних і біологічних препаратів та шляхи зменшення гербіцидного навантаження на навколишнє середовище. *Вчені вищої школи України – селу. Праці міжнародної наукової конференції*. Умань, 2006. С. 73–88.
283. Давидова О. Є., Аксиленко М. Д., Мокринський В. М. та ін. Вплив біологічно активних речовин і мікроелементів на здатність озимої пшениці використовувати фосфор трикальцій фосфату. [Електронний ресурс]. Фізіологія і біохімія культурних рослин. 2011. Т. 43. №4. С. 307–315.
284. Лиман П. Б., Григор'єва Т. М. Ефективність мікробних препаратів при вирощуванні зернових культур в Північному Степу України. *Вісник Степу: науковий збірник.* Кіровоград: Кіровоградський інститут агропромислового виробництва УААН. 2009. Вип. 6. С. 53–55.
285. Карпенко В. П., Просянкін Д. І. Ростові процеси вівса голозерного за дії біологічно активних речовин. Materialy X Mezinarodni Vedecko-Praktika Konference. Praha. 2014. P. 47–48.
286. Рябчун Я. Фотосинтез та врожайність зернових культур. Пропозиція. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://propozitsiya.com/ua/fotosintez-ta-vrozhaynistzernovih-kultur
287. Шовкова О. В. Вплив елементів технології вирощування на фотосинтетичну та насіннєву продуктивність посівів сої. *Вісник Житомирського національного агроекологічного університету*. Житомир, 2015. № 2 (50). Т. 1. С. 465–471.

288. Шовкова О. В. Фотосинтетична продуктивність посівів сої залежно від строків сівби та способів застосування мікродобрив. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2014. № 2. С. 156–161.
289. Новікова Т. П. Фотосинтетична продуктивність посівів сочевиці за дії біологічних препаратів. *Наукові горизонти*. 2019. №10 (83). С. 28–34.
290. Заєць С. О., Кисіль Л. Б. Формування фотосинтетичної продуктивності сортів ячменю озимого (*H*ordeum vulgare l.) Залежно від строків сівби та регуляторів росту в умовах зрошення. [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://baltijapublishing.lv/omp/index.php/bp/catalog/download/61/1111/2453-1?inline=1
291. Колесніков М. О., Пономаренко С. П. Вплив біостимуляторів Стимпо та Регоплант на продуктивність ячменю ярого. *Агробіологія*. 2016. № 1. С. 81-86.
292. Горщар В. І. Вплив біологічно активних речовин на врожайність ярого ячменю в Північному Степу України. *Бюлетень Інституту зернового господарства УААН*. 2010. №39. С. 77 – 79.
293. Чинчик О. С., Оліфірович С. Й. Фотосинтетична продуктивність посівів сої залежно від впливу елементів технології вирощування. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2023. №1 (38). С. 55 – 63.
294. Фурман О. В. Формування фотосинтетичної та насіннєвої продуктивності сої під впливом інокуляції та мінеральних добрив в умовах Лісостепу правобережного України. Colloquium-journal. Warszawa, 2021. № 16 (103). Ч. 2. С. 30–33.
295. Мостов'як І. І., Кравченко О. В. Формування фотосинтетичної продуктивності посівів сої за використання різних видів фунгіцидів та інокулянту у Правобережному Лісостепу України. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2018. Вип. 2. С. 21–24.

296. 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.

297. Радченко М. В., Данильченко О. М. Реалізація потенціалу сортів тритикале в умовах Північно-Східної частини Лісостепу України. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Агрономія і біологія»*. 2020. Вип. 3 (41). С. 33–40.

298. Білітюк А. П., Шередеко Л. М. Якість зерна тритикале озимого залежно від удобрення в умовах західного регіону України. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства УААН».* 2009. Спецвип. С. 46–48.

299. Петрина Г. І., Волощук О. П. Вплив мінеральних добрив на вміст поживних речовин в зерні і соломі тритикале та винос їх урожаєм в умовах Західного Лісостепу. *Вісник агарної науки*. 2001. Спецвип. С. 46–48.

300. Писаренко П. В., Москалець В. В. Агроекологічні особливості впливу мікробних препаратів на кількісні параметри якості зерна тритикале озимого. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2013. №1. С. 7–11.

301. Писаренко П. В., Москалець В. В. Особливості синергетичної взаємодії тритикале озимого та асоціативних мікроорганізмів у агроекосистемі. Вісник НУБіП. Серія «Сільськогосподарські науки». 2011. Вип. 2(54). С. 64–75.

302. Москалець Т. З., Москалець В. В., Москалець В. В., Галінський Я. В. Спосіб вирощування та вплив сидератів із тритикале озимого на стан компонентів екосистем. *Наукові доповіді НУБіП*. 2013. № 3(39). [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.nbuv.gov.ua/e-journals/Nd/2013_3/13mtz.pdf

303. Заєць С. О., Фундират К. С. Продуктивність сортів тритикале озимого залежно від застосування біологічно активних препаратів в умовах зрошення. *Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Зрошуване землеробство»*. 2023. Вип. 67. С. 21–23.
304. Патика В. П., Токмакова Л. М. Пошук мікроорганізмів для поліпшення фосфорного живлення рослин. *Бюл. Ін-ту с.-г. мікробіол*. Чернігів, 2000. № 6. С. 56–57.
305. 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.
306. Новохацький М., Нєгуляєва Н., Бондаренко О., Боднар О., Домарацький Є., Добровольський А. Дослідження технології застосування «Хелафіту – комбі» на посівах пшениці озимої в умовах Лісостепу України. *Техніка і технології АПК*. 2017. №11(98). С. 34–36.
307. Домарацький Є. О., Козлова О. П. Вплив біологічних фунгіцидів на рівень ураження гібридів соняшника патогенною мікрофлорою. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. Кам'янець-Подільський, 2018. Вип. 29. С. 9–16.
308. Біднина І. О., Влащук О. С., Козирєв В. В., Томницький А. В. Ефективність сумісного застосування добрив та мікробних препаратів при вирощуванні сільськогосподарських культур на Півдні України. *Зрошуване землеробство*. 2013. Вип. 60. С. 54–56.
309. Токмакова Л. М., Шевченко Л. А. Вплив Поліміксобактерину на продуктивність кукурудзи за різного способу застосування. *Агроекологічний журнал*. 2019. №1. С. 80–84.
310. Деревянко І. О., Гончарова Д. Д., Подпрятова Ю. С., Аксенко П. А. Ефективність використання комплексного біологічного препарату «Мегаврожай» на формування показників врожайності та якості зерна пшениці озимої. *Аграрні інновації*. 2022. №14. С. 23–29.

311. Сметанко О. В., Зорунько В. І. Застосування біологічних препаратів при вирощуванні пшениці озимої на різних фонах мінерального живлення та попередників в умовах Південного Степу України. *Аграрний вісник Причорномор'я*. 2018. Вип. 88. С. 111–119.
312. Бойко П. І., Коваленко Н. П. Проблеми екологічно врівноважених сівозмін. *Вісник аграрної науки*. 2003. № 8. С. 9–13.
313. Сківка Л. М., Гудзь С. О., Цвей Я. П., Присяжнюк О. І. Економічна ефективність вирощування культур агроценозу. *Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2020. №28. С. 121–129.
314. Гангур В. В., Сокирко П. Г., Тоцький В. М. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2011. №1. С. 46–48.
315. Коваленко А. М., Малярчук А. С. Економічна ефективність технологій вирощування ріпаку озимого за різних способів обробітку ґрунту та доз внесення азотних добрив. *Таврійський науковий вісник*. 2015. № 90. С. 44–48.
316. Карпенко В. В. Ефективність біологічних препаратів у контролюванні фітосанітарного стану посівів тритикале озимого. *Вісник Уманського НУС*. 2023. № 2. С. 43–49.
317. Карпенко В. В. Фітосанітарний стан посівів тритикале озимого за використання біологічних препаратів. The IV-th International Scientific and Theoretical Conference «Technologies and strategies for the implementation of scientific achievements» (Stockholm, 10-th of November 2023). 2023, Stockholm. P. 85–87.
318. Карпенко В. В. Формування площі листкового апарату та вмісту пігментів у рослинах тритикале озимого за використання біологічних препаратів. Збірник наукових праць Уманського НУС. 2023. № 103. Ч. 1. С. 34–41.
319. Карпенко В. В. Формування листкового апарату тритикале озимого за використання біологічних препаратів. The V-th International Scientific and

Theoretical Conference «Current issues of science, prospects and challenges». (Sydney, 17-th of November 2023). Sydney, 2023. P. 114–115.

320. Карпенко В. В. Вміст пігментів у листках тритикале озимого за використання біологічних препаратів. *T*he VI -th International Scientific and Theoretical Conference *«Theory and practice of modern science»*. (Kraków, 24-th of November 2023). Kraków, 2023. P. 96–97.
321. Карпенко В. В. Продуктивність посівів і якість зерна тритикале озимого за використання біологічних препаратів. *Агробіологія*. 2023. № 2. С. 155–162.
322. Карпенко В. В. Формування урожайності тритикале озимого за використання біологічних препаратів. *Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція «Актуальні питання захисту рослин в Україні»*. (Умань, 16 листопада 2023 р.). Умань, 2023. С. 15–18.

# ДОДАТКИ

## Додаток А

**Таблиця А.1**

**Метеорологічні умови в роки проведення досліджень за даними метеостанції Умань**

| Показники | Місяці | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | За рік |
| Кількість опадів за місяць, (мм) | | | | | | | | | | | | | |
| Середня багаторічна | 38 | 34 | 36 | 41 | 52 | 81 | 68 | 49 | 61 | 43 | 43 | 40 | 586 |
| 2020 | 12,7 | 50,5 | 23,9 | 21,0 | 101,0 | 70,4 | 21,4 | 17,1 | 27,4 | 81,5 | 19,4 | 32,6 | 479,0 |
| 2021 | 59,7 | 43,2 | 32,4 | 49,9 | 56,4 | 104,7 | 89,8 | 69,9 | 16,2 | 7,0 | 21,2 | 91,2 | 641,6 |
| 2022 | 23,9 | 7,2 | 13,4 | 57,7 | 22,4 | 36,3 | 28,1 | 44,4 | 99,2 | 10,0 | 71,8 | 53,1 | 467,5 |
| 2023 | 6,0 | 20,5 | 27,2 | 129,6 | 42,4 | 15,8 | 92,5 | 12,4 | 4,2 | 33,5 | 62,3 | 55,0 | 505,0 |
| Середньомісячна температура повітря, $^0$C | | | | | | | | | | | | | |
| Середня багаторічна | -3,4 | -2,3 | 2,5 | 9,7 | 15,4 | 19,0 | 20,9 | 20,1 | 14,5 | 8,3 | 2,8 | -1,8 | 8,8 |
| 2020 | 0,4 | 2,2 | 6,3 | 9,2 | 12,5 | 20,9 | 21,6 | 21,2 | 17,8 | 12,7 | 3,7 | 0,0 | 10,7 |
| 2021 | -2,3 | -3,8 | 2,0 | 7,4 | 14,0 | 19,8 | 23,2 | 20,3 | 13,0 | 7,2 | 4,7 | -1,0 | 8,7 |
| 2022 | -1,3 | 1,8 | 2,0 | 8,6 | 14,5 | 20,5 | 21,0 | 21,7 | 13,1 | 10,0 | 3,7 | -0,4 | 9,6 |
| 2023 | 0,2 | -0,2 | 5,1 | 8,8 | 15,4 | 19,6 | 21,3 | 22,9 | 18,4 | 11,7 | 4,6 | 1,2 | 10,8 |
| | Відносна вологість повітря, % | | | | | | | | | | | | |
| Середня багаторічна | 86 | 85 | 82 | 68 | 64 | 66 | 67 | 68 | 73 | 80 | 87 | 88 | 76 |
| 2020 | 85 | 78 | 65 | 46 | 73 | 70 | 64 | 59 | 62 | 83 | 88 | 93 | 72 |
| 2021 | 89 | 83 | 77 | 71 | 73 | 73 | 71 | 71 | 74 | 70 | 85 | 88 | 77 |
| 2022 | 80 | 76 | 67 | 68 | 59 | 64 | 63 | 71 | 79 | 78 | 89 | 89 | 74 |
| 2023 | 89 | 81 | 72 | 80 | 56 | 64 | 68 | 65 | 62 | 73 | 82 | 86 | 73 |

## Додаток Б

**Таблиця Б.1**

**Активність ферментів класу оксидоредуктаз у листках тритикале озимого у фазі виходу в трубку, 2021 р.**

| Варіант досліду | Каталаза, мкМоль розкладеного $H_2O_2$/г сирої речовини за 1 хв. | Пероксидаза, мкМоль окисненого гваяколу/г сирої маси за 1 хв. | Поліфенолоксидаза, мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирої маси за 1 хв. |
|---|---|---|---|
| Без застосування біологічних препаратів (контроль) | 21,8 | 70,8 | 24,8 |
| Меланоріз 1,0 л/т | 23,9 | 75,7 | 27,1 |
| Біозлак 1,5 л/т | 23,2 | 75,0 | 26,5 |
| Бактофіт 2,0 л/га | 24,0 | 76,6 | 25,9 |
| Бактофіт 2,5 л/га | 26,6 | 78,0 | 27,8 |
| Бактофіт 3,0 л/га | 27,8 | 81,6 | 29,0 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 24,8 | 77,7 | 29,7 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 26,3 | 80,3 | 32,1 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 28,0 | 82,9 | 34,4 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 25,8 | 79,0 | 31,3 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 29,3 | 82,3 | 35,3 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 31,2 | 84,6 | 36,7 |
| $HIP_{05}$ | 1,6 | 2,5 | 2,3 |

**Таблиця Б.2**

**Активність ферментів класу оксидоредуктаз у листках тритикале озимого у фазі виходу в трубку, 2022 р.**

| Варіант досліду | Каталаза, мкМоль розкладеного $H_2O_2$/г сирої речовини за 1 хв. | Пероксидаза, мкМоль окисненого гваяколу/г сирої маси за 1 хв. | Поліфенолоксидаза, мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирої маси за 1 хв. |
|---|---|---|---|
| Без застосування біологічних препаратів (контроль) | 20,6 | 69,2 | 24,0 |
| Меланоріз 1,0 л/т | 23,0 | 72,5 | 25,3 |
| Біозлак 1,5 л/т | 22,6 | 71,7 | 25,0 |
| Бактофіт 2,0 л/га | 22,4 | 72,1 | 25,1 |
| Бактофіт 2,5 л/га | 26,0 | 74,4 | 26,6 |
| Бактофіт 3,0 л/га | 27,2 | 78,3 | 28,1 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 23,9 | 76,2 | 28,9 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 25,6 | 78,0 | 31,0 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 27,2 | 80,8 | 33,5 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 25,1 | 78,0 | 30,1 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 28,0 | 81,1 | 34,0 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 29,9 | 83,3 | 35,4 |
| $НІР_{05}$ | 1,9 | 2,2 | 2,0 |

**Таблиця Б.3**

**Активність ферментів класу оксидоредуктаз у листках тритикале озимого у фазі виходу в трубку, 2023 р.**

| Варіант досліду | Каталаза, мкМоль розкладеного $H_2O_2$/г сирої речовини за 1 хв. | Пероксидаза, мкМоль окисненого гваяколу/г сирої маси за 1 хв. | Поліфенолоксидаза, мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирої маси за 1 хв. |
|---|---|---|---|
| Без застосування біологічних препаратів (контроль) | 19,0 | 66,0 | 23,1 |
| Меланоріз 1,0 л/т | 21,6 | 68,9 | 24,3 |
| Біозлак 1,5 л/т | 21,1 | 68,3 | 24,0 |
| Бактофіт 2,0 л/га | 21,0 | 68,0 | 24,1 |
| Бактофіт 2,5 л/га | 23,3 | 70,8 | 25,8 |
| Бактофіт 3,0 л/га | 26,0 | 77,0 | 27,2 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 22,1 | 75,1 | 27,1 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 24,0 | 76,8 | 29,6 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 26,6 | 79,1 | 32,6 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 25,0 | 77,1 | 29,2 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 26,3 | 79,5 | 33,1 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 28,5 | 82,9 | 35,0 |
| $HIP_{05}$ | 1,4 | 2,6 | 1,9 |

**Таблиця Б.4**

**Активність ферментів класу оксидоредуктаз у листках тритикале озимого у фазі цвітіння, 2021 р.**

| Варіант досліду | Каталаза, мкМоль розкладеного $H_2O_2$/г сирої речовини за 1 хв. | Пероксидаза, мкМоль окисненого гваяколу/г сирої маси за 1 хв. | Поліфенолоксидаза, мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирої маси за 1 хв. |
|---|---|---|---|
| Без застосування біологічних препаратів (контроль) | 31,8 | 82,1 | 37,2 |
| Меланоріз 1,0 л/т | 34,3 | 87,2 | 40,4 |
| Біозлак 1,5 л/т | 33,9 | 86,6 | 39,3 |
| Бактофіт 2,0 л/га | 34,6 | 88,1 | 39,0 |
| Бактофіт 2,5 л/га | 37,6 | 89,7 | 41,2 |
| Бактофіт 3,0 л/га | 39,4 | 93,3 | 43,2 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 35,8 | 90,0 | 44,0 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 37,9 | 92,3 | 47,6 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 40,1 | 95,1 | 51,2 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 37,3 | 91,2 | 46,6 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 42,1 | 94,3 | 52,0 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 45,2 | 98,0 | 54,3 |
| $HIP_{05}$ | 2,2 | 3,0 | 2,4 |

**Таблиця Б.5**

**Активність ферментів класу оксидоредуктаз у листках тритикале озимого у фазі цвітіння, 2022 р.**

| Варіант досліду | Каталаза, мкМоль розкладеного $H_2O_2$/г сирої речовини за 1 хв. | Пероксидаза, мкМоль окисненого гваяколу/г сирої маси за 1 хв. | Поліфенолоксидаза, мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирої маси за 1 хв. |
|---|---|---|---|
| Без застосування біологічних препаратів (контроль) | 28,9 | 82,3 | 28,6 |
| Меланоріз 1,0 л/т | 30,6 | 86,3 | 30,6 |
| Біозлак 1,5 л/т | 30,1 | 85,3 | 30,3 |
| Бактофіт 2,0 л/га | 29,8 | 85,8 | 30,4 |
| Бактофіт 2,5 л/га | 34,6 | 88,5 | 32,2 |
| Бактофіт 3,0 л/га | 36,2 | 93,2 | 34,0 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 31,8 | 90,7 | 35,0 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 34,0 | 92,8 | 37,5 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 36,2 | 96,2 | 40,5 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 33,4 | 92,8 | 36,4 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 37,2 | 96,5 | 41,1 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 39,8 | 99,1 | 42,8 |
| $НІР_{05}$ | 2,1 | 3,0 | 2,5 |

**Таблиця Б.6**

**Активність ферментів класу оксидоредуктаз у листках тритикале озимого у фазі цвітіння, 2023 р.**

| Варіант досліду | Каталаза, мкМоль розкладеного $H_2O_2$/г сирої речовини за 1 хв. | Пероксидаза, мкМоль окисненого гваяколу/г сирої маси за 1 хв. | Поліфенолоксидаза, мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирої маси за 1 хв. |
|---|---|---|---|
| Без застосування біологічних препаратів (контроль) | 27,0 | 76,1 | 34,0 |
| Меланоріз 1,0 л/т | 30,6 | 79,2 | 36,2 |
| Біозлак 1,5 л/т | 30,0 | 79,0 | 36,0 |
| Бактофіт 2,0 л/га | 30,2 | 78,2 | 36,0 |
| Бактофіт 2,5 л/га | 33,6 | 82,0 | 38,1 |
| Бактофіт 3,0 л/га | 37,5 | 88,3 | 39,6 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 32,0 | 86,6 | 40,1 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 34,3 | 88,4 | 43,7 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 38,2 | 91,0 | 48,2 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 36,2 | 89,1 | 42,8 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 38,0 | 91,0 | 44,6 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 40,2 | 95,5 | 48,6 |
| $HIP_{05}$ | 2,0 | 2,3 | 3,3 |

## Додаток В

**Таблиця В.1**

**Вміст фотосинтетичних пігментів у листках тритикале озимого у фазі появи прапорцевого листка, 2021 р.**

| Варіант досліду | Вміст пігментів, мг/г сирої речовини | | | | | | СЗК, % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Хлорофіл *a* | Хлорофіл b | Сума хлорофілів (*a*+b) | *a*/b | Каротиноїди | (*a*+b)/ каротиноїди | |
| Без застосування біологічних препаратів (контроль) | 1,98 | 0,70 | 2,68 | 2,83 | 0,40 | 7,07 | 1,98 |
| Меланоріз 1,0 л/т | 2,12 | 0,72 | 2,84 | 2,94 | 0,47 | 6,26 | 2,12 |
| Біозлак 1,5 л/т | 2,10 | 0,71 | 2,81 | 2,96 | 0,45 | 6,57 | 2,10 |
| Бактофіт 2,0 л/га | 2,13 | 0,72 | 2,85 | 2,96 | 0,46 | 6,43 | 2,13 |
| Бактофіт 2,5 л/га | 2,21 | 0,73 | 2,94 | 3,03 | 0,48 | 6,31 | 2,21 |
| Бактофіт 3,0 л/га | 2,28 | 0,74 | 3,02 | 3,08 | 0,50 | 6,16 | 2,28 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 2,25 | 0,74 | 2,99 | 3,04 | 0,49 | 6,21 | 2,25 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 2,37 | 0,75 | 3,12 | 3,16 | 0,52 | 6,08 | 2,37 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 2,48 | 0,76 | 3,24 | 3,26 | 0,56 | 5,83 | 2,48 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 2,33 | 0,75 | 3,08 | 3,11 | 0,52 | 5,97 | 2,33 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 2,46 | 0,77 | 3,23 | 3,19 | 0,57 | 5,60 | 2,46 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 2,53 | 0,78 | 3,31 | 3,24 | 0,60 | 5,41 | 2,53 |
| $HIP_{05}$ | 0,08 | 0,03 | 0,10 | | 0,04 | | |

**Таблиця В.2**

**Вміст фотосинтетичних пігментів у листках тритикале озимого у фазі появи прапорцевого листка, 2022 р.**

| Варіант досліду | Вміст пігментів, мг/г сирої речовини | | | | | | СЗК, % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Хлорофіл *a* | Хлорофіл b | Сума хлорофілів (*a*+b) | *a*/b | Каротиноїди | (*a*+b)/ каротиноїди | |
| Без застосування біологічних препаратів (контроль) | 1,85 | 0,65 | 2,50 | 2,85 | 0,36 | 6,94 | 1,85 |
| Меланоріз 1,0 л/т | 1,96 | 0,68 | 2,64 | 2,88 | 0,40 | 6,60 | 1,96 |
| Біозлак 1,5 л/т | 1,94 | 0,68 | 2,62 | 2,85 | 0,40 | 6,55 | 1,94 |
| Бактофіт 2,0 л/га | 1,94 | 0,67 | 2,61 | 2,90 | 0,39 | 6,69 | 1,94 |
| Бактофіт 2,5 л/га | 2,00 | 0,69 | 2,69 | 2,90 | 0,41 | 6,56 | 2,00 |
| Бактофіт 3,0 л/га | 2,10 | 0,72 | 2,82 | 2,92 | 0,45 | 6,27 | 2,10 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 2,04 | 0,70 | 2,74 | 2,91 | 0,42 | 6,52 | 2,04 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 2,13 | 0,73 | 2,86 | 2,92 | 0,48 | 5,96 | 2,13 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 2,20 | 0,75 | 2,95 | 2,93 | 0,51 | 5,78 | 2,20 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 2,11 | 0,72 | 2,83 | 2,93 | 0,46 | 6,15 | 2,11 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 2,19 | 0,74 | 2,93 | 2,96 | 0,50 | 5,86 | 2,19 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 2,26 | 0,76 | 3,02 | 2,97 | 0,55 | 5,49 | 2,26 |
| $НІР_{05}$ | 0,07 | 0,03 | 0,11 | | 0,03 | | |

**Таблиця В.3**

**Вміст фотосинтетичних пігментів у листках тритикале озимого у фазі появи прапорцевого листка, 2023 р.**

| Варіант досліду | Вміст пігментів, мг/г сирої речовини | | | | | | СЗК, % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Хлорофіл *a* | Хлорофіл b | Сума хлорофілів (*a*+b) | *a*/b | Каротиноїди | (*a*+b)/ каротиноїди | |
| Без застосування біологічних препаратів (контроль) | 1,74 | 0,61 | 2,35 | 2,85 | 0,33 | 7,12 | 1,74 |
| Меланоріз 1,0 л/т | 1,91 | 0,66 | 2,57 | 2,89 | 0,39 | 6,59 | 1,91 |
| Біозлак 1,5 л/т | 1,90 | 0,66 | 2,56 | 2,88 | 0,37 | 6,92 | 1,90 |
| Бактофіт 2,0 л/га | 1,90 | 0,65 | 2,55 | 2,92 | 0,37 | 6,89 | 1,90 |
| Бактофіт 2,5 л/га | 1,94 | 0,66 | 2,60 | 2,94 | 0,39 | 6,67 | 1,94 |
| Бактофіт 3,0 л/га | 2,03 | 0,68 | 2,71 | 2,99 | 0,41 | 6,61 | 2,03 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 1,94 | 0,66 | 2,60 | 2,94 | 0,40 | 6,50 | 1,94 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 2,09 | 0,70 | 2,79 | 2,99 | 0,44 | 6,34 | 2,09 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 2,16 | 0,72 | 2,88 | 3,00 | 0,48 | 6,00 | 2,16 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 2,08 | 0,70 | 2,78 | 2,97 | 0,43 | 6,47 | 2,08 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 2,17 | 0,72 | 2,89 | 3,01 | 0,47 | 6,15 | 2,17 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 2,26 | 0,74 | 3,00 | 3,05 | 0,50 | 6,00 | 2,26 |
| $НІР_{05}$ | 0,07 | 0,02 | 0,11 | | 0,04 | | |

**Таблиця В.4**

**Вміст фотосинтетичних пігментів у листках тритикале озимого у фазі цвітіння, 2021 р.**

| Варіант досліду | Вміст пігментів, мг/г сирої речовини | | | | | | СЗК, % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Хлорофіл *a* | Хлорофіл b | Сума хлорофілів (*a*+b) | *a*/b | Каротиноїди | (*a*+b)/ каротиноїди | |
| Без застосування біологічних препаратів (контроль) | 2,48 | 0,85 | 3,33 | 2,92 | 0,52 | 6,40 | 2,48 |
| Меланоріз 1,0 л/т | 2,66 | 0,88 | 3,54 | 3,02 | 0,56 | 6,32 | 2,66 |
| Біозлак 1,5 л/т | 2,61 | 0,87 | 3,48 | 3,00 | 0,53 | 6,57 | 2,61 |
| Бактофіт 2,0 л/га | 2,61 | 0,86 | 3,47 | 3,03 | 0,53 | 6,55 | 2,61 |
| Бактофіт 2,5 л/га | 2,68 | 0,86 | 3,54 | 3,12 | 0,55 | 6,44 | 2,68 |
| Бактофіт 3,0 л/га | 2,81 | 0,88 | 3,69 | 3,19 | 0,59 | 6,25 | 2,81 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 2,77 | 0,87 | 3,64 | 3,18 | 0,54 | 6,74 | 2,77 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 2,82 | 0,87 | 3,69 | 3,24 | 0,57 | 6,47 | 2,82 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 2,90 | 0,88 | 3,78 | 3,30 | 0,59 | 6,41 | 2,90 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 2,89 | 0,89 | 3,78 | 3,25 | 0,58 | 6,52 | 2,89 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 2,97 | 0,90 | 3,87 | 3,30 | 0,61 | 6,34 | 2,97 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 3,00 | 0,90 | 3,90 | 3,33 | 0,64 | 6,09 | 3,00 |
| $НІР_{05}$ | 0,07 | 0,01 | 0,07 | | 0,02 | | |

**Таблиця В.5**

**Вміст фотосинтетичних пігментів у листках тритикале озимого у фазі цвітіння, 2022 р.**

| Варіант досліду | Вміст пігментів, мг/г сирої речовини | | | | | | СЗК, % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Хлорофіл *a* | Хлорофіл b | Сума хлорофілів (*a*+b) | *a*/b | Каротиноїди | (*a*+b)/ каротиноїди | |
| Без застосування біологічних препаратів (контроль) | 2,23 | 0,75 | 2,98 | 2,97 | 0,50 | 5,96 | 2,23 |
| Меланоріз 1,0 л/т | 2,40 | 0,82 | 3,22 | 2,93 | 0,53 | 6,08 | 2,40 |
| Біозлак 1,5 л/т | 2,38 | 0,82 | 3,20 | 2,90 | 0,52 | 6,15 | 2,38 |
| Бактофіт 2,0 л/га | 2,39 | 0,80 | 3,19 | 2,99 | 0,52 | 6,13 | 2,39 |
| Бактофіт 2,5 л/га | 2,42 | 0,82 | 3,24 | 2,95 | 0,54 | 6,00 | 2,42 |
| Бактофіт 3,0 л/га | 2,52 | 0,85 | 3,37 | 2,96 | 0,57 | 5,91 | 2,52 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 2,53 | 0,83 | 3,36 | 3,05 | 0,54 | 6,22 | 2,53 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 2,58 | 0,85 | 3,43 | 3,04 | 0,56 | 6,13 | 2,58 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 2,63 | 0,88 | 3,51 | 2,99 | 0,59 | 5,95 | 2,63 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 2,70 | 0,84 | 3,54 | 3,21 | 0,57 | 6,21 | 2,70 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 2,77 | 0,85 | 3,62 | 3,26 | 0,60 | 6,03 | 2,77 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 2,90 | 0,90 | 3,80 | 3,22 | 0,63 | 6,03 | 2,90 |
| $HIP_{05}$ | 0,07 | 0,02 | 0,06 | | 0,03 | | |

**Таблиця В.6**

**Вміст фотосинтетичних пігментів у листках тритикале озимого у фазі цвітіння, 2023 р.**

| Варіант досліду | Вміст пігментів, мг/г сирої речовини | | | | | | СЗК, % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Хлорофіл *a* | Хлорофіл b | Сума хлорофілів (*a*+b) | *a*/b | Каротиноїди | (*a*+b)/ каротиноїди | |
| Без застосування біологічних препаратів (контроль) | 2,15 | 0,74 | 2,89 | 2,91 | 0,47 | 6,15 | 2,15 |
| Меланоріз 1,0 л/т | 2,36 | 0,80 | 3,16 | 2,95 | 0,50 | 6,32 | 2,36 |
| Біозлак 1,5 л/т | 2,34 | 0,80 | 3,14 | 2,93 | 0,49 | 6,41 | 2,34 |
| Бактофіт 2,0 л/га | 2,36 | 0,78 | 3,14 | 3,03 | 0,50 | 6,28 | 2,36 |
| Бактофіт 2,5 л/га | 2,40 | 0,79 | 3,19 | 3,04 | 0,52 | 6,13 | 2,40 |
| Бактофіт 3,0 л/га | 2,48 | 0,81 | 3,29 | 3,06 | 0,54 | 6,09 | 2,48 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 2,50 | 0,80 | 3,30 | 3,13 | 0,52 | 6,35 | 2,50 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 2,58 | 0,82 | 3,40 | 3,15 | 0,55 | 6,18 | 2,58 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 2,66 | 0,84 | 3,50 | 3,17 | 0,58 | 6,03 | 2,66 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 2,66 | 0,82 | 3,48 | 3,24 | 0,54 | 6,44 | 2,66 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 2,74 | 0,84 | 3,58 | 3,26 | 0,59 | 6,07 | 2,74 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 2,85 | 0,86 | 3,71 | 3,31 | 0,61 | 6,08 | 2,85 |
| $НІР_{05}$ | 0,09 | 0,02 | 0,10 | | 0,03 | | |

## Додаток Г

## Інтенсивність дихання рослин тритикале озимого за використання МБП Меланоріз, Біозлак та Бактофіт (мг $CO_2$/г сирої речовини за 1 годину, фаза цвітіння)

**Таблиця Г.1**

| Варіант досліду | 2021 р. | 2022 р. | 2023 р. | Середнє | До контролю,% |
|---|---|---|---|---|---|
| Без застосування біологічних препаратів (контроль) | 1,32 | 1,14 | 1,22 | 1,23 | 100 |
| Меланоріз 1,0 л/т | 1,43 | 1,22 | 1,35 | 1,33 | 108 |
| Біозлак 1,5 л/т | 1,40 | 1,21 | 1,33 | 1,31 | 107 |
| Бактофіт 2,0 л/га | 1,39 | 1,20 | 1,32 | 1,30 | 106 |
| Бактофіт 2,5 л/га | 1,45 | 1,26 | 1,39 | 1,37 | 111 |
| Бактофіт 3,0 л/га | 1,56 | 1,33 | 1,43 | 1,44 | 117 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 1,46 | 1,25 | 1,39 | 1,37 | 111 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 1,53 | 1,33 | 1,47 | 1,44 | 117 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 1,62 | 1,40 | 1,55 | 1,52 | 124 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 1,55 | 1,29 | 1,46 | 1,43 | 117 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 1,69 | 1,39 | 1,55 | 1,54 | 125 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 1,73 | 1,44 | 1,62 | 1,60 | 130 |
| $HIP_{05}$ | 0,07 | 0,04 | 0,05 | | |

## Додаток Д

**Таблиця Д.1**

**Чиста продуктивність посівів тритикале озимого за використання МБП Меланоріз, Біозлак та Бактофіт (г/м$^2$ за добу, фази кущіння – поява прапорцевого листка)**

| Варіант досліду | 2021 р. | 2022 р. | 2023 р. | Середнє за три роки | До контролю, % |
|---|---|---|---|---|---|
| Без застосування біологічних препаратів (контроль) | 2,58 | 2,20 | 2,07 | 2,28 | 100 |
| Меланоріз 1,0 л/т | 2,78 | 2,32 | 2,21 | 2,44 | 107 |
| Біозлак 1,5 л/т | 2,70 | 2,25 | 2,14 | 2,36 | 104 |
| Бактофіт 2,0 л/га | 2,85 | 2,35 | 2,25 | 2,48 | 109 |
| Бактофіт 2,5 л/га | 2,94 | 2,41 | 2,30 | 2,55 | 112 |
| Бактофіт 3,0 л/га | 3,02 | 2,49 | 2,36 | 2,62 | 115 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 2,95 | 2,41 | 2,31 | 2,56 | 112 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 3,01 | 2,46 | 2,34 | 2,60 | 114 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 3,10 | 2,51 | 2,41 | 2,67 | 117 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 3,10 | 2,53 | 2,41 | 2,68 | 118 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 3,16 | 2,57 | 2,46 | 2,73 | 120 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 3,29 | 2,63 | 2,61 | 2,84 | 125 |
| $НІР_{05}$ | 0,09 | 0,06 | 0,05 | | |

**Таблиця Д.2**

**Чиста продуктивність посівів тритикале озимого за використання МБП Меланоріз, Біозлак та Бактофіт**
**(г/м$^2$ за добу, фази поява прапорцевого листка – цвітіння)**

| Варіант досліду | 2021 р. | 2022 р. | 2023 р. | Середнє за три роки | До контролю, % |
|---|---|---|---|---|---|
| Без застосування біологічних препаратів (контроль) | 4,45 | 4,35 | 4,12 | 4,31 | 100 |
| Меланоріз 1,0 л/т | 5,02 | 4,55 | 4,24 | 4,60 | 107 |
| Біозлак 1,5 л/т | 4,94 | 4,48 | 4,17 | 4,53 | 105 |
| Бактофіт 2,0 л/га | 5,09 | 4,58 | 4,28 | 4,65 | 108 |
| Бактофіт 2,5 л/га | 5,28 | 4,64 | 4,33 | 4,75 | 110 |
| Бактофіт 3,0 л/га | 5,26 | 4,76 | 4,45 | 4,82 | 112 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 5,19 | 4,68 | 4,42 | 4,76 | 111 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 5,46 | 4,78 | 4,50 | 4,91 | 114 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 5,55 | 4,89 | 4,64 | 5,03 | 117 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 5,44 | 4,95 | 4,74 | 5,04 | 117 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 5,67 | 5,11 | 4,89 | 5,22 | 121 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 5,82 | 5,21 | 4,97 | 5,33 | 124 |
| $HIP_{05}$ | 0,21 | 0,11 | 0,09 | | |

**Додаток Ж**

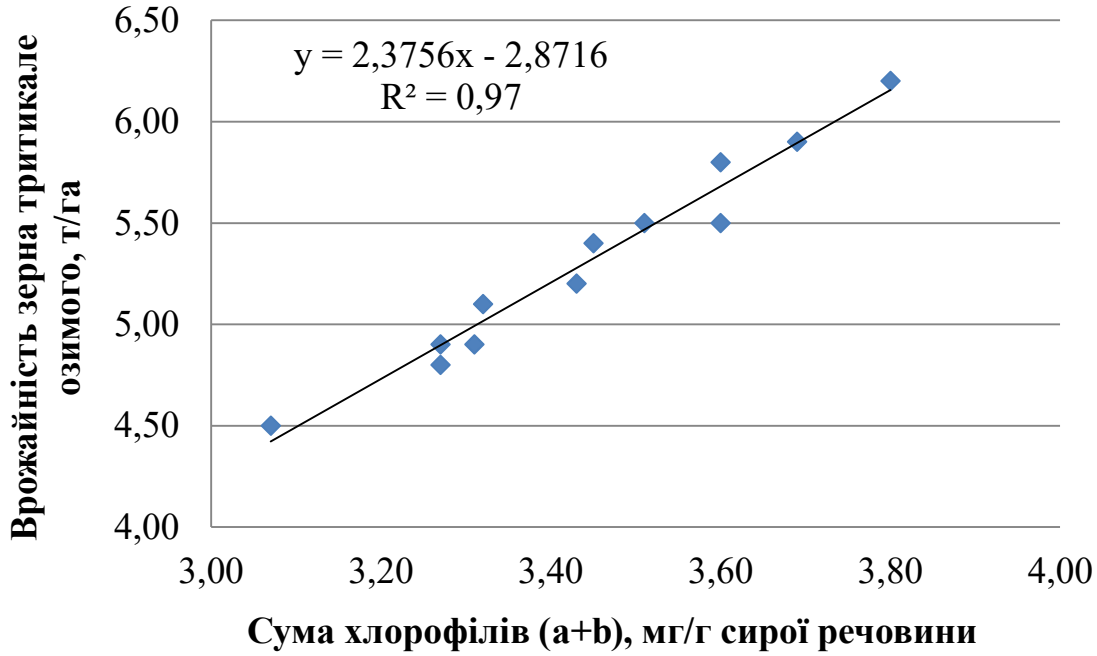



**Рис. Ж.1. Кореляційна залежність між сумою хлорофілів (a+b) у фазі цвітіння та врожайністю тритикале озимого, 2021–2023 рр.**

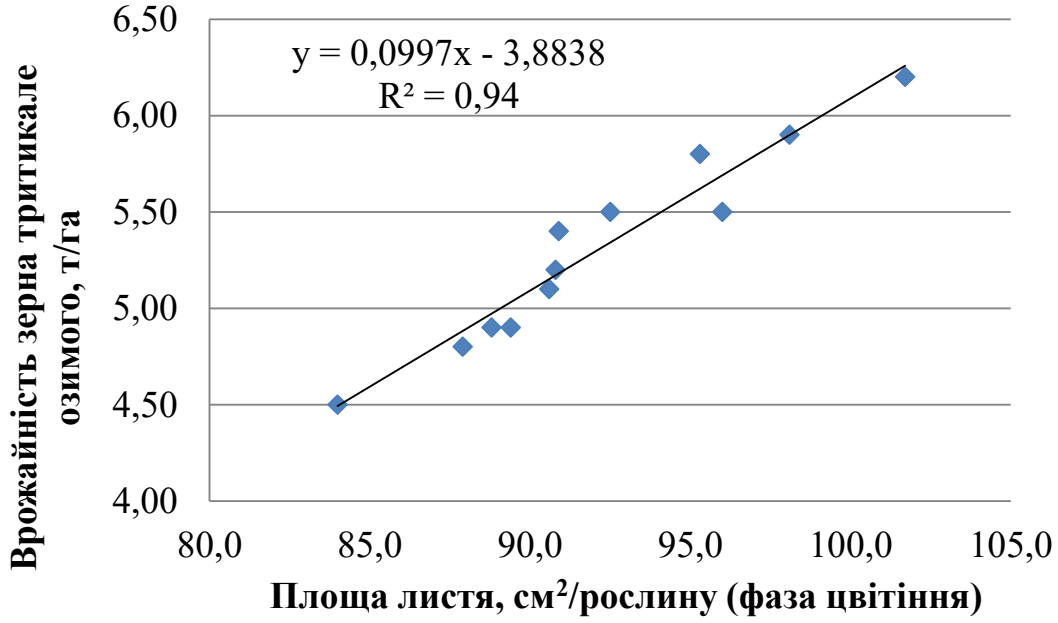



**Рис. Ж.2. Кореляційна залежність між площею листя та врожайністю тритикале озимого, 2021–2023 рр.**

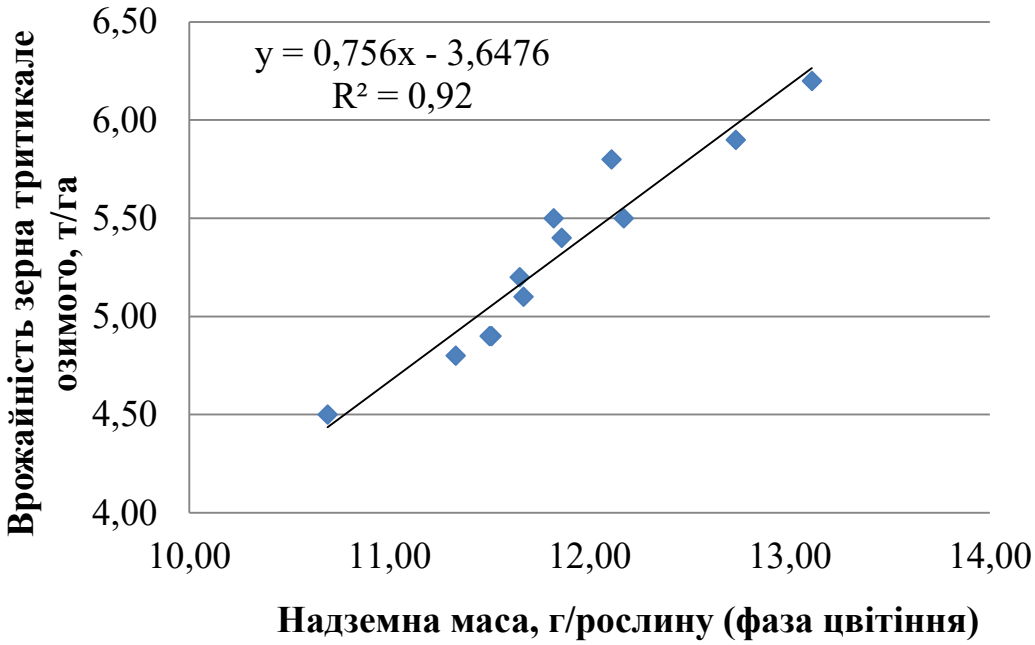



**Рис. Ж.3. Кореляційна залежність між надземною масою та врожайністю тритикале озимого, 2021–2023 рр.**

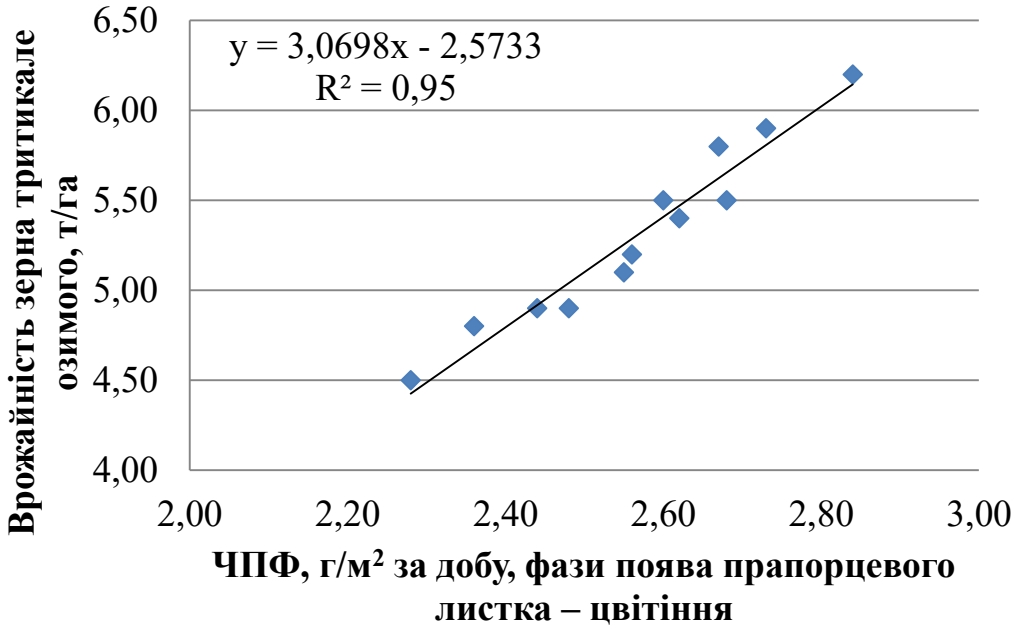



**Рис. Ж.3. Кореляційна залежність між показником ЧПФ та врожайністю тритикале озимого, 2021–2023 рр.**

## Додаток З

**Таблиця 3.1**

**Маса 1000 зерен тритикале озимого за використання МБП Меланоріз, Біозлак та Бактофіт, г**

| Варіант досліду | 2021 р. | 2022 р. | 2023 р. |
|---|---|---|---|
| Без застосування біологічних препаратів (контроль) | 42,8 | 41,7 | 40,9 |
| Меланоріз 1,0 л/т | 43,0 | 41,9 | 41,0 |
| Біозлак 1,5 л/т | 42,9 | 41,8 | 41,0 |
| Бактофіт 2,0 л/га | 42,9 | 41,8 | 41,0 |
| Бактофіт 2,5 л/га | 43,1 | 42,2 | 41,3 |
| Бактофіт 3,0 л/га | 43,3 | 42,3 | 41,5 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 43,2 | 42,2 | 41,4 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 43,6 | 42,7 | 41,6 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 43,9 | 43,1 | 41,8 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 44,2 | 43,4 | 42,3 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 44,6 | 43,8 | 42,6 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 44,9 | 44,0 | 43,1 |
| $НІР_{05}$ | 0,4 | 0,3 | 0,3 |

**Таблиця 3.2**

**Натура зерна тритикале озимого за використання МБП Меланоріз, Біозлак та Бактофіт, г/л.**

| Варіант досліду | 2021 р. | 2022 р. | 2023 р. |
|---|---|---|---|
| Без застосування біологічних препаратів (контроль) | 680,4 | 671,3 | 658,3 |
| Меланоріз 1,0 л/т | 691,3 | 680,2 | 669,0 |
| Біозлак 1,5 л/т | 690,2 | 679,4 | 668,4 |
| Бактофіт 2,0 л/га | 691,0 | 679,9 | 668,6 |
| Бактофіт 2,5 л/га | 696,2 | 683,9 | 675,3 |
| Бактофіт 3,0 л/га | 705,5 | 684,6 | 679,9 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 697,7 | 684,2 | 676,5 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 706,6 | 697,3 | 687,1 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 711,6 | 705,4 | 693,2 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 710,2 | 703,9 | 690,2 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 715,6 | 707,1 | 695,0 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 720,2 | 711,3 | 698,0 |
| $НІР_{05}$ | 6,0 | 5,5 | 3,8 |

**Таблиця 3.3**

**Вміст білка у зерні тритикале озимого за використання МБП Меланоріз, Біозлак та Бактофіт, %**

| Варіант досліду | 2021 р. | 2022 р. | 2023 р. |
|---|---|---|---|
| Без застосування біологічних препаратів (контроль) | 11,6 | 11,4 | 11,1 |
| Меланоріз 1,0 л/т | 11,8 | 11,6 | 11,3 |
| Біозлак 1,5 л/т | 11,7 | 11,5 | 11,3 |
| Бактофіт 2,0 л/га | 11,7 | 11,5 | 11,3 |
| Бактофіт 2,5 л/га | 11,8 | 11,7 | 11,4 |
| Бактофіт 3,0 л/га | 12,0 | 12,0 | 11,8 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 11,8 | 11,6 | 11,4 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 12,0 | 11,8 | 11,6 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 12,3 | 12,1 | 11,9 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 12,2 | 12,0 | 11,8 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 12,8 | 12,6 | 12,3 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 13,1 | 12,9 | 12,6 |
| $НІР_{05}$ | 0,3 | 0,2 | 0,2 |

**Таблиця 3.4**

**Вміст крохмалю у зерні тритикале озимого за використання МБП Меланоріз, Біозлак та Бактофіт, %**

| Варіант досліду | 2021 р. | 2022 р. | 2023 р. |
|---|---|---|---|
| Без застосування біологічних препаратів (контроль) | 61,0 | 59,6 | 56,6 |
| Меланоріз 1,0 л/т | 63,1 | 61,6 | 58,0 |
| Біозлак 1,5 л/т | 62,5 | 61,0 | 57,2 |
| Бактофіт 2,0 л/га | 63,9 | 62,5 | 59,6 |
| Бактофіт 2,5 л/га | 64,6 | 63,1 | 60,3 |
| Бактофіт 3,0 л/га | 65,1 | 64,2 | 62,8 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 64,8 | 63,6 | 61,0 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 65,5 | 64,0 | 62,2 |
| Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 66,1 | 65,3 | 62,6 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,0 л/га | 67,7 | 65,9 | 62,9 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,5 л/га | 68,0 | 66,3 | 63,2 |
| Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 3,0 л/га | 68,3 | 66,6 | 63,8 |
| $НІР_{05}$ | 0,6 | 0,4 | 0,3 |

**Додаток К 1**

«ПОГОДЖЕНО»
Ректор Уманського національного університету садівництва
_____ Олена НЕПОЧАТЕНКО
«2» 11 2023 р.

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Голова фермерського господарства «Агрофірма «Базис»
_____ Володимир ОСАДЧИЙ
«1» 11 2023р.

**Акт**
**впровадження науково-дослідної роботи у виробництво**

Результати наукової роботи Карпенка Валентина Вікторовича, виконаної в Уманському національному університеті садівництва, впроваджено у виробництво ФГ «Агрофірма «Базис» Черкаської області Уманського району, с. Кочубіївка.

1. **Вид впровадження**: впроваджено елементи технології вирощування тритикале озимого із комплексною передпосівною обробкою насіння культури і посходовим внесенням біологічних препаратів з біофунгіцидним ефектом.
2. **Характер масштабів впровадження:** обробка насіння тритикале озимого перед сівбою препаратом Меланоріз у нормі 1,0 л/т та обприскування посівів Бактофітом у нормі 3,0 л/га на площі посівів 12 га.
3. **Новизна результатів науково-дослідної роботи:** вперше запроваджено в технології вирощування тритикале озимого комплексне використання біологічних препаратів, за яких суттєво покращується фітосанітарний стан посівів, активізуються фізіолого-біохімічні процеси у рослинах, мікробіологічні – в ґрунті, що забезпечує зростання продуктивності культури.
4. **Економічний ефект**: застосування Бактофіту на фоні передпосівної обробки насіння тритикале озимого мікробним препаратом Меланоріз забезпечило отримання прибавки врожаю тритикале озимого 0,95 т/га за додаткового прибутку на рівні 3800 грн./га.
5. **Науково-технічний ефект**: покращення фітосанітарного стану посівів без використання хімічних препаратів, підвищення врожайності та економічних показників виробництва тритикале озимого.

Від Уманського національного університету садівництва – відповідальний за впровадження
_____ Валентин КАРПЕНКО
«1» 11 2023 р.

Від ФГ «Агрофірма «Базис»
_____ Володимир Осадчий
2023р.

**Додаток К 2**

«ПОГОДЖЕНО»
Ректор Уманського національного університету садівництва
_____
Олена ПЕНОЧАТЕНКО
«30» 10 2023 р.

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Голова фермерського господарства «Шутко»
_____
Сергій ШУТКО
«27» 10 2023р.

**Акт**
**впровадження науково-дослідної роботи у виробництво**

Результати наукової роботи Карпенка Валентина Вікторовича, виконаної в Уманському національному університеті садівництва, запроваджено у виробництво ФГ «Шутко» Кіровоградської області Благовіщенського району, с. Мечиславка.

1. **Вид впровадження**: впроваджено елементи біологізації технології вирощування тритикале озимого із використанням препаратів мікробного походження.
2. **Характер масштабів впровадження:** в умовах ФГ «Шутко» виконувалася обробка насіння тритикале озимого перед сівбою препаратом Меланоріз у нормі 1,0 л/т з наступним внесенням по фону біофунгіциду Бактофіт у нормі 3,0 л/га на площі посіву 19 га.
3. **Новизна результатів науково-дослідної роботи:** вперше в умовах Правобережного Лісостепу України досягнуто покращення фітосанітарного стану посівів за зростання продуктивності культури і якості зерна на фоні комплексного використання біологічних препаратів.
4. **Економічний ефект**: застосування біофунгіциду Бактофіту у нормі 3,0 л/га на фоні передпосівної обробки насіння тритикале озимого мікробним препаратом Меланоріз у нормі 1,0 л/т забезпечило формування прибавки врожаю 1,05 т/га за додаткового прибутку 4200 грн./га.
5. **Науково-технічний ефект**: покращення фітосанітарного та екологічного стану посівів, підвищення врожайності та якості зерна.

Від Уманського національного університету садівництва – відповідальний за впровадження
_____
Валентин КАРПЕНКО
«27» 10 2023 р.

Від ФГ «Шутко»
_____
Сергій ШУТКО
«27» 10 2023р.

**Додаток Л**

Список публікацій

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

*Статті у фахових виданнях України*

Карпенко В. В. Ефективність біологічних препаратів у контролюванні фітосанітарного стану посівів тритикале озимого. *Вісник Уманського НУС*. 2023. № 2. С. 43–49. DOI: 10.32782/2310-0478-2023-2-43-49

Карпенко В. В. Формування площі листкового апарату та вмісту пігментів у рослинах тритикале озимого за використання біологічних препаратів. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2023. № 103. Ч. 1. С. 34–41. DOI: 10.32782/2415-8240-2023-103-1-34-41

Карпенко В. В. Продуктивність посівів і якість зерна тритикале озимого за використання біологічних препаратів. *Агробіологія*. 2023. № 2. С. 155–162. DOI: 10.33245/2310-9270-2023-183-2-163-171

*Матеріали науково-практичних конференцій*

Карпенко В. В. Фітосанітарний стан посівів тритикале озимого за використання біологічних препаратів. The IV-th International Scientific and Theoretical Conference «Technologies and strategies for the implementation of scientific achievements» (Stockholm, 10-th of November 2023). 2023, Stockholm. P. 85–87.

Карпенко В. В. Формування листкового апарату тритикале озимого за використання біологічних препаратів. *T*he V-th International Scientific and Theoretical Conference «Current issues of science, prospects and challenges». (Sydney, 17-th of November 2023). Sydney, 2023. P. 114–115.

Карпенко В. В. Вміст пігментів у листках тритикале озимого за використання біологічних препаратів. *T*he VI -th International Scientific and Theoretical Conference *«Theory and practice of modern science»*. (Kraków, 24-th of November 2023). Kraków, 2023. P. 96–97.

Карпенко В. В. Формування урожайності тритикале озимого за використання біологічних препаратів. *Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція «Актуальні питання захисту рослин в Україні»*. (Умань, 16 листопада 2023 р.). Умань, 2023. С. 15–18.