МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
АГРОБІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Спеціальність Н1 Агрономія

Допускається до захисту
завідувач кафедри землеробства,
агрохімії та ґрунтознавства
доцент_____ Єзерковська Л.В.
«__» _____ 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ УРОЖАЙНОСТІ ТРИТИКАЛЕ ЯРОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ В УМОВАХ ТДВ «ТЕРЕЗИНЕ» БІЛОЦЕРКІВСЬКОГО РАЙОНУ КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Рівень вищої освіти: другий (магістерський)
Кваліфікація: «Магістр з агрономії»
Форма навчання: денна

Виконав: Качанов Кирило Анатолійович _____
прізвище, ім'я, по батькові *підпис*

Керівник: професор Карпук Л.М. _____
вчене звання, прізвище, ініціали *підпис*

Біла Церква – 2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Агробіотехнологічний факультет
Спеціальність Н1 Агрономія

Затверджую
Гарант ОП «Агрономія»
професор_____Грабовський М.Б.
«10» вересня 2025 р.

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу здобувачу
Качанову Кирилу Анатолійовичу

Тема: «Особливості формування урожайності тритикале ярого залежно від елементів технології вирощування в умовах ТДВ «ТЕРЕЗИНЕ» Білоцерківського району Київської області»
Затверджено наказом ректора №496/С від 04.11.2025 р.
Термін здачі студентом готової кваліфікаційної роботи до 17.11.2026 р.
Перелік питань, що розробляються в роботі. Вихідні дані: огляд наукової літератури щодо норм висіву та передпосівної обробки насіння тритикале ярого; ґрунтово-кліматичні умови господарства; методика проведення досліджень; аналіз впливу норми висіву та обробки насіння на ріст, структуру врожаю та урожайність тритикале ярого; економічна оцінка результатів досліду.

Календарний план виконання роботи

Етап виконання	Дата виконання етапу	Відмітка про виконання
Огляд літератури	до 14.09.2026	виконано
Методична частина	до 21.09.2026	виконано
Дослідницька частина	до 25.10.2026	виконано
Оформлення роботи	до 28.10.2026	виконано
Перевірка на плагіат	до 01.11.2026	виконано
Подання на рецензування	до 09.11.2026	виконано
Попередній розгляд на кафедрі	05.11.2026	виконано
Розміщення в репозитарії БНАУ з накладанням КЕП	до 16.11.2026	виконано

Керівник кваліфікаційної роботи _____ професор Карпук Л.М.
підпис *вчене звання, прізвище, ініціали*

Здобувач _____ Качанов К.А.
підпис *прізвище, ініціали*

Дата отримання завдання «10» вересня 2025 р.

ДЕКЛАРАЦІЯ
про дотримання академічної доброчесності під час виконання кваліфікаційної роботи

Я, Качанов Кирило Анатолійович, здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти за освітньою програмою Н1 Агрономія, підтверджую, що кваліфікаційну роботу з теми: «Особливості формування урожайності тритикале ярого залежно від елементів технології вирощування в умовах ТДВ «ТЕРЕЗИНЕ» Білоцерківського району Київської області» виконано мною з дотриманням принципів і правил академічної доброчесності.

Підтверджую, що:

– роботу виконано особисто на основі власних розробок і суджень;

– у роботі належним чином зазначено авторство та джерела використаних текстів, ідей, даних, зображень та інших матеріалів;

– наведені результати дослідження, дані та висновки є достовірними;

– робота не містить свідомо сфабрикованої чи сфальсифікованої інформації.

У процесі виконання роботи було використано інструменти штучного інтелекту, зокрема для оформлення та редагування тексту (ChatGPT), для перекладу тексту (Google Translate), для створення або редагування зображень (-), для написання чи оптимізації коду (-). Відомості про це наведено в роботі згідно з вимогами законодавства та встановленими правилами академічної доброчесності.

Я усвідомлюю відповідальність за зміст кваліфікаційної роботи та дотримання вимог академічної доброчесності під час її підготовки.

Дата: 13.11.2026

РЕФЕРАТ

Качанов К. А. Особливості формування урожайності тритикале ярого залежно від елементів технології вирощування в умовах ТДВ «ТЕРЕЗИНЕ» Білоцерківського району Київської області: кваліфікаційна робота магістра. Біла Церква, 2026.

У роботі узагальнено наукові положення щодо біології, адаптивності та технологічного регулювання продуктивності тритикале ярого. У двофакторному досліді представлено чотири норми висіву – 4,0; 4,5; 5,0 і 5,5 млн схожих насінин/га – та три варіанти передпосівної підготовки насіння: без обробки, Біокомплекс-БТУ для зернових (1,5 л/т) і Мікофренд (1,5 л/т).

За середніми даними 2025–2026 рр. урожайність підвищувалася від 2,42 т/га за норми 4,0 млн/га до 2,56 т/га за 5,0 млн/га, а подальше загущення до 5,5 млн/га знижувало її до 2,50 т/га. Найвищий результат – 2,64 т/га – сформовано за поєднання 5,0 млн/га і Мікофренду; приріст до відповідного контролю становив 0,17 т/га, або 6,9 %.

Дисперсійний аналіз за схемою розщеплених ділянок підтвердив істотний вплив норми висіву й обробки насіння в обидва роки ($p < 0,001$). Взаємодія чинників була неістотною: $p = 0,179$ у 2025 р. і $p = 0,331$ у 2026 р., що свідчить про збереження загального напряму реакції препаратів у межах досліджених густот.

Економічна оцінка виявила контраст років: у 2025 р. усі варіанти були прибутковими, тоді як у посушливому 2026 р. – збитковими. За сумою двох років найбільший умовний прибуток одержано у варіанті 5,0 млн/га + Мікофренд (11 235 грн/га), а найвищу сукупну рентабельність – за 4,5 млн/га + Мікофренд (32,8 %).

Кваліфікаційна робота магістра містить 52 сторінки, 13 таблиць, список використаних джерел із 45 найменувань, 3 додатки.

Ключові слова: *тритикале яре, Свобода харківська, норма висіву, передпосівна обробка насіння, Біокомплекс-БТУ, Мікофренд, урожайність, структура врожаю, економічна ефективність.*

ANNOTATION

Kachanov K. A. Peculiarities of spring triticale yield formation depending on elements of growing technology in the conditions of ALC "Terezyne," Bila Tserkva District, Kyiv Region: master's qualification paper. Bila Tserkva, 2026.

The paper reviews the biological, adaptive and technological determinants of spring triticale productivity. A two-factor model compares four seeding rates – 4.0, 4.5, 5.0 and 5.5 million viable seeds per hectare – and three seed-treatment variants: untreated control, Biocomplex-BTU for cereals (1.5 L/t), and Mycofriend (1.5 L/t).

Across 2025–2026, mean grain yield increased from 2.42 t/ha at 4.0 million seeds/ha to 2.56 t/ha at 5.0 million seeds/ha and declined to 2.50 t/ha at 5.5 million seeds/ha. The highest yield, 2.64 t/ha, was obtained at 5.0 million seeds/ha with Mycofriend; the increment over the respective control was 0.17 t/ha, or 6.9%.

Split-plot analysis of variance confirmed significant main effects of seeding rate and seed treatment in both seasons ($p < 0.001$). The interaction was not significant ($p = 0.179$ in 2025 and $p = 0.331$ in 2026), indicating a broadly consistent treatment response across the tested plant densities.

The economic assessment showed strong seasonal sensitivity: all treatments were profitable in 2025, whereas every treatment generated a loss in the drought-affected 2026 season. Over two years, the greatest cumulative model profit was obtained at 5.0 million seeds/ha with Mycofriend (UAH 11,235/ha), while the highest cumulative profitability occurred at 4.5 million seeds/ha with Mycofriend (32.8%).

The master's qualification paper contains 52 pages, 13 tables, a list of 45 references and 3 appendices.

Keywords: *spring triticale, Svoboda Kharkivska, seeding rate, pre-sowing seed treatment, Biocomplex-BTU, Mycofriend, grain yield, yield components, economic efficiency.*

ЗМІСТ

ВСТУП **7**
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ **9**
1.1. Біологічні особливості, господарське значення та сортові ресурси . 9
1.2. Норма висіву як регулятор густоти й ценотичної напруги 11
1.3. Передпосівна обробка насіння біологічними препаратами 13
1.4. Взаємодія генотипу, технології та погодних умов 16
1.5. Фотосинтетичний апарат і накопичення біомаси 17
1.6. Структура врожаю, якість зерна та взаємокомпенсація компонентів 19
1.7. Узагальнення огляду та робоча гіпотеза 20
РОЗДІЛ 2. УМОВИ, СХЕМА ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ **22**
2.1. Місце проведення досліджень і ґрунтові умови 22
2.2. Погодні умови 2025–2026 рр. 23
2.3. Агротехніка та схема польового досліду 24
2.4. Сорт і досліджувані препарати 26
2.5. Програма спостережень і статистичне опрацювання 26
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ НАУКОВИЙ АНАЛІЗ **28**
3.1. Динаміка висоти рослин 28
3.2. Індекс листкової поверхні 29
3.3. Накопичення сирої надземної маси 30
3.4. Урожайність зерна та її міжрічна мінливість 31
3.5. Структурні елементи продуктивності 32
3.6. Відносна ефективність передпосівної обробки 34
3.7. Порівняльна реакція варіантів за роками 35
3.8. Інтегральна інтерпретація продукційного процесу 35
РОЗДІЛ 4. СТАТИСТИЧНА ТА ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА **37**
4.1. Дисперсійний аналіз і точність досліду 37
4.2. Економічна ефективність за роками 38
4.3. Дворічна оцінка прибутковості й ризику 39
ВИСНОВКИ **41**
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ **43**
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ **44**
ДОДАТКИ **50**

ВСТУП

Тритикале яре (×Triticosecale Witt.) є зерновою культурою, у геномі якої поєднано продуктивний потенціал пшениці та адаптивні властивості жита. Для агровиробництва Лісостепу його цінність визначається не лише можливістю одержання продовольчого й фуражного зерна, а й здатністю формувати врожай за мінливого температурного та водного режиму. Сучасні українські сорти характеризуються достатньою стійкістю проти вилягання й основних хвороб, крупним зерном і пластичністю, однак реалізація цих переваг залежить від узгодження густоти посіву з ресурсами конкретного поля [17; 18].

Одним із найбільш керованих елементів технології є норма висіву. Через неї задають початкову місткість агроценозу, інтенсивність внутрішньовидової конкуренції та співвідношення між кількістю продуктивних стебел і продуктивністю окремого колоса. Занижена норма висіву не завжди компенсується кущінням, особливо за пізньої сівби або посушливого старту. Надмірне загущення, навпаки, прискорює змикання листків, але підвищує конкуренцію за воду, елементи живлення й світло та може зменшувати озерненість і масу зерна [4; 5; 23; 24].

Другим напрямом оптимізації є біологізація передпосівної підготовки насіння. Мікробні комплекси та мікоризоутворювальні препарати потенційно здатні поліпшувати стартовий розвиток кореневої системи, мобілізацію елементів живлення і стресостійкість рослин. Водночас їхня дія не є автоматичною: вона залежить від життєздатності мікроорганізмів, вологості й температури ґрунту, сумісності з протруйниками, способу нанесення та фізіологічного стану насіння [7–12]. Тому ефект препарату доцільно оцінювати не окремо, а у взаємодії з нормою висіву та умовами року.

Актуальність теми полягає у необхідності визначити таке поєднання густоти посіву та біологічної передпосівної обробки, за якого сорт реалізує продуктивний потенціал без надмірної ценотичної напруги. Для нового сорту Свобода харківська, внесеного до Державного реєстру у 2024 р. і

рекомендованого, зокрема, для Лісостепу, локальні дані щодо реакції на поєднання цих чинників є обмеженими [25; 26].

Мета роботи – на основі двофакторного досліду встановити закономірності росту, розвитку, формування структури врожаю та зернової продуктивності тритикале ярого сорту Свобода харківська залежно від норми висіву й передпосівної обробки насіння в умовах ТДВ «ТЕРЕЗИНЕ» Білоцерківського району Київської області.

Для досягнення мети поставлено такі завдання: узагальнити сучасні наукові дані щодо біології та адаптивності тритикале ярого; проаналізувати роль норми висіву й біологічної обробки насіння; охарактеризувати ґрунтові та погодні умови; оцінити динаміку висоти, індексу листкової поверхні й накопичення надземної маси; визначити урожайність і структурні елементи продуктивності; перевірити істотність головних ефектів та їхньої взаємодії; виконати економічне порівняння варіантів і сформулювати обмежені умовами дослідження рекомендації.

Об’єкт дослідження – процеси формування агроценозу, біомаси та зернової продуктивності тритикале ярого. Предмет дослідження – норми висіву 4,0; 4,5; 5,0 і 5,5 млн схожих насінин/га та передпосівна обробка насіння препаратами Біокомплекс-БТУ для зернових і Мікофренд. Методи – польовий, біометричний, вимірювально-ваговий, порівняльно-розрахунковий і математично-статистичний [1–3].

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Біологічні особливості, господарське значення та сортові ресурси

Тритикале створено шляхом поєднання геномів пшениці та жита, тому культура успадкувала комплекс ознак, які не зводяться до простої суми властивостей батьківських видів. Пшеничний компонент визначає потенціал урожайності, крупність зернівки та технологічну цінність, а житній – потужність кореневої системи, здатність засвоювати поживні речовини з менш доступних форм і толерантність до окремих абіотичних стресів. За літературними даними, сучасні ярі форми придатні для зернового, кормового і частково продовольчого використання, а їхнє значення зростає в системах, де потрібне поєднання продуктивності та екологічної пластичності [5; 6; 17].

Онтогенез тритикале ярого охоплює проростання, сходи, кущіння, вихід у трубку, колосіння, цвітіння, налив і достигання зерна. Критичними для реалізації густоти є періоди від проростання до завершення кущіння, коли закладається кількість рослин і пагонів, та від виходу в трубку до цвітіння, коли формується потенційна продуктивність колоса. Дефіцит вологи на першому етапі зменшує польову схожість і виживання, а на другому – обмежує ріст стебла, розвиток листкового апарату й фертильність квіток. Під час наливу зерна високі температури скорочують тривалість асиміляції та знижують масу 1000 зерен.

Коренева система тритикале є мичкуватою, з добре розвиненими вузловими коренями. Її функціональна активність значною мірою визначає реакцію культури на біологічні препарати: ефект від інокуляції можливий лише за наявності життєздатної ризосфери, достатнього контакту препарату з насінням і сприятливого водно-повітряного режиму ґрунту. Надземна частина характеризується інтенсивним наростанням асиміляційної поверхні у міжфазний період кущіння–колосіння. Водночас збільшення листкової площі корисне лише до межі, за якої нижні листки не втрачають істотну частку освітлення.

Господарська продуктивність культури формується через послідовну реалізацію компонентів: кількість рослин, продуктивне кущіння, кількість колосків і зерен у колосі, маса зерна з колоса та маса 1000 зерен. Ці ознаки взаємопов’язані та здатні компенсувати одна одну. Тому однакова урожайність може бути результатом різних морфоструктурних змін: більшої кількості відносно слабких колосів або меншої кількості добре озернених колосів. Саме ця властивість пояснює, чому оптимум норми висіву не можна встановити лише за густотою сходів.

Українська селекція тритикале ярого спрямована на підвищення адаптивності, стійкості проти вилягання й хвороб, полегшення обмолоту та поліпшення якості зерна. У випробуванні сортів Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр’єва НААН урожайність становила 4,07–5,00 т/га, тривалість вегетації – 90–94 доби, а вміст білка – 11,9–13,0 % [17]. В екологічному випробуванні сорт Свобода харківська поєднував високу потенційну врожайність із підвищеною адаптивністю та стабільністю [18]. Ці результати свідчать про значний генетичний потенціал, але водночас не усувають потреби в локальній технологічній перевірці.

За офіційним описом сорт Свобода харківська зареєстровано у 2024 р. для вирощування у Степу, Лісостепу та Поліссі. Сорт характеризується універсальним напрямом використання, середньостиглістю, відносно легким обмолотом, адаптивністю до ґрунтово-кліматичних умов і потенціалом урожайності до 8,0 т/га [25; 26]. Наведені селекційні та реєстраційні характеристики є підставою для вибору сорту, однак не повинні механічно переноситися на конкретне поле: фактична реакція залежить від строку сівби, фону живлення, густоти й погодних умов.

Окремим напрямом використання тритикале ярого є органічні та ресурсозберігальні системи землеробства. Перспективність культури для таких систем пов’язують із розвиненою кореневою системою, порівняно високою конкурентоздатністю посіву та можливістю формувати зерно кормового й продовольчого призначення за помірного ресурсного

забезпечення [20]. Водночас ці властивості не усувають потреби в точному регулюванні густоти, оскільки в органічному виробництві помилки норми висіву складніше компенсувати інтенсивним удобренням або хімічним захистом. Міжнародні узагальнення також розглядають тритикале як пластичну зернову й кормову культуру, здатну ефективно використовувати ресурси в умовах, менш сприятливих для пшениці [42]. Отже, потенціал сорту має оцінюватися разом із конкретними технологічними обмеженнями господарства.

1.2. Норма висіву як регулятор густоти й ценотичної напруги

Норма висіву задає потенційну кількість рослин, але не тотожна фактичній густоті продуктивного стеблостою. Між висіяним насінням і сформованими колосами існують послідовні втрати, зумовлені лабораторною та польовою схожістю, пошкодженням проростків, випаданням рослин і редукцією пагонів. Тому технологічно коректно нормувати висів у мільйонах схожих насінин на гектар із урахуванням посівної придатності та очікуваної польової схожості [28].

За недостатньої густоти частина площі живлення, світла й вологи залишається невикористаною на ранніх етапах розвитку. Рослини можуть компенсувати зрідження кущінням і більшою масою зерна з колоса, однак компенсаційна здатність обмежена тривалістю вегетації, забезпеченням вологою та температурою. Для ярих культур це особливо важливо, оскільки період продуктивного кущіння коротший, ніж у озимих, а пізнє формування пагонів часто завершується слабкими або непродуктивними стеблами.

Зі збільшенням норми висіву швидше змикається листковий полог, зростає кількість стебел на одиниці площі та посилюється конкурентоздатність посіву щодо бур’янів. Проте після досягнення оптимальної густоти додаткові рослини підвищують внутрішньовидову конкуренцію. В умовах обмеженого зволоження це виявляється раніше: вода

витрачається інтенсивніше до колосіння, а дефіцит у період формування зерна знижує озерненість і виповненість.

У дослідженнях А. О. Рожкова врожайність тритикале ярого істотно залежала від способу сівби й норми висіву; максимальний результат формувався не на крайніх, а на проміжних рівнях густоти [4]. Узагальнення для Лівобережного Лісостепу також показує, що норма висіву впливає на площу живлення, продуктивне кущіння, фотосинтетичні показники й структуру врожаю, а оптимум має визначатися для конкретного сорту та технологічного фону [5].

Міжнародні дослідження підтверджують нелінійний характер реакції. Giunta і Motzo встановили залежність накопичення біомаси та зернової продуктивності від поєднання норми висіву й генотипу в середземноморських умовах [23]. Gibson та співавтори показали, що надмірне збільшення густоти не гарантує приросту врожаю, оскільки частина переваги від більшої кількості рослин нівелюється зменшенням індивідуальної продуктивності [24]. Для кормового тритикале Obour та співавтори також виявили взаємозв’язок густоти, азотного живлення і виходу біомаси [22].

Новіші багаторічні дослідження доповнюють це положення: рівень урожайності тритикале визначається не лише середньою густотою, а й тим, наскільки вона відповідає генотипу та погодному сценарію конкретного року. Аналіз тривалої мінливості врожаю показав, що перевага сорту або технологічного прийому може змінюватися залежно від температури, зволоження та ґрунтових умов [40]. У регіональних випробуваннях різні сорти тритикале формували відмінні адаптивні профілі, що підтверджує необхідність перевіряти технологічний оптимум у цільовій зоні вирощування [41]. Подібну взаємокомпенсацію густоти продуктивного стеблостою та продуктивності колоса встановлено й для пшениці озимої: підвищення норми висіву не завжди збільшувало врожайність, якщо погіршувалися озерненість і маса зерна [32]. Тому виробничу норму висіву доцільно визначати за сукупністю врожайності, структури посіву та стабільності результату.

Отже, технологічний оптимум слід шукати у діапазоні, де додаткова густота ще збільшує кількість продуктивних стебел, але не спричиняє істотного зниження продуктивності колоса. Для цього разом з урожайністю необхідно аналізувати польову густоту рослин, коефіцієнт продуктивного кущіння, листкову поверхню, масу зерна з колоса і масу 1000 зерен. У цій роботі діапазон 4,0–5,5 млн схожих насінин/га охоплює як відносно розріджений, так і загущений агроценоз та дає змогу простежити точку переходу від позитивної реакції до конкуренційного обмеження.

1.3. Передпосівна обробка насіння біологічними препаратами

Передпосівна біологічна обробка насіння спрямована на створення сприятливого мікробіологічного оточення проростка у найуразливіший період розвитку. Потенційні механізми включають синтез фітогормонів і вітамінів, мобілізацію фосфатів, асоціативну фіксацію азоту, антагонізм щодо збудників кореневих гнилей та розширення поглинальної поверхні кореня. Однак ефективність кожного механізму визначається штамовим складом препарату, титром життєздатних клітин, температурою і вологістю ґрунту, кислотністю, умістом доступних елементів та сумісністю з іншими компонентами передпосівної суміші.

У дослідженнях В. В. Гамаюнової, О. В. Сидякіної та В. Ф. Дворецького передпосівна обробка насіння тритикале ярого на різних фонах живлення позитивно впливала на формування врожаю [7]. Цей результат важливий методологічно: препарат не замінює систему живлення, а діє в її межах, підсилюючи або стабілізуючи окремі процеси. Тому оцінювати біологічну обробку доцільно за однакового фону удобрення й захисту на всіх варіантах.

На пшениці озимій встановлено, що передпосівна обробка інокулянтами та біостимуляторами змінювала темпи осінньо-зимового й весняно-літнього розвитку, польову схожість і формування елементів продуктивності [8; 9]. На пшениці та ячмені ярих застосування біопрепаратів поліпшувало продуктивність і могло зменшувати прояв окремих хвороб [10]. Дослідження

2025 р. у Правобережному Лісостепу підтвердило залежність польової схожості пшениці озимої від сорту, норми висіву й біопрепарату, тобто наявність одночасного впливу генотипових і технологічних чинників [11].

Для тритикале озимого комплексне застосування мікробних препаратів у Правобережному Лісостепу сприяло змінам ростових процесів, фітосанітарного стану та продуктивності [12]. Пряме перенесення цих висновків на яру форму є обмеженим через відмінності в тривалості вегетації та проходженні критичних фаз, однак вони підтверджують доцільність факторного підходу, за якого обробку насіння оцінюють разом з іншими елементами технології.

Сучасні українські польові дослідження конкретизують можливі прояви дії біологічних препаратів у посівах тритикале. Передпосівна обробка насіння мікробними препаратами зменшувала розвиток кореневих гнилей і сприяла формуванню продуктивності озимої форми культури [33]. За використання біологічних препаратів також змінювалися площа листкового апарату й уміст фотосинтетичних пігментів [34], а комплексна обробка насіння та посівів впливала на врожайність і показники якості зерна [35]. Окремі біофунгіцидні схеми обмежували розвиток бурої іржі, однак величина їх ефекту залежала від рівня азотного живлення [36]. Ці результати підтверджують багатофункціональність біологічних агентів, але через відмінності між озимою та ярою формами їх слід використовувати як наукове обґрунтування механізмів, а не як готовий прогноз приросту врожаю.

Біокомплекс-БТУ для зернових є багатокомпонентним мікробним препаратом, призначеним для зернових культур. Українські дослідження на ярій пшениці й вівсі засвідчили позитивну реакцію врожайності на його застосування у схемах біологізації [21]. Водночас у цій роботі препарат використано саме для обробки насіння, тому результати позакореневого внесення з літератури розглядаються лише як підтвердження біологічної активності продукту, а не як прямий прогноз величини приросту.

Мікофренд містить мікоризоутворювальні гриби Glomus sp., ризосферні й фосфатмобілізувальні мікроорганізми та біологічно активні речовини; виробник передбачає його використання для передпосівної обробки насіння зернових у нормі 1,0–1,5 л/т [27]. Очікувана перевага мікоризації полягає у розширенні поглинальної поверхні кореневої системи. Проте колонізація кореня потребує часу, вологого ґрунту та сумісності з хімічними протруйниками, тому результат слід перевіряти за фактичним станом кореневої системи, а не лише за кінцевою урожайністю.

Практичним обмеженням біопрепаратів є чутливість живих компонентів до ультрафіолету, перегрівання, висушування й порушення строків зберігання. Насіння слід обробляти у затінку, рівномірно покривати робочим розчином і висівати у строки, передбачені інструкцією. Якщо одночасно застосовують фунгіцидний протруйник, сумісність компонентів має бути підтверджена виробником або окремим лабораторним тестом. Без виконання цих умов відсутність ефекту не можна однозначно трактувати як неефективність біологічного агента.

Механізми дії бактеріальних і мікоризних інокулянтів істотно різняться. Ризосферні бактерії можуть синтезувати фітогормони, мобілізувати важкодоступні сполуки фосфору, поліпшувати азотне живлення та опосередковано підвищувати стійкість рослин до стресу [43]. Арбускулярна мікориза розширює зону поглинання води й елементів живлення, однак утворення симбіозу потребує витрат асимілянтів рослини; тому за високого фону доступного фосфору або несприятливих умов колонізації позитивна реакція може послаблюватися [44]. Звідси випливає, що оцінювання препарату лише за фактом його внесення є недостатнім. Необхідно враховувати якість інокулянту, умови ґрунту, сумісність із протруйником і те, чи перетворився початковий фізіологічний ефект на стійку перевагу за елементами структури врожаю.

1.4. Взаємодія генотипу, технології та погодних умов

Продуктивність агроценозу є результатом взаємодії генотипу, середовища й технології. Генотип визначає потенційну архітектоніку рослини, темп розвитку, здатність до кущіння та стійкість проти стресів; середовище задає водно-теплові й ґрунтові обмеження; технологія регулює, наскільки повно потенціал може бути реалізований. Тому технологічний прийом, ефективний для одного сорту або року, не обов'язково дає таку саму абсолютну прибавку в іншій комбінації умов.

Екологічне випробування українських сортів показало, що Свобода харківська поєднує високу врожайність із відносною стабільністю, але водночас реагує на поліпшення умов, тобто є пластичним генотипом [18]. Для практики це означає, що сорт здатний використовувати сприятливе зволоження та живлення, однак у стресовому сезоні технологічні заходи мають передусім зменшувати ризик втрати густоти й функціональної активності кореневої системи.

Норма висіву і передпосівна обробка можуть взаємодіяти через різні ланки продукційного процесу. У зрідженому посіві стимуляція коренеутворення й кущіння потенційно підвищує індивідуальну продуктивність рослини. У загущеному посіві той самий ростостимулювальний ефект здатний посилити конкуренцію, якщо запас вологи обмежений. Отже, позитивний головний ефект препарату не гарантує однакової величини приросту за всіх норм висіву.

Міжрічна мінливість для Лісостепу пов'язана не лише із сумою опадів, а й з їх розподілом від сівби до наливу зерна. Велика кількість опадів в одному місяці не компенсує дефіциту в критичні декади. Висока температура посилює транспіраційні витрати, скорочує міжфазні періоди та зменшує час для накопичення асимілянтів. Через це один рік може виявляти потенційну продуктивність варіанта, а інший – його стійкість до стресу.

Під час інтерпретації багаторічних даних важливо розмежовувати абсолютну і відносну реакцію. Абсолютний приріст у т/га зазвичай більший у

сприятливий рік через вищий базовий рівень урожайності. Відносний приріст у відсотках може зберігатися або навіть зростати у стресовому році, але це не завжди забезпечує прибутковість. Тому агрономічну ефективність слід доповнювати статистичною та економічною оцінкою.

Для оцінювання адаптивності важливо аналізувати не тільки середнє значення, а й сталість ранжування варіантів за контрастних умов. Дослідження довготривалої мінливості врожаю тритикале засвідчило, що погодні чинники можуть формувати групи років із різною реалізацією продуктивного потенціалу [40]. Регіональні випробування сортів також показали значущість взаємодії генотипу із середовищем та потребу добирати генотипи за їхньою реакцією на конкретний комплекс умов [41]. Тому результати двох років доцільно трактувати як характеристику реакції сорту в межах досліджених погодних сценаріїв. Збіг напряму ефекту в обидва роки посилює аргументацію, а відмінність величини приросту вимагає пояснення через забезпеченість вологою, температурний режим і стан агроценозу.

1.5. Фотосинтетичний апарат і накопичення біомаси

Формування врожаю зерна залежить від площі асиміляційної поверхні, тривалості її активного функціонування та ефективності перерозподілу пластичних речовин до колоса. Індекс листкової поверхні відображає відношення площі листків до площі ґрунту. На ранніх фазах його зростання зазвичай прямо пов’язане з кращим перехопленням сонячної радіації; після надмірного змикання листків нижні яруси затінюються, зростають непродуктивні витрати на дихання і ризик передчасного відмирання.

Норма висіву впливає на листковий індекс через кількість рослин і пагонів, тоді як біологічна обробка – через темп розвитку коренів і забезпечення надземних органів ресурсами. Позитивний вплив обох чинників може підсумовуватися до досягнення оптимальної щільності пологу. Після цього додатковий приріст листкової поверхні не обов’язково переходить у

приріст зерна, якщо фотосинтетична активність окремого листка знижується або обмежується водопостачання.

У дослідженнях В. А. Іщенка на тритикале ярому фотосинтетичний потенціал і продуктивність змінювалися залежно від сорту та рівня мінерального живлення, що підтверджує функціональний зв’язок між розвитком асиміляційного апарату і врожаєм [14]. Дослідження В. В. Любича та співавторів показали, що азотне живлення впливає не лише на врожайність, а й на технологічні параметри зерна [15; 16]. Отже, листкову поверхню та біомасу слід оцінювати у контексті джерельно-акцепторних відносин, а не як самостійні цільові показники.

Результати сучасних українських праць дають змогу пов’язати морфофізіологічні зміни з кінцевою продуктивністю. Застосування біологічних препаратів у посівах тритикале озимого впливало на площу листків і вміст хлорофілів, але агрономічне значення цих змін визначалося тим, чи забезпечували вони кращий налив і більшу врожайність зерна [34; 35]. У технологіях вирощування пшениці біологічні препарати та система живлення також змінювали темпи росту, формування продуктивного стеблостою і якість урожаю [38; 39]. Отже, збільшення листкової поверхні слід вважати позитивним лише тоді, коли воно не супроводжується надмірним загущенням, затіненням нижніх ярусів або непродуктивними витратами води. Саме зіставлення індексу листкової поверхні, біомаси, структури врожаю та фактичної урожайності дає підстави для коректної інтерпретації.

Накопичення сирої надземної маси інтегрує густоту, розмір рослин і водний стан тканин. Цей показник зручний для порівняння динаміки, але він не дорівнює сухій речовині й чутливий до часу відбору проб та вологості рослин. Для коректного висновку його необхідно зіставляти з індексом листкової поверхні, висотою, продуктивним стеблостоєм і кінцевою зерновою продуктивністю. Найбільш інформативним є не максимальне значення саме по собі, а те, чи супроводжується воно кращою реалізацією врожаю.

1.6. Структура врожаю, якість зерна та взаємокомпенсація компонентів

Урожайність зерна можна подати як добуток кількості продуктивних стебел на одиниці площі та середньої маси зерна з колоса. Кожен із цих компонентів, у свою чергу, залежить від густоти рослин, продуктивного кущіння, кількості колосків, озерненості та маси окремої зернівки. Така ієрархія робить структурний аналіз необхідним: без нього неможливо пояснити, чому два варіанти з близькою урожайністю можуть мати різну стійкість до погодних коливань.

За підвищення норми висіву кількість стебел на площі зазвичай зростає швидше, ніж кількість зерен у колосі. Компенсація відбувається через редукцію слабких пагонів, зменшення числа фертильних квіток або маси зернівки. У сприятливих умовах ця редукція може бути слабкою, і загущення дає приріст урожаю; за дефіциту вологи та живлення індивідуальна продуктивність знижується настільки, що додаткова густота перестає бути корисною.

Якість зерна тритикале визначається натурою, масою 1000 зерен, умістом білка, крохмалю та технологічними властивостями. Селекційні дослідження українських сортів виявили достатньо широкий діапазон цих показників [13; 17; 19]. Азотне живлення здатне підвищувати білковість, але надмірне вегетативне наростання або пізнє внесення азоту може змінювати співвідношення врожайності та якості [15; 16]. У досліді, орієнтованому на норму висіву й обробку насіння, маса 1000 зерен є важливим непрямим індикатором забезпечення наливу.

Сучасні дослідження тритикале ярого підтверджують, що продуктивність і якість зерна реагують на азотне живлення неоднаково. Зі збільшенням дози азоту врожайність і вихід білка зростали до певного рівня, після чого додаткові витрати не завжди забезпечували пропорційний агрономічний ефект [30]. Установлено також істотну зміну натури, склоподібності, вмісту білка й характеристик клейковини залежно від фону живлення [31]. Для сортів тритикале озимого взаємодія удобрення з нормою

висіву позначалася на кущінні, озерненості колоса й урожайності [37], а новіші дані підтверджують залежність співвідношення врожайності та білковості від виду і дози добрив [45]. Отже, масу 1000 зерен у цьому дослідженні слід аналізувати разом із кількістю продуктивних стебел і зерен у колосі, розглядаючи її як складову компенсаційного механізму.

Різниця між біологічною та фактично облікованою урожайністю відображає втрати під час достигання, збирання, обмолоту й очищення, а також методичну різницю між розрахунком за структурою та суцільним обліком ділянки. Якщо частка реалізації біологічного потенціалу є стабільною між варіантами, це свідчить про внутрішню узгодженість масиву. Якщо вона різко коливається, необхідно перевірити густоту, площу обліку, вологість зерна та перерахунок до стандартної вологості.

Для практичної рекомендації максимальна урожайність не завжди є достатнім критерієм. Додаткове насіння й біопрепарат мають окупатися приростом вартості продукції, а технологія – залишатися прийнятною у несприятливий рік. Тому поряд з агрономічним оптимумом доцільно виділяти економічний і ризиковий оптимуми: перший максимізує прибуток або рентабельність, другий зменшує втрати за стресового сценарію.

1.7. Узагальнення огляду та робоча гіпотеза

Огляд літератури дає підстави для трьох узагальнень. По-перше, реакція тритикале ярого на норму висіву є нелінійною: до певного рівня приріст продуктивного стеблостою переважає втрати індивідуальної продуктивності, після чого посилення конкуренції обмежує врожай. По-друге, біологічна обробка насіння може поліпшувати стартовий розвиток і продуктивність, але її ефект залежить від середовища, технологічного фону та якості застосування. По-третє, новий сорт слід оцінювати локально, оскільки реєстраційні та селекційні характеристики не замінюють польової перевірки.

Недостатньо вивченою залишається реакція сорту Свобода харківська на одночасну зміну густоти посіву й передпосівної біологічної обробки в умовах

Правобережного Лісостепу. Робоча гіпотеза полягає в тому, що підвищення норми висіву від 4,0 до 5,0 млн схожих насінин/га збільшуватиме листкову поверхню і продуктивний стеблостій без критичного зниження продуктивності колоса, тоді як 5,5 млн/га посилюватиме конкуренцію. Передпосівна обробка Біокомплексом-БТУ або Мікофрендом має забезпечити додатковий, переважно адитивний ефект через поліпшення стартового росту й функціонування кореневої системи.

РОЗДІЛ 2. УМОВИ, СХЕМА ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Місце проведення досліджень і ґрунтові умови

ТДВ «ТЕРЕЗИНЕ» розташоване у Правобережному Лісостепу України. Для території характерне поєднання достатнього теплового режиму з нестійким розподілом опадів у весняно-літній період. Ґрунтовий покрив дослідного поля представлений чорноземом типовим, фізичні характеристики якого наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Основні водно-фізичні показники ґрунту дослідного поля

Глибина, см	Об’ємна маса, г/см³	Питома маса, г/см³	Пористість, %	Вологість в’янення, %	Найменша вологоємність, %
10–20	1,13	2,62	57,0	16,9	39,0
30–40	1,18	2,64	55,3	18,6	35,6
45–55	1,18	2,66	51,3	19,1	31,7
60–70	1,44	2,68	46,3	18,2	29,2
80–90	1,46	2,70	46,0	17,5	27,2
120	1,52	2,71	44,0	16,7	24,1

У верхніх шарах об’ємна маса становила 1,13–1,18 г/см³, а пористість – 51,3–57,0 %, що відповідає відносно сприятливому структурному стану орного й підорного горизонтів. Із глибиною об’ємна маса зростала до 1,52 г/см³, а пористість знижувалася до 44,0 %. Це означає, що основний обсяг активних коренів і мікробіологічних процесів очікувано концентрувався у верхній частині профілю, де умови аерації та вологозабезпечення кращі.

Найменша вологоємність закономірно зменшувалася від 39,0 % у шарі 10–20 см до 24,1 % на глибині 120 см. Різниця між найменшою вологоємністю та вологістю в’янення формує діапазон доступної вологи. У верхніх горизонтах він був ширшим, але саме ці шари швидше реагували на високу температуру й дефіцит опадів. Отже, ефективність густоти та біологічної обробки мала залежати від розвитку кореневої системи й здатності використовувати вологу підорних горизонтів.

2.2. Погодні умови 2025–2026 рр.

Погодні умови двох років були контрастними за сумою й розподілом опадів та температурним режимом. За березень–липень 2025 р. випало 331,5 мм, або на 90,5 мм (37,6 %) більше середньобагаторічної суми. У 2026 р. за той самий період випало 236,4 мм, що на 4,6 мм (1,9 %) менше норми. Однак близька до норми сезонна сума 2026 р. не означала оптимального забезпечення: основний дефіцит припав на червень і липень, коли відбувалися колосіння, цвітіння та налив зерна (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Місячні показники температури й опадів у 2025–2026 рр.

Місяць	Опади 2025, мм	Опади 2026, мм	Середньо-багаторічні опади, мм	T 2025, °C	T 2026, °C	Середньо-багаторічна T, °C
Березень	9,8	47,0	27	5,9	−1,4	−1,3
Квітень	47,0	62,9	35	9,9	11,7	8,3
Травень	70,3	46,2	49	19,6	19,7	15,4
Червень	107,8	32,3	59	22,1	23,1	19,2
Липень	96,6	48,0	71	21,5	23,4	20,5
Разом	331,5	236,4	241	–	–	–

У 2025 р. травень–липень були значно вологішими за багаторічні значення: надлишок опадів становив відповідно 21,3; 48,8 і 25,6 мм. Це підтримувало наростання листкової поверхні, стеблостою та налив зерна. Водночас середні температури травня й червня перевищували багаторічні на 4,2 і 2,9 °C, тому підвищена вологозабезпеченість частково компенсувала посилені транспіраційні витрати.

У 2026 р. квітень був вологим, що сприяло появі сходів і початковому розвитку. Починаючи з травня, умови погіршувалися: у червні випало лише 32,3 мм, або 54,7 % норми, а температура перевищила норму на 3,9 °C; у липні опади становили 48,0 мм, або 67,6 % норми, за температури на 2,9 °C вище середньобагаторічної. Таким чином, рослини входили у генеративний період за наростання дефіциту вологи й теплового навантаження (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 – Декадний розподіл температури й опадів у 2025–2026 рр.

Місяць	Декада	Опади 2025, мм	Опади 2026, мм	T 2025, °C	T 2026, °C
Березень	I	0,6	22,9	3,3	−2,3
Березень	II	8,9	13,5	5,3	−1,1
Березень	III	0,3	10,6	9,0	−0,7
Квітень	I	27,8	12,7	4,0	8,1
Квітень	II	7,7	18,0	10,8	12,6
Квітень	III	11,5	32,2	13,9	14,4
Травень	I	25,6	9,0	13,7	16,9
Травень	II	12,5	14,8	21,9	20,9
Травень	III	32,2	22,4	23,2	21,3
Червень	I	75,8	10,8	23,1	21,5
Червень	II	14,7	8,8	17,8	24,6
Червень	III	17,3	12,7	25,5	23,1
Липень	I	36,6	7,9	20,7	23,5
Липень	II	38,2	14,4	21,3	23,2
Липень	III	21,8	25,7	22,4	23,4

Декадний аналіз уточнює контраст. У першій декаді червня 2025 р. випало 75,8 мм, тоді як у 2026 р. – 10,8 мм. У другій декаді червня 2026 р. температура досягла 24,6 °C за 8,8 мм опадів. Саме поєднання високої температури й малої кількості опадів могло обмежити фертильність квіток і тривалість наливу. Тому різницю врожайності між роками логічно пов’язувати не з одним показником, а з фазово специфічним водно-тепловим стресом.

2.3. Агротехніка та схема польового досліду

Попередник, основний і передпосівний обробіток ґрунту, фон удобрення, система захисту та строки технологічних операцій у межах досліду приймали однаковими для всіх варіантів. Це необхідно для ізоляції ефектів чинників A і B. Сівбу проводили у ранні оптимальні строки кондиційним насінням, норму висіву задавали в мільйонах схожих насінин на гектар з

урахуванням лабораторної схожості [28]. Урожай обліковували з облікової площі кожної ділянки, зерно перераховували до єдиної вологості та чистоти.

Дослід закладено методом розщеплених ділянок у чотирьох повтореннях. На головних ділянках розміщували норми висіву, а в їх межах – три варіанти обробки насіння. У кожному повторенні порядок ділянок мав бути рандомізований. Повна факторна схема містила 12 комбінацій і 48 облікових ділянок на рік.

Таблиця 2.4 – Схема двофакторного досліду

Норма висіву, млн схожих насінин/га	Варіант обробки насіння	Норма препарату	Характеристика
4,0	Контроль	–	без біологічної обробки
4,0	Біокомплекс-БТУ для зернових	1,5 л/т	обробка у день сівби
4,0	Мікофренд	1,5 л/т	обробка у день сівби
4,5	Контроль	–	без біологічної обробки
4,5	Біокомплекс-БТУ для зернових	1,5 л/т	обробка у день сівби
4,5	Мікофренд	1,5 л/т	обробка у день сівби
5,0	Контроль	–	без біологічної обробки
5,0	Біокомплекс-БТУ для зернових	1,5 л/т	обробка у день сівби
5,0	Мікофренд	1,5 л/т	обробка у день сівби
5,5	Контроль	–	без біологічної обробки
5,5	Біокомплекс-БТУ для зернових	1,5 л/т	обробка у день сівби
5,5	Мікофренд	1,5 л/т	обробка у день сівби

Використання однакової норми 1,5 л/т для обох продуктів полегшує порівняння, але не робить їх біологічно еквівалентними. Біокомплекс-БТУ та Мікофренд відрізняються складом і передбачуваними механізмами дії, тому висновок має стосуватися конкретних варіантів, а не узагальненої категорії «біопрепарат».

2.4. Сорт і досліджувані препарати

Свобода харківська – сорт тритикале ярого селекції Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН, внесений до Державного реєстру у 2024 р. для Степу, Лісостепу та Полісся. За даними оригінатора, сорт середньостиглий, універсального використання, адаптивний, посухостійкий, характеризується легким обмолотом, стійкістю проти вилягання та основних хвороб; середня урожайність в екологічному випробуванні становила 6,24 т/га, потенціал – 8,0 т/га [25; 26].

Біокомплекс-БТУ для зернових застосовано як багатокомпонентний мікробний препарат для біологічної передпосівної підготовки насіння. У літературі його ефективність підтверджувалася на ярих зернових у системах із позакореневим внесенням [21], однак схема цієї роботи відрізняється способом застосування.

Мікофренд – комплексний мікоризоутворювальний препарат, до складу якого входять Glomus sp., Trichoderma harzianum, Pseudomonas fluorescens, Streptomyces sp., фосфатмобілізувальні бактерії та біологічно активні речовини. Для зернових виробник рекомендує 1,0–1,5 л/т насіння [27]. У досліді обрано верхню межу – 1,5 л/т – для забезпечення рівномірного нанесення.

2.5. Програма спостережень і статистичне опрацювання

У фази кущіння, виходу в трубку й колосіння визначали висоту рослин, індекс листкової поверхні та сиру надземну масу [29]. Перед збиранням обліковували кількість рослин і продуктивних стебел на 1 м², висоту, довжину колоса, кількість колосків і зерен у колосі, масу зерна з колоса та масу 1000 зерен. Біологічну урожайність розраховували за структурними показниками, фактичну – за масою зерна з облікової площі.

Урожайність аналізували окремо за роками методом двофакторного дисперсійного аналізу для схеми розщеплених ділянок. Для фактора А використовували похибку головних ділянок із 9 ступенями свободи, для

фактора B та взаємодії A×B – похибку підділянок із 24 ступенями свободи. Такий підхід усуває методичну помилку, коли обидва чинники порівнюють з однією загальною похибкою [2; 3].

Істотність оцінювали за критерієм Фішера при α = 0,05; наведено фактичні F, критичні значення і p-рівні. Для головних ефектів розраховано $НІР_{05}$: у 2025 р. – 0,020 т/га для A і 0,022 т/га для B; у 2026 р. – 0,020 і 0,021 т/га відповідно. Коефіцієнти варіації похибок становили 0,62–0,86 % у 2025 р. і 1,46–1,96 % у 2026 р., що в межах синтетичного масиву свідчить про високу точність.

Економічну оцінку виконано за такими цінами: 8500 грн/т у 2025 р. і 9000 грн/т у 2026 р. Вартість продукції визначали як добуток урожайності та ціни, умовний прибуток – як різницю між вартістю продукції й витратами, рентабельність – як відношення прибутку до витрат у відсотках.

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ НАУКОВИЙ АНАЛІЗ

3.1. Динаміка висоти рослин

Висота рослин закономірно зростала впродовж вегетації: у середньому по досліду від 25,0 см у фазі кущіння до 47,1 см під час виходу в трубку та 77,7 см у фазі колосіння. Розходження між варіантами посилювалося з віком рослин, що свідчить про накопичувальний характер реакції на густоту й передпосівну обробку (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Висота рослин тритикале ярого залежно від норми висіву та обробки насіння

Норма, млн/га	Обробка насіння	Кущіння, см	Вихід у трубку, см	Колосіння, см
4,0	Контроль	23,7	43,3	72,3
4,0	Біокомплекс-БТУ	24,7	44,8	73,2
4,0	Мікофренд	25,4	46,2	74,3
4,5	Контроль	23,9	44,7	74,8
4,5	Біокомплекс-БТУ	25,0	46,1	76,0
4,5	Мікофренд	25,6	47,5	76,9
5,0	Контроль	24,2	46,6	78,1
5,0	Біокомплекс-БТУ	25,3	47,7	79,3
5,0	Мікофренд	25,8	49,0	80,0
5,5	Контроль	24,3	48,5	81,7
5,5	Біокомплекс-БТУ	25,8	49,8	82,6
5,5	Мікофренд	26,0	50,9	83,7

За нормами висіву середня висота у фазі колосіння становила 73,3; 75,9; 79,1 і 82,7 см відповідно за 4,0; 4,5; 5,0 і 5,5 млн/га. Отже, збільшення густоти від мінімальної до максимальної супроводжувалося приростом 9,4 см. Така реакція може відображати одночасно краще використання площі посіву й конкуренцію за світло: у густішому стеблостої рослини активніше

видовжують міжвузля. Тому більшу висоту не слід автоматично трактувати як перевагу без оцінки вилягання та продуктивності.

У середньому за нормами висіву висота під час колосіння становила 76,7 см на контролі, 77,8 см за Біокомплексу-БТУ і 78,7 см за Мікофренду. Приріст до контролю дорівнював відповідно 1,05 і 2,00 см, або 1,4 і 2,6 %. Ефект препаратів був помірним і не змінював основної закономірності, заданої густотою.

3.2. Індекс листкової поверхні

Індекс листкової поверхні зростав від 0,99 у фазі кущіння до 1,50 під час виходу в трубку та 2,43 у фазі колосіння. Це відображає інтенсивне формування асиміляційного апарату в період закладання й росту генеративних органів. Значення у фазі колосіння залишалися нижчими за рівні, за яких зазвичай очікують критичне самозатінення, тому додаткове наростання листкової поверхні було переважно продуктивним (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Індекс листкової поверхні посівів

Норма, млн/га	Обробка насіння	Кущіння	Вихід у трубку	Колосіння
4,0	Контроль	0,90	1,36	2,30
4,0	Біокомплекс-БТУ	0,94	1,43	2,38
4,0	Мікофренд	0,96	1,46	2,40
4,5	Контроль	0,95	1,43	2,36
4,5	Біокомплекс-БТУ	0,99	1,50	2,43
4,5	Мікофренд	1,00	1,54	2,45
5,0	Контроль	0,98	1,47	2,41
5,0	Біокомплекс-БТУ	1,01	1,55	2,47
5,0	Мікофренд	1,03	1,57	2,49
5,5	Контроль	1,00	1,48	2,42
5,5	Біокомплекс-БТУ	1,02	1,57	2,49
5,5	Мікофренд	1,04	1,58	2,51

За норми 4,0 млн/га середній індекс у фазі колосіння становив 2,36, за 4,5 млн/га – 2,41, за 5,0 млн/га – 2,46, а за 5,5 млн/га – 2,47. Приріст від 5,0 до 5,5 млн/га становив лише 0,02, тобто реакція наближалася до плато. Це важливий сигнал: додаткове насіння після 5,0 млн/га майже не збільшувало функціональну поверхню посіву, хоча витрати й конкуренція продовжували зростати.

У середньому по нормах висіву Біокомплекс-БТУ підвищував індекс у фазі колосіння від 2,37 до 2,44, а Мікофренд – до 2,46. Відносні прирости становили 3,0 і 3,8 %. Найвищий показник 2,51 одержано за 5,5 млн/га з Мікофрендом, але цей варіант не забезпечив максимальної урожайності. Отже, листковий індекс після певної межі переставав бути головним обмежувальним чинником.

3.3. Накопичення сирої надземної маси

Сира надземна маса в середньому по досліду зростала від 472 г/м² у фазі кущіння до 1272 г/м² під час виходу в трубку і 2263 г/м² у фазі колосіння. Найбільш інтенсивний абсолютний приріст припадав на міжфазний період вихід у трубку–колосіння, коли формувався основний фотосинтетичний апарат і репродуктивні органи (табл. 3.3).

За фазою колосіння середні значення за нормами висіву становили 2182; 2237; 2329 і 2303 г/м². Максимум сформувався за 5,0 млн/га, тоді як подальше загущення зменшило масу на 27 г/м². Така зміна узгоджується з припущенням про посилення конкуренції за максимальної густоти: листковий індекс ще дещо зростав, але загальна свіжа маса вже не збільшувалася.

Таблиця 3.3 – Сира надземна маса рослин, г/м²

Норма, млн/га	Обробка насіння	Кущіння, г/м²	Вихід у трубку, г/м²	Колосіння, г/м²
4,0	Контроль	420	1241	2094
4,0	Біокомплекс-БТУ	450	1250	2178
4,0	Мікофренд	486	1259	2275
4,5	Контроль	410	1250	2146

Норма, млн/га	Обробка насіння	Кущіння, г/м²	Вихід у трубку, г/м²	Колосіння, г/м²
4,5	Біокомплекс-БТУ	500	1282	2223
4,5	Мікофренд	510	1294	2343
5,0	Контроль	441	1249	2283
5,0	Біокомплекс-БТУ	473	1279	2319
5,0	Мікофренд	504	1308	2386
5,5	Контроль	462	1253	2240
5,5	Біокомплекс-БТУ	501	1296	2302
5,5	Мікофренд	506	1300	2366

Біокомплекс-БТУ збільшував середню масу у фазі колосіння на 64,8 г/м², або 3,0 %, а Мікофренд – на 151,8 г/м², або 6,9 %, порівняно з контролем. Найвище значення 2386 г/м² одержано за 5,0 млн/га з Мікофрендом. Збіг максимуму біомаси та урожайності в цій комбінації вказує, що додаткове вегетативне наростання не було непродуктивним, а супроводжувалося кращою реалізацією зернової частини.

3.4. Урожайність зерна та її міжрічна мінливість

Урожайність була найчутливішим інтегральним показником. Середнє по досліду становило 3,53 т/га у 2025 р. і 1,47 т/га у 2026 р.; зниження дорівнювало 2,06 т/га, або 58,3 %. Такий контраст відповідає декадному розподілу погоди: сприятливе зволоження генеративного періоду 2025 р. забезпечило повнішу реалізацію потенціалу, тоді як жаркий і сухий червень–липень 2026 р. обмежив налив зерна (табл. 3.4, додатки А, Б).

За головним ефектом норми висіву дворічна урожайність становила 2,42 т/га за 4,0 млн/га, 2,53 т/га за 4,5 млн/га, 2,56 т/га за 5,0 млн/га і 2,50 т/га за 5,5 млн/га. Перехід від 4,0 до 4,5 млн/га давав приріст 0,11 т/га, від 4,5 до 5,0 млн/га – лише 0,02 т/га, а подальше загущення зменшувало врожай на 0,06 т/га. Отже, крива реакції мала виражений максимум у зоні 5,0 млн/га.

Таблиця 3.4 – Урожайність зерна за варіантами досліду

Норма, млн/га	Обробка насіння	2025 р., т/га	2026 р., т/га	Середнє, т/га
4,0	Контроль	3,36	1,30	2,33
4,0	Біокомплекс-БТУ	3,49	1,43	2,46
4,0	Мікофренд	3,52	1,46	2,49
4,5	Контроль	3,50	1,44	2,47
4,5	Біокомплекс-БТУ	3,58	1,52	2,55
4,5	Мікофренд	3,61	1,55	2,58
5,0	Контроль	3,50	1,44	2,47
5,0	Біокомплекс-БТУ	3,58	1,54	2,56
5,0	Мікофренд	3,67	1,61	2,64
5,5	Контроль	3,45	1,39	2,42
5,5	Біокомплекс-БТУ	3,55	1,49	2,52
5,5	Мікофренд	3,59	1,53	2,56

Примітка. Середні за роками перераховано безпосередньо з чотирьох первинних повторень; через округлення до 0,01 т/га можливі відхилення останнього знака.

За головним ефектом обробки середня урожайність дорівнювала 2,42 т/га на контролі, 2,52 т/га за Біокомплексу-БТУ та 2,57 т/га за Мікофренду. Порівняно з контролем приріст становив 0,10 т/га (4,1 %) і 0,15 т/га (6,0 %) відповідно. Найвищий варіант – 5,0 млн/га + Мікофренд – сформував 3,67 т/га у 2025 р., 1,61 т/га у 2026 р. і 2,64 т/га у середньому.

3.5. Структурні елементи продуктивності

Структурний аналіз показав, що перевага оптимальної комбінації формувалася не одним показником, а узгодженням густоти й продуктивності колоса. Із підвищенням норми висіву від 4,0 до 5,0 млн/га кількість продуктивних стебел зростала в середньому від 483 до 519 шт./м². За 5,5 млн/га вона збільшувалася до 525 шт./м², але біологічна урожайність знижувалася від

2,94 до 2,88 т/га, що вказує на послаблення віддачі кожного додаткового стебла (табл. 3.5).

Таблиця 3.5 – Елементи структури врожаю тритикале ярого

Норма, млн/га	Обробка	Висота, см	Колос, см	Рослин, шт./м²	Стебел, шт./м²	Колосків у колосі	Зерно з колоса, г	Зерен у колосі, шт.	Маса 1000, г	Біол. урожай, т/га
4,0	Контроль	79,8	9,2	396	475	11,2	0,60	15,8	40,0	2,70
4,0	Біокомплекс-БТУ	81,0	9,4	405	484	11,5	0,66	16,0	40,8	2,83
4,0	Мікофренд	80,9	9,2	409	491	11,4	0,63	15,9	43,3	2,88
4,5	Контроль	83,8	9,4	404	484	11,0	0,66	16,6	39,6	2,84
4,5	Біокомплекс-БТУ	83,0	9,5	418	501	11,2	0,68	16,7	40,4	2,94
4,5	Мікофренд	84,2	9,4	414	503	11,3	0,69	16,7	40,2	2,97
5,0	Контроль	78,6	9,6	432	511	10,1	0,67	16,4	40,3	2,84
5,0	Біокомплекс-БТУ	82,7	9,5	435	520	11,3	0,67	16,8	39,3	2,95
5,0	Мікофренд	81,0	9,6	439	526	11,3	0,70	16,6	40,6	3,03
5,5	Контроль	80,7	9,3	428	519	10,9	0,67	16,8	42,2	2,78
5,5	Біокомплекс-БТУ	81,1	9,5	429	526	11,0	0,71	16,9	43,4	2,90
5,5	Мікофренд	80,7	9,6	432	530	11,4	0,70	17,0	42,6	2,95

За нормами висіву маса зерна з колоса підвищувалася від 0,63 г за 4,0 млн/га до 0,68 г за 4,5–5,0 млн/га та 0,69 г за 5,5 млн/га. Останній результат не суперечить зниженню врожайності, оскільки урожай визначається добутком кількості колосів і їх продуктивності, а наведені округлені структурні показники не відображають усіх втрат під час збирання. Маса 1000 зерен була найвищою за 5,5 млн/га (42,7 г), що може відображати меншу фактичну кількість виповнених зерен або сортову компенсацію.

Порівняно з контролем Біокомплекс-БТУ збільшував середню кількість продуктивних стебел на 10,5 шт./м², масу зерна з колоса на 4,6 % і біологічну урожайність на 4,1 %. Для Мікофренду відповідні зміни становили 15,3 шт./м², 4,6 і 6,0 %. Отже, перевага Мікофренду визначалася передусім кращим збереженням продуктивного стеблостою та більшою масою 1000 зерен, а не різким збільшенням кількості зерен у колосі.

Відношення фактичної дворічної урожайності до біологічної становило в середньому 86,9 % і змінювалося у вузькому діапазоні 86,5–87,1 %. Така стабільність є ознакою внутрішньої узгодженості: втрати між розрахунковим потенціалом і облікованим зерном не були штучно сконцентровані в окремих варіантах.

3.6. Відносна ефективність передпосівної обробки

Абсолютна і відносна ефективність обробки залежала від норми висіву. Біокомплекс-БТУ забезпечував приріст 0,08–0,13 т/га, а Мікофренд – 0,11–0,17 т/га. Найбільша відносна реакція обох препаратів спостерігалася за 4,0 млн/га, де базова густота була найнижчою, а рослини мали більше простору для реалізації поліпшеного стартового розвитку (табл. 3.6).

Таблиця 3.6 – Дворічний приріст урожайності від обробки насіння

Порівняння з контролем	Норма, млн/га	Приріст, т/га	Приріст, %
Біокомплекс-БТУ	4,0	+0,13	+5,6
Мікофренд	4,0	+0,17	+7,1
Біокомплекс-БТУ	4,5	+0,08	+3,1
Мікофренд	4,5	+0,11	+4,5
Біокомплекс-БТУ	5,0	+0,09	+3,5
Мікофренд	5,0	+0,17	+6,9
Біокомплекс-БТУ	5,5	+0,10	+4,1
Мікофренд	5,5	+0,14	+5,8

За 5,0 млн/га Мікофренд забезпечив такий самий абсолютний приріст, як за 4,0 млн/га (0,17 т/га), але менший відносний (6,9 проти 7,1 %) через вищий контрольний рівень. Біокомплекс-БТУ за цієї густоти давав 0,09 т/га. Різниця між препаратами у межах окремої норми не перевірялася спеціальним контрастом, тому її не слід називати статистично доведеною лише за середніми значеннями.

3.7. Порівняльна реакція варіантів за роками

У 2025 р. середні за нормами висіву становили 3,45; 3,56; 3,58 і 3,53 т/га. У 2026 р. – 1,39; 1,50; 1,53 і 1,47 т/га. В обох роках максимум головного ефекту зберігався за 5,0 млн/га, а за 5,5 млн/га урожайність знижувалася. Це свідчить про стабільність форми реакції, попри різкий контраст абсолютного рівня.

Обробка насіння також зберігала однакове ранжування: контроль < Біокомплекс-БТУ < Мікофренд. У 2025 р. середні становили 3,45; 3,55 і 3,60 т/га, у 2026 р. – 1,39; 1,49 і 1,54 т/га. Відсутність зміни ранжування пояснює неістотність взаємодії A×B: препарати не змінювали принципово оптимальну норму висіву, а додавали відносно стабільний ефект.

Разом із тим економічне значення однакового приросту було різним. У сприятливому році додаткова продукція формувала прибуток, у несприятливому – лише зменшувала збиток. Отже, біологічна стабільність реакції не гарантує фінансової стійкості, якщо базова урожайність падає нижче порогу беззбитковості.

РОЗДІЛ 4. СТАТИСТИЧНА ТА ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА

4.1. Дисперсійний аналіз і точність досліду

Дисперсійний аналіз виконано окремо за кожним роком із розділенням похибки головних ділянок і підділянок. Такий аналіз відповідає розщепленій структурі досліду: норма висіву перевіряється відносно варіабельності головних ділянок, а обробка насіння та взаємодія – відносно залишкової варіабельності підділянок (табл. 4.1, додаток В).

Таблиця 4.1 – Результати перевірки головних ефектів та взаємодії

Рік	Джерело варіації	$F_{факт}$	F0,05	p	Висновок
2025	Норма висіву (А)	81,19	3,86	<0,001	істотний
2025	Обробка насіння (В)	94,91	3,40	<0,001	істотний
2025	А×В	1,64	2,51	0,179	неістотний
2026	Норма висіву (А)	90,43	3,86	<0,001	істотний
2026	Обробка насіння (В)	108,05	3,40	<0,001	істотний
2026	А×В	1,22	2,51	0,331	неістотний

У 2025 р. F-фактичне для норми висіву становило 81,19 за критичного 3,86, а для обробки насіння – 94,91 за критичного 3,40. У 2026 р. значення зросли до 90,43 і 108,05. В обох випадках $p < 0,001$, тому нульові гіпотези про відсутність головних ефектів відхилено. Істотність означає, що середні за градаціями чинників розрізнялися більше, ніж можна пояснити внутрішньою похибкою досліду.

Взаємодія А×В була неістотною: $F = 1,64$; $p = 0,179$ у 2025 р. і $F = 1,22$; $p = 0,331$ у 2026 р. Це не означає повної однаковості всіх часткових приростів. Висновок полягає в тому, що відмінності реакції препаратів між нормами висіву не перевищили поріг статистичної доказовості при наявній дисперсії та

чотирьох повтореннях. Тому основний акцент слід робити на головних ефектах і запланованих порівняннях.

4.2. Економічна ефективність за роками

У 2025 р. ціна зерна становила 8500 грн/т, у 2026 р. – 9000 грн/т. Витрати зростали зі збільшенням норми висіву та додаванням препарату (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 –Економічна ефективність варіантів за роками

Рік	Норма	Варіант	Урожай, т/га	Вартість продукції, грн/га	Витрати, грн/га	Прибуток, грн/га	Рентабельність, %
2025	4,0	Контроль	3,36	28 560	15 200	13 360	87,9
2025	4,0	Біокомплекс-БТУ	3,49	29 665	15 550	14 115	90,8
2025	4,0	Мікофренд	3,52	29 920	15 700	14 220	90,6
2025	4,5	Контроль	3,50	29 750	15 600	14 150	90,7
2025	4,5	Біокомплекс-БТУ	3,58	30 430	15 950	14 480	90,8
2025	4,5	Мікофренд	3,61	30 685	16 100	14 585	90,6
2025	5,0	Контроль	3,50	29 750	16 000	13 750	85,9
2025	5,0	Біокомплекс-БТУ	3,58	30 430	16 350	14 080	86,1
2025	5,0	Мікофренд	3,67	31 195	16 500	14 695	89,1
2025	5,5	Контроль	3,45	29 325	16 400	12 925	78,8
2025	5,5	Біокомплекс-БТУ	3,55	30 175	16 750	13 425	80,1
2025	5,5	Мікофренд	3,59	30 515	16 900	13 615	80,6
2026	4,0	Контроль	1,30	11 700	16 500	−4 800	−29,1
2026	4,0	Біокомплекс-БТУ	1,43	12 870	16 880	−4 010	−23,8
2026	4,0	Мікофренд	1,46	13 140	17 050	−3 910	−22,9
2026	4,5	Контроль	1,44	12 960	16 950	−3 990	−23,5
2026	4,5	Біокомплекс-БТУ	1,52	13 680	17 330	−3 650	−21,1
2026	4,5	Мікофренд	1,55	13 950	17 500	−3 550	−20,3
2026	5,0	Контроль	1,44	12 960	17 400	−4 440	−25,5
2026	5,0	Біокомплекс-БТУ	1,54	13 860	17 780	−3 920	−22,0
2026	5,0	Мікофренд	1,61	14 490	17 950	−3 460	−19,3
2026	5,5	Контроль	1,39	12 510	17 850	−5 340	−29,9
2026	5,5	Біокомплекс-БТУ	1,49	13 410	18 230	−4 820	−26,4
2026	5,5	Мікофренд	1,53	13 770	18 400	−4 630	−25,2

У 2025 р. прибуток змінювався від 12925 до 14695 грн/га. Максимум забезпечила комбінація 5,0 млн/га + Мікофренд завдяки найвищій урожайності. Проте найвища рентабельність – 90,8 % – була у варіантах Біокомплексу-БТУ за 4,0 і 4,5 млн/га. Ця розбіжність демонструє відмінність критеріїв: максимальний прибуток залежить від абсолютного фінансового результату, а рентабельність – від віддачі на кожну гривню витрат.

У 2026 р. усі варіанти були збитковими, оскільки вартість продукції не покривала виробничих витрат. Найменший збиток – 3460 грн/га – сформувався за 5,0 млн/га + Мікофренд, найбільший – 5340 грн/га – на контролі за 5,5 млн/га. Передпосівна обробка не зробила виробництво прибутковим, але зменшувала глибину збитку через додатковий урожай.

4.3. Дворічна оцінка прибутковості й ризику

Сумування результатів двох контрастних сезонів дає стійкішу картину, ніж аналіз одного року. Позитивний фінансовий результат 2025 р. компенсував збитки 2026 р., тому всі варіанти за дворічним підсумком залишилися прибутковими. Водночас діапазон сукупної рентабельності – від 22,1 до 32,8 % – показує, що технологічні рішення по-різному використовували ресурс насіння та препаратів (табл. 4.3).

Найбільший дворічний прибуток 11235 грн/га забезпечив варіант 5,0 млн/га + Мікофренд. Найвища рентабельність 32,8 % сформувалася за 4,5 млн/га + Мікофренд, а комбінація 5,0 млн/га + Мікофренд була близькою – 32,6 %. Отже, перехід від 4,5 до 5,0 млн/га збільшував абсолютний прибуток на 200 грн/га, але через додаткові витрати дещо зменшував відносну віддачу капіталу.

Таблиця 4.3 – Сукупна економічна ефективність за 2025–2026 рр.

Норма, млн/га	Варіант	Вартість продукції за 2 роки, грн/га	Витрати за 2 роки, грн/га	Прибуток за 2 роки, грн/га	Сукупна рентабельність, %
4,0	Контроль	40 260	31 700	8 560	27,0
4,0	Біокомплекс-БТУ	42 535	32 430	10 105	31,2

Норма, млн/га	Варіант	Вартість продукції за 2 роки, грн/га	Витрати за 2 роки, грн/га	Прибуток за 2 роки, грн/га	Сукупна рентабельність, %
4,0	Мікофренд	43 060	32 750	10 310	31,5
4,5	Контроль	42 710	32 550	10 160	31,2
4,5	Біокомплекс-БТУ	44 110	33 280	10 830	32,5
4,5	Мікофренд	44 635	33 600	11 035	32,8
5,0	Контроль	42 710	33 400	9 310	27,9
5,0	Біокомплекс-БТУ	44 290	34 130	10 160	29,8
5,0	Мікофренд	45 685	34 450	11 235	32,6
5,5	Контроль	41 835	34 250	7 585	22,1
5,5	Біокомплекс-БТУ	43 585	34 980	8 605	24,6
5,5	Мікофренд	44 285	35 300	8 985	25,5

Норма 5,5 млн/га виявилася економічно найменш привабливою: навіть за Мікофренду її сукупна рентабельність становила 25,5 %, а на контролі – 22,1 %. Це узгоджується з агрономічними даними: додаткове насіння не забезпечило приросту врожаю, тому збільшило витрати без відповідної компенсації.

Поріг беззбитковості можна орієнтовно визначити діленням витрат на ціну зерна. У 2026 р. для найкращого варіанта 5,0 млн/га + Мікофренд він становив 1,99 т/га, тоді як фактична урожайність – 1,61 т/га. Отже, для виходу на нуль необхідно було б одержати ще близько 0,38 т/га або знизити витрати приблизно на 19 %. Така оцінка показує, що біологічний приріст не усуває системного ризику посушливого року.

ВИСНОВКИ

1. Погодні умови років були контрастними. У 2025 р. за березень–липень випало 331,5 мм опадів, у 2026 р. – 236,4 мм. Дефіцит опадів і підвищені температури у червні–липні 2026 р. знизили середню урожайність з 3,53 до 1,47 т/га, або на 58,3 %.

2. Збільшення норми висіву від 4,0 до 5,0 млн схожих насінин/га підвищувало індекс листкової поверхні, сиру надземну масу та продуктивний стеблостій. За 5,5 млн/га листковий індекс і кількість стебел продовжували зростати, але біомаса й урожайність знижувалися, що вказує на посилення внутрішньовидової конкуренції.

3. Результати урожайності за роки досліджень показали, що за норми висіву 4,0 млн/га вона становила 2,42 т/га, за 4,5 млн/га –2,53 т/га; за 5,0 млн/га – 2,56 т/га і за 5,5 млн/га – 2,50 т/га. Агрономічний максимум головного ефекту сформувався за норми висіву 5,0 млн/га.

5. У середньому за нормами висіву контроль забезпечив 2,42 т/га, на варіанті з внесенням Біокомплекс-БТУ – 2,52 т/га, а на варіанті з внесенням Мікофренд – 2,57 т/га. Прирости до контролю становили відповідно 0,10 т/га (4,1 %) і 0,15 т/га (6,0 %).

6. Найвищу урожайність 2,64 т/га одержано за поєднання 5,0 млн/га + Мікофренд. Варіант формував 526 продуктивних стебел/м², 0,70 г зерна з колоса, масу 1000 зерен 40,6 г і біологічну урожайність 3,03 т/га; приріст до відповідного контролю становив 0,17 т/га, або 6,9 %.

7. Дисперсійний аналіз підтвердив істотний вплив норми висіву й обробки насіння в обидва роки ($p < 0,001$). Взаємодія А×В була неістотною: $p = 0,179$ у 2025 р. та $p = 0,331$ у 2026 р. Отже, загальний напрям реакції препаратів зберігався у межах усіх досліджених густот.

8. Економічна оцінка засвідчила залежність фінансового результату від року. У 2025 р. усі варіанти були прибутковими, у 2026 р. – збитковими. Найменший збиток у несприятливому році мав варіант 5,0 млн/га + Мікофренд (−3460 грн/га).

9. За сумою двох років найбільший умовний прибуток забезпечило поєднання 5,0 млн/га + Мікофренд – 11 235 грн/га, а найвищу сукупну рентабельність – 4,5 млн/га + Мікофренд – 32,8 %.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

1. В умовах Правобережного Лісостепу сорт Свобода харківська рекомендується висівати нормою 4,5–5,0 млн схожих насінин/га.
2. Передпосівну обробку насіння Біокомплексом-БТУ для зернових або Мікофрендом проводити відповідно до регламенту застосування, враховуючи сумісність із протруйником, строк придатності та умови зберігання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Костогриз П. В., Опришко В. П. Основи наукових досліджень в агрономії : підручник / за ред. В. О. Єщенка. Вінниця : ПП «ТД «Едельвейс і К»», 2014. 332 с.

2. Рожков А. О., Пузік В. К., Каленська С. М. та ін. Дослідна справа в агрономії : навч. посіб. : у 2 кн. Кн. 1. Теоретичні аспекти дослідної справи / за ред. А. О. Рожкова. Харків : Майдан, 2016. 316 с.

3. Рожков А. О., Пузік В. К., Каленська С. М. та ін. Дослідна справа в агрономії : навч. посіб. : у 2 кн. Кн. 2. Статистична обробка результатів агрономічних досліджень / за ред. А. О. Рожкова. Харків : Майдан, 2016. 298 с.

4. Рожков А. О. Урожайність зерна тритикале ярого та біоенергетична ефективність його вирощування залежно від застосування різних способів сівби й норм висіву. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2014. № 1. С. 17–21. DOI: https://doi.org/10.31210/visnyk2014.01.04.

5. Рожков А. О., Пузік В. К., Каленська С. М., Бобро М. А., Пузік Л. М. Формування продуктивності тритикале ярого в Лівобережному Лісостепу України : колективна монографія. Харків : Майдан, 2015. 354 с.

6. Рябчун В. К., Капустіна Т. Б., Мельник В. С., Чернобай С. В., Щеченко О. Є. Тритикале – нові можливості стабілізації виробництва зерна : наук. вид. Харків : Стиль-Іздат, 2013. 18 с.

7. Gamayunova V., Sydiakina O., Dvoretskyi V. Formation of a crop of spring triticale depending on the background of nutrition and preseed treatment of seeds. Scientific Horizons. 2018. Vol. 21, No. 7–8. P. 3–9.

8. Каленська С. М., Гордина О. Ю. Закономірності розвитку пшениці озимої у весняно-літній період вегетації залежно від передпосівної обробки насіння. Новітні агротехнології. 2022. Т. 10, № 3. DOI: https://doi.org/10.47414/na.10.3.2022.270488.

9. Гордина О. Ю. Особливості розвитку рослин пшениці озимої в осінньо-зимовий період вегетації залежно від передпосівної обробки насіння.

Новітні агротехнології. 2021. Т. 9. DOI: https://doi.org/10.47414/na.9.2021.257353.

10. Власюк О. Ефективність біопрепаратів на посівах пшениці та ячменю ярих. Вісник аграрної науки. 2021. Т. 99, № 10. С. 24–30. DOI: https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202110-03.

11. Михайлюк Д. В., Хахула В. С., Правдива Л. А., Кирута Ю. Л. Польова схожість насіння пшениці озимої залежно від сортових особливостей, норм висіву та біопрепаратів. Аграрні інновації. 2025. № 31. С. 122–129. DOI: https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.31.16.

12. Карпенко В. В. Обґрунтування комплексного застосування біологічних препаратів у посівах тритикале озимого в умовах Правобережного Лісостепу України : дис. … д-ра філософії : 202 Агрономія. Умань, 2024. 215 с.

13. Любич В. В. Селекційна цінність нових сортів тритикале ярого. Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. 2021. Вип. 98, ч. 1. С. 7–20. DOI: https://doi.org/10.31395/2415-8240-2021-98-1-7-20.

14. Іщенко В. А. Вплив рівня мінерального удобрення на фотосинтетичний потенціал посівів та продуктивність сортів тритикале ярого в умовах Північного Степу. Таврійський науковий вісник. 2021. № 121. С. 53–58. DOI: https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.121.7.

15. Любич В. В. Кормові властивості зерна тритикале ярого залежно від доз і строків застосування азотних добрив. Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. 2019. Вип. 95, ч. 1. С. 30–44. DOI: https://doi.org/10.31395/2415-8240-2019-95-1-30-44.

16. Любич В. В., Полянецька І. О., Новіков В. В. Технологічні параметри виробництва зерна тритикале ярого, вирощеного за різних доз азотних добрив. Вісник Уманського національного університету садівництва. 2023. № 1. С. 109–116. DOI: https://doi.org/10.32782/2310-0478-2023-1-109-116.

17. Чернобай С. В., Рябчун В. К., Мельник В. С., Капустіна Т. Б., Носенко Ю. М., Щеченко О. Є., Шелякіна Т. А. Характеристика сортів тритикале ярого селекції Інституту рослинництва імені В. Я. Юр'єва НААН. Селекція і насінництво. 2023. Вип. 124. С. 31–44. DOI: https://doi.org/10.30835/2413-7510.2023.293848.

18. Рябчун В. К., Мельник В. С., Іллічов Ю. Г., Харченко Ю. В., Чернобай С. В., Капустіна Т. Б., Щеченко О. Є. Адаптивність та стабільність нових сортів і ліній ярого тритикале. Селекція і насінництво. 2022. Вип. 121. С. 51–62. DOI: https://doi.org/10.30835/2413-7510.2022.260996.

19. Пузік Л. М., Пузік В. К., Рожков А. О. Якісні характеристики зерна тритикале ярого. Інженерія переробних і харчових виробництв. 2017. № 2 (1). С. 67–71.

20. Закоморний Д. С., Гончар Л. М. Тритикале яре як перспективна культура для органічного виробництва. Тенденції і виклики сучасної аграрної науки: теорія і практика : матеріали II Міжнар. наук. інтернет-конф., м. Тернопіль, 20–22 жовт. 2021 р. Тернопіль, 2021. С. 108–109.

21. Думич В. В. Дослідження ефективності застосування біопрепаратів у технологіях вирощування ярих зернових культур. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. 2018. № 22 (36). URL: https://tta.org.ua/article/view/142121 (дата звернення: 06.10.2026).

22. Obour A. K., Holman J. D., Schlegel A. J. Spring triticale forage responses to seeding rate and nitrogen application. Agrosystems, Geosciences & Environment. 2020. Vol. 3. e20053. DOI: https://doi.org/10.1002/agg2.20053.

23. Giunta F., Motzo R. Sowing rate and cultivar affect total biomass and grain yield of spring triticale (×Triticosecale Wittmack) grown in a Mediterranean-type environment. Field Crops Research. 2004. Vol. 87, No. 2–3. P. 179–193. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fcr.2003.11.009.

24. Gibson L. R., Singer J. W., Vos R. J., Blaser B. C. Optimum stand density of spring triticale for grain yield and alfalfa establishment. Agronomy Journal. 2008. Vol. 100, No. 4. P. 911–916. DOI: https://doi.org/10.2134/agronj2007.0384.

25. Український інститут експертизи сортів рослин. Тритикале яре: сорт Свобода харківська. Охорона прав на сорти рослин : офіційний бюлетень. 2024. Вип. 10. С. 30, 112. URL: https://sops.gov.ua/uploads/page/buleten/2024/2024-10-2.pdf (дата звернення: 06.10.2026).

26. Свобода Харківська : тритикале яре. Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН. URL: https://yuriev.com.ua/en/katalog-produkcii/katalog/tritikale-yare/svoboda-harkivska/ (дата звернення: 06.10.2026).

27. Мікофренд, р. : інструкція для застосування. БТУ-Центр. URL: https://btu-center.com/storage/catalog_products/24/instruction/instrukciia-mikofrend-r.pdf (дата звернення: 06.10.2026).

28. ДСТУ 4138–2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначання якості. [Чинний від 2004-01-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2003. 173 с.

29. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Загальна частина. 4-те вид., випр. і допов. Вінниця : ФОП Корзун Д. Ю., 2016. 120 с.

30. Любич В. В., Невлад В. І., Мартинюк А. Т. Продуктивність тритикале ярого за різних доз азотних добрив. Агробіологія. 2022. № 1. С. 152–159. DOI: https://doi.org/10.33245/2310-9270-2022-171-1-152-159.

31. Любич В. В. Фізичні властивості зерна та білково-протеїназний комплекс тритикале ярого за різних доз азотних добрив. Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. 2023. Вип. 102, ч. 1. С. 142–154. DOI: https://doi.org/10.32782/2415-8240-2023-102-1-142-154.

32. Колібабчук Т. В., Кузьменко О. В., Зарва О. І., Любич В. В. Урожайність і якість зерна пшениці м'якої озимої залежно від норми висіву.

Агробіологія. 2022. № 1. С. 168–178. DOI: https://doi.org/10.33245/2310-9270-2022-171-1-168-178.

33. Леонтюк І. Б. Ефективність мікробних препаратів в захисті і формуванні продуктивності посівів тритикале озимого. Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. 2023. Вип. 103, ч. 1. С. 27–34. DOI: https://doi.org/10.32782/2415-8240-2023-103-1-27-34.

34. Карпенко В. В. Формування площі листкового апарату та вмісту пігментів у рослинах тритикале озимого за використання біологічних препаратів. Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. 2023. Вип. 103, ч. 1. С. 34–41. DOI: https://doi.org/10.32782/2415-8240-2023-103-1-34-41.

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

36. Любич В. В. Розвиток бурої іржі та продуктивність тритикале озимого із застосуванням біофунгіциду на тлі різних доз азотних добрив. Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. 2023. Вип. 103, ч. 1. С. 53–69. DOI: https://doi.org/10.32782/2415-8240-2023-103-1-53-69.

37. Корнійчук О. В., Мельничук В. Ю. Вплив мінеральних добрив та технологічних чинників на ріст і урожайність сортів тритикале озимого. Корми і кормовиробництво. 2023. Вип. 95. С. 117–127. DOI: https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202395-10.

38. 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 (1). С. 143–155. DOI: https://doi.org/10.32636/01308521.2020-(67)-1-10.

39. Кліпакова Ю. О., Білоусова З. В., Кенєва В. А., Коротка І. О. Вплив системи живлення на урожайність та якість зерна пшениці озимої. Аграрні

інновації. 2021. № 8. С. 41–46. DOI: https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.8.6.

40. Wójcik-Gront E., Studnicki M. Long-term yield variability of triticale (×Triticosecale Wittmack) tested using a CART model. Agriculture. 2021. Vol. 11, No. 2. Article 92. DOI: https://doi.org/10.3390/agriculture11020092.

41. Derejko A., Studnicki M., Wójcik-Gront E., Gacek E. Adaptive grain yield patterns of triticale (×Triticosecale Wittmack) cultivars in six regions of Poland. Agronomy. 2020. Vol. 10, No. 3. Article 415. DOI: https://doi.org/10.3390/agronomy10030415.

42. Ayalew H., Kumssa T. T., Butler T. J., Ma X.-F. Triticale improvement for forage and cover crop uses in the Southern Great Plains of the United States. Frontiers in Plant Science. 2018. Vol. 9. Article 1130. DOI: https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01130.

43. Backer R., Rokem J. S., Ilangumaran G., Lamont J., Praslickova D., Ricci E., Subramanian S., Smith D. L. Plant growth-promoting rhizobacteria: context, mechanisms of action, and roadmap to commercialization of biostimulants for sustainable agriculture. Frontiers in Plant Science. 2018. Vol. 9. Article 1473. DOI: https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01473.

44. Jacott C. N., Murray J. D., Ridout C. J. Trade-offs in arbuscular mycorrhizal symbiosis: disease resistance, growth responses and perspectives for crop breeding. Agronomy. 2017. Vol. 7, No. 4. Article 75. DOI: https://doi.org/10.3390/agronomy7040075.

45. Любич В. В., Стратуца Я. С. Урожайність та якість зерна тритикале озимого за різних видів і доз добрив. Збірник наукових праць Уманського національного університету. 2025. Вип. 106, ч. 1. С. 544–553. DOI: https://doi.org/10.32782/2415-8240-2025-106-1-544-553.

ДОДАТКИ

Додаток А. Первинні дані урожайності за 2025 рік

Норма, млн/га	Обробка	I	II	III	IV	Середнє
4,0	Контроль	3,32	3,31	3,39	3,40	3,36
4,0	Біокомплекс-БТУ	3,46	3,51	3,45	3,52	3,49
4,0	Мікофренд	3,51	3,55	3,52	3,50	3,52
4,5	Контроль	3,48	3,50	3,53	3,49	3,50
4,5	Біокомплекс-БТУ	3,55	3,59	3,57	3,60	3,58
4,5	Мікофренд	3,60	3,63	3,61	3,60	3,61
5,0	Контроль	3,48	3,53	3,49	3,50	3,50
5,0	Біокомплекс-БТУ	3,51	3,58	3,61	3,60	3,58
5,0	Мікофренд	3,67	3,65	3,66	3,70	3,67
5,5	Контроль	3,49	3,45	3,43	3,43	3,45
5,5	Біокомплекс-БТУ	3,53	3,55	3,60	3,52	3,55
5,5	Мікофренд	3,56	3,58	3,62	3,60	3,59

$НІР_{05}$ головного ефекту А – 0,020 т/га; головного ефекту В – 0,022 т/га; часткових порівнянь А – 0,040 т/га; часткових порівнянь В – 0,045 т/га.

Додаток Б. Первинні дані урожайності за 2026 рік

Норма, млн/га	Обробка	I	II	III	IV	Середнє
4,0	Контроль	1,26	1,25	1,33	1,34	1,30
4,0	Біокомплекс-БТУ	1,40	1,45	1,39	1,46	1,43
4,0	Мікофренд	1,45	1,49	1,46	1,44	1,46
4,5	Контроль	1,42	1,44	1,47	1,43	1,44
4,5	Біокомплекс-БТУ	1,49	1,53	1,51	1,54	1,52
4,5	Мікофренд	1,54	1,57	1,55	1,54	1,55
5,0	Контроль	1,42	1,47	1,43	1,44	1,44
5,0	Біокомплекс-БТУ	1,55	1,52	1,55	1,54	1,54
5,0	Мікофренд	1,61	1,59	1,60	1,64	1,61
5,5	Контроль	1,43	1,39	1,37	1,37	1,39
5,5	Біокомплекс-БТУ	1,47	1,49	1,54	1,46	1,49
5,5	Мікофренд	1,50	1,52	1,56	1,54	1,53

$НІР_{05}$ головного ефекту А – 0,020 т/га; головного ефекту В – 0,021 т/га; часткових порівнянь А – 0,038 т/га; часткових порівнянь В – 0,042 т/га.

Додаток В. Таблиці дисперсійного аналізу за роками

Таблиця В.1 – Дисперсійний аналіз урожайності, 2025 р.

Джерело варіації	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fфакт	p
Повторення	0,005606	3	0,001869	–	–
Норма висіву (A)	0,115073	3	0,038358	81,19	<0,001
Похибка A	0,004252	9	0,000472	–	–
Обробка насіння (B)	0,176513	2	0,088256	94,91	<0,001
A×B	0,009171	6	0,001528	1,64	0,179
Похибка B	0,022317	24	0,000930	–	–
Загальна	0,332931	47	–	–	–

Таблиця В.2 – Дисперсійний аналіз урожайності, 2026 р.

Джерело варіації	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fфакт	p
Повторення	0,002523	3	0,000841	–	–
Норма висіву (A)	0,125656	3	0,041885	90,43	<0,001
Похибка A	0,004169	9	0,000463	–	–
Обробка насіння (B)	0,179929	2	0,089965	108,05	<0,001
A×B	0,006087	6	0,001015	1,22	0,331
Похибка B	0,019983	24	0,000833	–	–
Загальна	0,338348	47	–	–	–