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

УРОЖАЙНІСТЬ ТРИТИКАЛЕ ЯРОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ В УМОВАХ НВЦ БІЛОЦЕРКІВСЬКОГО НАУ

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

Виконав: Гребініченко Максим Олександрович _____
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
Гребініченку Максиму Олександровичу

Тема: «Урожайність тритикале ярого залежно від елементів технології вирощування в умовах НВЦ Білоцерківського НАУ»

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 позакореневого підживлення тритикале ярого; ґрунтово-кліматичні умови НВЦ БНАУ; методика проведення досліджень; аналіз впливу норми висіву та підживлення на фотосинтетичну діяльність, урожайність і якість зерна 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 _____ Гребініченко М.О.
підпис *прізвище, ініціали*

Дата отримання завдання «10» вересня 2025 р.

ДЕКЛАРАЦІЯ
про дотримання академічної доброчесності під час виконання кваліфікаційної роботи

Я, Гребініченко Максим Олександрович, здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти за освітньою програмою Н1 Агрономія, підтверджую, що кваліфікаційну роботу з теми: «Урожайність тритикале ярого залежно від елементів технології вирощування в умовах НВЦ Білоцерківського НАУ» 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

Гребініченко М. О. Урожайність тритикале ярого залежно від елементів технології вирощування в умовах НВЦ Білоцерківського НАУ**: кваліфікаційна робота. Біла Церква: Білоцерківський НАУ, 2026.**

У роботі досліджено реакцію тритикале ярого сорту ІР Легіт на норми висіву 4,5; 5,0 і 5,5 млн схожих насінин/га та п’ять варіантів позакореневого підживлення: контроль, Кристалон особливий, а також його поєднання з карбамідом у дозах 20, 30 і 40 кг/га. За даними 2025–2026 рр. проаналізовано формування листкового апарату, фотосинтетичний потенціал, озерненість і продуктивність колоса, урожайність, якість зерна та економічну ефективність.

Найвищу середню урожайність 2,76 т/га одержано за норми висіву 5,0 млн схожих насінин/га і підживлення Nк40 + Кристалон. Варіант Nк30 + Кристалон забезпечив практично однакову урожайність 2,75 т/га, але сформував вищий умовний прибуток 6475 грн/га за рентабельності 28,9 %. За цього підживлення вміст білка становив 13,76 %, вихід білка 0,358 т/га, натура зерна 693 г/л, маса 1000 зерен 38,1 г.

За сукупністю агробіологічних і економічних показників для умов досліду обґрунтовано норму висіву 5,0 млн схожих насінин/га та позакореневе підживлення Кристалоном особливим у поєднанні з карбамідом у дозі 30 кг/га на початку виходу рослин у трубку.

Кваліфікаційна робота магістра містить 55 сторінок, 12 таблиць, 3 рисунки, список використаних джерел із 60 найменувань, 2 додатки.

Ключові слова: *тритикале яре, ІР Легіт, норма висіву, густота посіву, позакореневе підживлення, карбамід, Кристалон, урожайність, якість зерна.*

ANNOTATION

Hrebinichenko M. O. Yield of spring triticale depending on cultivation technology elements under the conditions of the Research and Production Center of Bila Tserkva National Agrarian University: Master's qualification paper. Bila Tserkva: Bila Tserkva National Agrarian University, 2026.

The study examined the response of the IR Lehit spring triticale variety to seeding rates of 4.5, 5.0 and 5.5 million viable seeds per hectare and five foliar nutrition treatments: untreated control, Kristalon Special, and its combinations with urea at 20, 30 and 40 kg/ha. A data set for 2025–2026 was used to analyse leaf-area development, photosynthetic potential, grain number and grain weight per ear, yield, grain quality and economic efficiency.

The highest two-year mean yield, 2.76 t/ha, was obtained at 5.0 million viable seeds per hectare with N40 plus Kristalon. The N30 plus Kristalon treatment produced an almost identical yield of 2.75 t/ha and the highest estimated profit of UAH 6,475/ha at a profitability level of 28.9%. Under this treatment, protein content was 13.76%, protein yield 0.358 t/ha, test weight 693 g/L and thousand-grain weight 38.1 g.

Considering the agronomic and economic results together, the most balanced treatment under the conditions of the experiment was a seeding rate of 5.0 million viable seeds per hectare combined with Kristalon Special and 30 kg/ha of urea at the beginning of stem elongation.

The master's qualification paper contains 55 pages, 12 tables, 3 figures, a list of 60 references and 2 appendices.

Keywords*: spring triticale, IR Lehit, seeding rate, crop density, foliar nutrition, urea, Kristalon, grain yield, grain quality.*

ЗМІСТ

ВСТУП 7
РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕНЬ 9
1.1 Господарське значення та біологічні особливості тритикале ярого.9
1.2 Норма висіву як чинник формування продуктивного посіву.....10
1.3 Позакореневе підживлення у системі живлення тритикале ярого .12
РОЗДІЛ 2 УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....16
2.1 Ґрунтові та погодні умови.....16
2.2 Схема досліду та методи досліджень.....18
РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ 21
3.1 Формування листкової поверхні та фотосинтетична діяльність посівів 21
3.2 Озерненість колоса головного стебла.....29
3.3 Маса зерна з колоса.....30
3.4 Урожайність зерна 31
3.5 Якість зерна 33
РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ ТРИТИКАЛЕ ЯРОГО.....37
ВИСНОВКИ.....40
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ.....41
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....42
ДОДАТКИ.....49

ВСТУП

Тритикале поєднує геноми пшениці й жита, тому характеризується високим потенціалом зернової продуктивності, ширшою адаптивністю до ґрунтово-кліматичних умов і різними напрямами використання. Зерно застосовують у кормовиробництві, харчовій та переробній промисловості. Його цінність визначають уміст білка, збалансованість амінокислотного складу, фізичні властивості й придатність до конкретного виду перероблення [1–2, 11, 13–14].

Ярі форми тритикале мають значення для стабілізації виробництва зерна, зокрема за потреби пересівання пошкоджених озимих площ. Водночас коротший вегетаційний період посилює залежність урожайності від рівномірності сходів, вологозабезпечення та живлення на початкових етапах росту. Сучасні сортові й багатосередовищні дослідження засвідчують, що реалізація потенціалу ярого тритикале визначається поєднанням генотипу, погодних умов і технології вирощування [3–10, 12].

Норма висіву є одним із найдієвіших засобів регулювання структури посіву. За недостатньої густоти кількість продуктивних стебел на одиниці площі може не компенсуватися кущінням. Надмірне загущення посилює конкуренцію за світло, вологу й елементи живлення, знижує продуктивність колоса та виповненість зерна. Тому оптимальну норму висіву визначають для конкретного сорту, зони вирощування, строку сівби та рівня ресурсного забезпечення [29–34, 37–40].

Позакореневе підживлення дає змогу коригувати живлення рослин у період активного формування стебла, верхніх листків і колоса. Результативність прийому залежить від фази розвитку, стану асиміляційної поверхні, температури, вологості повітря та забезпечення ґрунту водою. Сучасні дослідження підтверджують, що комплексні добрива й помірні дози азоту можуть поліпшувати врожайність та окремі показники якості, однак величина ефекту змінюється залежно від року і не завжди зростає разом із дозою [24–26, 29–31, 43–50].

Актуальність роботи зумовлена потребою встановити таке поєднання норми висіву і позакореневого підживлення, яке забезпечує сорту ІР Легіт сприятливе співвідношення між розвитком асиміляційної поверхні, продуктивністю колоса, урожайністю, якістю зерна та витратами. Особливо важливо оцінювати ці залежності за контрастних погодних умов, оскільки технологічний варіант має бути не лише продуктивним у сприятливий рік, а й зберігати перевагу за дефіциту вологи й підвищеної температури.

Мета досліджень – установити закономірності формування урожайності та якості зерна тритикале ярого сорту ІР Легіт залежно від норми висіву й позакореневого підживлення та обґрунтувати технологічно й економічно доцільний варіант для умов НВЦ Білоцерківського НАУ.

Для досягнення поставленої мети передбачено проаналізувати наукові підходи до регулювання густоти та живлення посівів тритикале ярого; охарактеризувати ґрунтові й погодні умови проведення досліджень; оцінити формування листкової поверхні, фотосинтетичний потенціал і чисту продуктивність фотосинтезу; визначити озерненість і масу зерна з колоса; установити зміни урожайності та якості зерна; провести статистичну й економічну оцінку досліджуваних варіантів.

Об’єкт дослідження – процес формування продуктивності й якості зерна тритикале ярого сорту ІР Легіт за різної густоти посіву та позакореневого підживлення.

Предмет дослідження – норми висіву 4,5; 5,0 і 5,5 млн схожих насінин/га, варіанти застосування Кристалону особливого та карбаміду, показники фотосинтетичної діяльності, елементи структури врожаю, урожайність, якість зерна й економічна ефективність.

Практичне значення одержаних результатів полягає в обґрунтуванні параметрів сівби та позакореневого живлення, за яких додаткові витрати на насіння і добрива компенсуються приростом вартості зерна.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Господарське значення та біологічні особливості тритикале ярого

Тритикале є амфідиплоїдною зерновою культурою, створеною поєднанням геномів пшениці та жита. Від пшениці воно успадкувало потенціал високої зернової продуктивності й придатність зерна до різних напрямів перероблення, від жита – підвищену адаптивність до менш сприятливих ґрунтових умов і стійкість до окремих абіотичних та біотичних чинників. Саме поєднання продуктивності й адаптивності зумовлює інтерес до культури як джерела продовольчої, кормової та технічної сировини [1–2, 7, 11–12].

Господарська цінність зерна тритикале не обмежується його валовим виходом. Порівняно з пшеницею білковий комплекс має інше співвідношення фракцій, що підвищує поживну цінність, але зумовлює специфічні реологічні властивості тіста. Тому придатність зерна до хлібопечення та інших видів перероблення визначають за сукупністю показників: умістом і якістю білка та клейковини, натурою, масою 1000 зерен, крупністю і технологічними властивостями борошна [13–23].

Використання тритикале у хлібопекарській, кондитерській, спиртовій і комбікормовій промисловості потребує диференційованої оцінки сортів. Для продовольчого напряму важливі вирівняність зерна, фізико-механічні та хлібопекарські властивості; для кормового – вихід білка з одиниці площі та стабільність урожаю. Нові публікації також вказують на значення антиоксидантних сполук і фенольних кислот у зерні, тому показники якості слід аналізувати разом з урожайністю та умовами вирощування [13–20, 25, 27–28, 51].

Ярі форми тритикале займають окрему нішу в системі зерновиробництва. Їх можна використовувати для пересівання пошкоджених озимих площ і як самостійну культуру у сівозмінах Лісостепу. Проте коротший період вегетації обмежує здатність рослин компенсувати нерівномірні сходи, недостатню густоту або надмірну конкуренцію. Ці

порушення швидко позначаються на площі листків, кількості продуктивних стебел та озерненості колоса [3–10, 29–34].

Формування врожаю тритикале ярого відбувається через взаємопов'язану зміну компонентів продуктивності. Кількість зерна з одиниці площі визначається густотою продуктивного стеблостою та озерненістю колоса, а маса врожаю – також інтенсивністю і тривалістю наливу зерна. Зростання одного компонента часто супроводжується зменшенням іншого. Наприклад, підвищення густоти може збільшити кількість колосів, але знизити масу зерна з одного колоса; поліпшення живлення здатне послабити таку компенсацію лише до межі, встановленої доступністю вологи й світла.

Сортова реакція має вирішальне значення для добору технологічних параметрів. Навіть за однакових ґрунтово-кліматичних умов сорти відрізняються інтенсивністю кущіння, висотою рослин, стійкістю до вилягання, темпами формування листкового апарату та тривалістю наливу зерна. Екологічні випробування українських сортів підтверджують істотну мінливість їх урожайності та стабільності, тому загальну норму висіву для культури не можна механічно переносити на конкретний сорт без польової перевірки [3–10]. Офіційна характеристика сорту ІР Легіт визначає Лісостеп і Полісся як рекомендовані зони його вирощування [60].

Для сорту ІР Легіт технологічне завдання полягає у формуванні достатньої кількості продуктивних стебел без надмірного загущення. Посів має швидко створити асиміляційну поверхню, здатну перехоплювати фотосинтетично активну радіацію, але не повинен переходити до стану, за якого нижні листки затінюються, а волога і азот витрачаються переважно на вегетативну масу. Баланс цих процесів визначається передусім нормою висіву та системою живлення.

1.2 Норма висіву як чинник формування продуктивного посіву

Норма висіву задає початкову кількість рослин і просторову структуру агроценозу. Її оптимум не є сталою величиною: він залежить від польової

схожості, строку й способу сівби, попередника, родючості ґрунту, запасів вологи, сортової здатності до кущіння та рівня живлення. Польові дослідження тритикале підтверджують, що однакова густота може по-різному реалізуватися за контрастних погодних умов і на різних фонах удобрення [29–40].

За зрідженого посіву окрема рослина має більшу площу живлення, краще освітлюється і формує більше пагонів. Проте продуктивне кущіння ярих форм не завжди повністю компенсує нестачу рослин, особливо за пізньої сівби або дефіциту вологи. Частина площі довше залишається недостатньо закритою листковою поверхнею, посилюється забур'яненість, а ресурси поля використовуються неповністю. Тому висока індивідуальна продуктивність рослин може поєднуватися з нижчою врожайністю посіву [29–33, 35–42].

У міру збільшення норми висіву кількість рослин і стебел на одиниці площі зростає. До певної межі це підвищує врожайність завдяки продуктивному стеблостою. Після досягнення оптимальної густоти подальше загущення посилює внутрішньовидову конкуренцію, погіршує освітленість середнього й нижнього ярусів, зменшує листкову поверхню окремої рослини та підвищує ризик дефіциту вологи і вилягання [29–34, 37–44].

Реакція компонентів урожайності на загущення неоднакова. Густота продуктивних стебел може продовжувати зростати, тоді як кількість зерен у колосі та маса 1000 зерен уже зменшуються. На цій стадії додаткові рослини не компенсують втрату продуктивності кожного колоса. Саме така компенсаційна залежність пояснює криволінійний характер реакції урожайності на норму висіву: мінімум і максимум густоти зазвичай поступаються проміжному варіанту.

Дослідження ярого тритикале свідчать, що продуктивний оптимум формується не за максимальної кількості висіяного насіння, а за густоти, яка забезпечує достатній стеблостій без різкого зниження продуктивності колоса. У різних зонах і для різних сортів межі оптимуму змінюються, а перевага підвищених норм частіше виявляється за нижчої польової схожості або

несприятливого строку сівби. На родючих ґрунтах і за достатнього живлення надмірне загущення частіше знижує масу зерна з колоса [29–40].

Рівень мінерального живлення змінює реакцію посіву на густоту. За дефіциту поживних речовин рослини слабше кущаться і формують меншу листкову поверхню, тому підвищення норми висіву інколи частково компенсує недостатній розвиток окремої рослини. За інтенсивного живлення така компенсація має межу: у надмірно густому посіві додатковий азот посилює вегетативний ріст, затінення та конкуренцію за вологу. Отже, норму висіву й удобрення потрібно оцінювати як взаємопов’язані елементи технології [24–26, 30–44].

Погодні умови коригують оптимум густоти впродовж вегетації. У вологі роки густіший посів довше підтримує активну листкову поверхню, але за дефіциту вологи швидше виснажує запаси ґрунтової води. Висока температура під час наливу посилює негативний ефект загущення, оскільки скорочує період надходження асимілятів до зерна. Тому оцінювання норми висіву за контрастних років дає надійнішу інформацію про стабільність технологічного варіанта, ніж результат одного сезону [7–12, 29–34].

З погляду ресурсної ефективності норма висіву має забезпечувати приріст вартості врожаю, вищий за додаткові витрати на насіння. Якщо перехід до більшої густоти не супроводжується підвищенням урожайності або погіршує фізичні показники зерна, такий варіант є економічно необґрунтованим навіть за достатньої біомаси посіву. У цьому контексті порівняння 4,5; 5,0 і 5,5 млн схожих насінин/га дає змогу встановити нижню, оптимальну та надмірну густоту для конкретних умов досліду.

1.3 Позакореневе підживлення у системі живлення тритикале ярого

Мінеральне живлення впливає на тривалість функціонування листкового апарату, формування генеративних органів, налив зерна та синтез білка. Найдинамічнішу дію на зернові культури має азот: на ранніх етапах він підтримує ріст пагонів і листків, під час виходу в трубку впливає на формування колоса, а в пізніші фази – на білковість зерна. Водночас надлишок

азоту без достатнього водозабезпечення може спричиняти непродуктивне наростання біомаси та зниження окупності добрив [21–26, 31–34, 41–50].

Позакореневе внесення не замінює основної системи удобрення, але дає змогу оперативно впливати на живлення в критичний період. Елементи надходять через поверхню листків, тому результат залежить від концентрації розчину, температури і вологості повітря, стану кутикули та площі активної поверхні. За посушливої погоди надмірна концентрація карбаміду підвищує ризик ушкодження листків, а за швидкого висихання крапель поглинання поживних речовин обмежується. Отже, ефективність визначається не лише дозою, а й технологією проведення обприскування.

Початок виходу в трубку є обґрунтованим строком для коригувального підживлення ярих зернових. У цей період активно ростуть стебло й верхні листки, триває диференціація колоса, а сформована листкова поверхня вже здатна поглинати робочий розчин. Додаткове азотне й мікроелементне живлення може підтримати закладання зерен і зменшити їх редукцію, проте кінцевий ефект визначається подальшими умовами цвітіння та наливу [24–26, 43–50].

Комплексні водорозчинні добрива є джерелом макро- і мікроелементів у формі, доступній для листкового поглинання. Мікроелементи входять до складу ферментних систем і беруть участь у фотосинтезі, азотному та вуглеводному обміні. Їх дія найпомітніша за загалом збалансованого основного живлення, коли потреба рослин у критичний період не може бути своєчасно задоволена лише за рахунок надходження з ґрунту [25–26, 43–45].

Кристалон особливий у схемі досліду застосовували як водорозчинне комплексне добриво для позакореневого внесення. Поєднання його з карбамідом забезпечує надходження доступного азоту та супутніх елементів через листкову поверхню. У польових дослідженнях зернових подібні підживлення підтримували активність верхніх листків, продуктивність колоса та окремі показники якості, однак величина приросту істотно залежала від вологості, температури і вихідного рівня живлення [24–30, 43–46].

Збільшення дози карбаміду не гарантує пропорційного підвищення продуктивності. За помірної дози приріст урожаю формується завдяки кращому збереженню зерен і повнішому наливу. Після досягнення фізіологічної межі реакції додаткова доза азоту може вже не забезпечувати статистично істотної переваги, тоді як витрати продовжують зростати. Тому для виробничої рекомендації важливо визначити не максимальну дозу, а варіант із найкращим співвідношенням приросту врожаю, якості та витрат [24–26, 31, 45–50].

Густота посіву змінює ефективність позакореневого підживлення. У зрідженому посіві кожна рослина має більшу листкову поверхню, але менша кількість продуктивних стебел обмежує урожай з площі. В оптимально густому посіві додаткове живлення реалізується через поєднання достатньої кількості колосів і збереження продуктивності кожного з них. У загущеному посіві конкуренція за ґрунтову вологу та освітлення зменшує можливість перетворити додаткові елементи живлення на зерно. Саме тому взаємодія норми висіву й підживлення має самостійне агрономічне значення.

Показники якості реагують на підживлення інакше, ніж урожайність. Пізніше надходження азоту може підвищувати вміст білка, тоді як натура й маса 1000 зерен значною мірою залежать від забезпечення асимілятами та вологою під час наливу. За високої температури вміст білка інколи зростає через концентраційний ефект, хоча виповненість зерна та врожайність знижуються. Тому якість зерна слід оцінювати за сукупністю біохімічних, фізичних і технологічних показників [13–28, 41–51].

Опрацьовані джерела підтверджують, що продуктивність тритикале ярого формується внаслідок узгодженої дії густоти стеблостою, живлення і погодних умов. Норма висіву визначає кількісну основу посіву, а позакореневе підживлення коригує функціональний стан рослин у період формування колоса й верхнього ярусу листків. Окреме вивчення цих чинників не дає повного уявлення про технологічний результат, оскільки однакова доза добрив може мати різну віддачу за різної густоти.

У більшості наведених досліджень оцінювали озимі форми тритикале, пшеницю або ячмінь, а дані щодо сортової реакції тритикале ярого в умовах Правобережного Лісостепу залишаються обмеженими. Крім того, частина публікацій аналізує лише врожайність без одночасної оцінки листкового апарату, структури врожаю, якості зерна й економічної віддачі. Це ускладнює вибір варіанта, який є збалансованим за всіма критеріями.

Для сорту ІР Легіт доцільно перевірити три близькі норми висіву, що охоплюють очікуваний оптимум, та кілька рівнів позакореневого азотного живлення на фоні комплексного добрива. Така схема дає змогу простежити, чи компенсує підживлення недостатню густоту, чи зберігає ефективність за загущення та за якої дози подальше збільшення витрат перестає забезпечувати істотний приріст урожаю.

Отже, робочою гіпотезою дослідження є припущення, що найвищу технологічну й економічну ефективність забезпечить проміжна норма висіву у поєднанні з помірною дозою карбаміду та Кристалоном особливим. Перевірка цієї гіпотези потребує послідовного аналізу фотосинтетичних показників, продуктивності колоса, урожайності, якості зерна і витрат на кожен технологічний варіант.

РОЗДІЛ 2 УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Ґрунтові та погодні умови

Дослідження проводили на дослідному полі навчально-виробничого центру Білоцерківського національного аграрного університету, розташованому в Правобережному Лісостепу України. Ґрунтовий покрив представлений чорноземом типовим слабозмитим малогумусним важкосуглинковим на карбонатному лесі. Реакція сольової витяжки становила pH 6,45–7,00, уміст гумусу в орному шарі – близько 5,0 %, рухомого фосфору – 102 мг/кг ґрунту, обмінного калію – 179 мг/кг за методом Чирикова. Таке поєднання показників характеризує ґрунт як придатний для вирощування ярих зернових культур, але ефективність живлення істотно залежить від запасів доступної вологи.

Клімат району помірно континентальний із нестійким зволоженням. Середньобагаторічна сума опадів за березень–липень становить 241 мм. Найбільше значення для тритикале ярого мають умови від сівби до виходу в трубку, коли формується стеблостій і закладаються елементи колоса, а також період колосіння–наливу зерна, коли дефіцит опадів у поєднанні з високою температурою скорочує тривалість роботи листкового апарату.

Погодні умови 2025 і 2026 рр. істотно відрізнялися за розподілом опадів і температурою. Це дало змогу оцінити реакцію досліджуваних варіантів у вологішому та більш напруженому за гідротермічним режимом сезонах. Декадні показники наведено в таблиці 1.

За березень–липень 2025 р. випало 331,5 мм опадів, що на 90,5 мм, або 37,6 %, перевищувало середньобагаторічну суму. Найбільшу кількість опадів зафіксовано у червні – 107,8 мм проти багаторічних 59 мм, а в липні – 96,6 мм проти 71 мм. Такий режим сприяв тривалішому функціонуванню листкової поверхні та наливу зерна. Водночас березень був маловологим, тому початковий розвиток залежав від запасів ґрунтової вологи.

Таблиця 1

Розподіл опадів і температура повітря впродовж вегетації тритикале ярого у 2025–2026 рр.

Місяць	Декада	Сума опадів, мм			Температура, °С		
		Рік досліджень		СБП*	Рік досліджень		СБП*
		2025	2026		2025	2026	
Березень	I	0,6	22,9	9	3,3	-2,3	-3,8
Березень	II	8,9	13,5	8	5,3	-1,1	-1,9
Березень	III	0,3	10,6	10	9,0	-0,7	1,9
Березень	За місяць	∑9,8	∑47,0	∑27	5,9	-1,4	-1,3
Квітень	I	27,8	12,7	10	5,0	8,1	6,0
Квітень	II	7,7	18,0	11	10,8	12,6	8,0
Квітень	III	11,5	32,2	14	13,9	14,4	10,9
Квітень	За місяць	∑47,0	∑62,9	∑35	9,9	11,7	8,3
Травень	I	25,6	9,0	15	13,7	16,9	13,9
Травень	II	12,5	14,8	13	21,9	20,9	15,8
Травень	III	32,2	22,4	21	23,2	21,3	16,4
Травень	За місяць	∑70,3	∑46,2	∑49	19,6	19,7	15,4
Червень	I	75,8	10,8	15	23,1	21,5	18,7
Червень	II	14,7	8,8	22	17,8	24,6	18,9
Червень	III	17,3	12,7	22	25,5	23,1	19,9
Червень	За місяць	∑107,8	∑32,3	∑59	22,1	23,1	19,2
Липень	I	36,6	7,9	17	20,7	23,5	20,2
Липень	II	38,2	14,4	29	21,3	23,2	20,9
Липень	III	21,8	25,7	25	22,4	23,4	20,5
Липень	За місяць	∑96,6	∑48,0	∑71	21,5	23,4	20,5

Примітка. СБП – середньобагаторічний показник.

У 2026 р. загальна сума опадів за цей період становила 236,4 мм і була близькою до середньобагаторічного рівня, однак їх розподіл був менш сприятливим. У березні та квітні випало 109,9 мм, тоді як у червні й липні –

лише 80,3 мм проти багаторічних 130 мм. Отже, основний дефіцит сформувався саме під час колосіння та наливу зерна.

Температура повітря в обидва роки переважно перевищувала багаторічні показники. У 2026 р. середньомісячна температура травня була вищою на 4,3 °С, червня – на 3,9 °С, липня – на 2,9 °С. Поєднання підвищеної температури з дефіцитом опадів у другій половині вегетації прискорювало старіння листків і скорочувало період наливу. Тому нижчий рівень урожайності 2026 р. пов’язаний не із загальною сумою опадів, а з їх несприятливим розподілом та тепловим навантаженням у критичні фази.

Контраст погодних умов необхідно враховувати під час інтерпретації результатів. Перевага технологічного варіанта, яка повторюється у двох різних сезонах, є вагомішою для виробничої оцінки, ніж максимальне значення, одержане лише у сприятливому році.

2.2 Схема досліду та методи досліджень

Польовий дослід закладали за повною двофакторною схемою.

Чинник А – норма висіву 4,5; 5,0 і 5,5 млн схожих насінин/га.

Чинник В – позакореневе підживлення на початку виходу рослин у трубку: I – контроль без підживлення; II – Кристалон особливий 1,5 кг/га; III – карбамід 20 кг/га + Кристалон; IV – карбамід 30 кг/га + Кристалон; V – карбамід 40 кг/га + Кристалон. Загальна кількість комбінацій становила 15.

Дослід проводили у триразовій повторності методом розщеплених ділянок: норми висіву розміщували на ділянках першого порядку, варіанти підживлення – на ділянках другого порядку. Площа облікової ділянки становила 30 м², загальна кількість облікових ділянок – 45. Розміщення варіантів забезпечувало порівняння головних ефектів обох чинників і їх взаємодії.

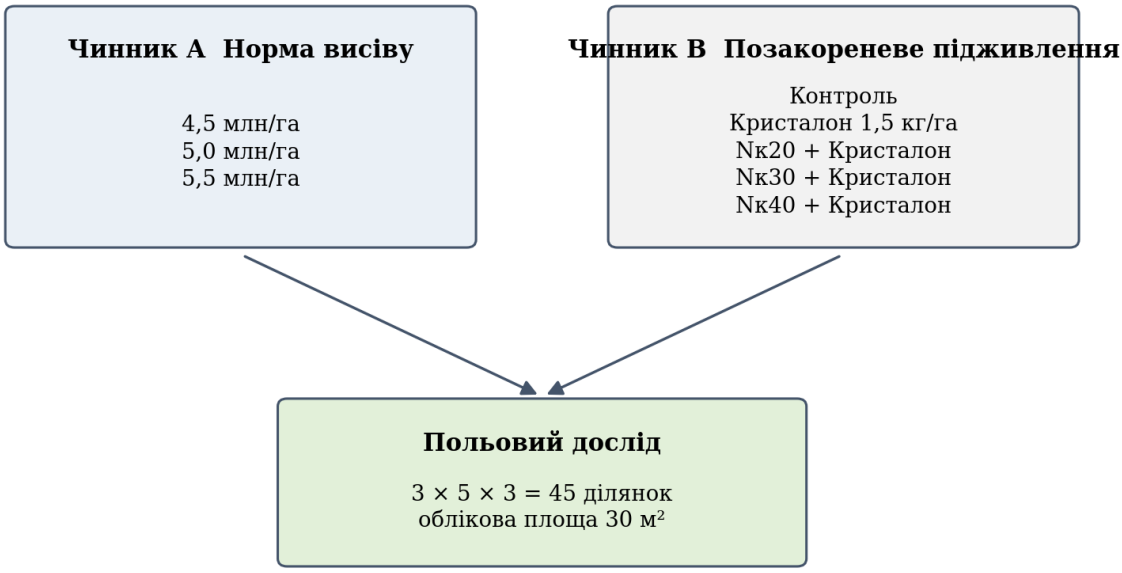


Рис. 1. Схема двофакторного польового досліду

Тритикале яре висівали після цукрових буряків. Основний і передпосівний обробіток ґрунту, захист посівів та збирання врожаю виконували однаково на всіх варіантах, щоб різниця між ними визначалася досліджуваними чинниками. Сорт ІР Легіт у схемі був сталим біологічним чинником; сорт зареєстровано у 2025 р. і рекомендовано для Лісостепу та Полісся України [60].

Площу листкової поверхні визначали методом промірів, індекс листкової поверхні – як відношення площі листків до площі ґрунту. Фотосинтетичний потенціал посіву обчислювали з урахуванням площі листків і тривалості відповідних міжфазних періодів, чисту продуктивність фотосинтезу – за приростом сухої речовини на одиницю листкової поверхні. Біометричні та фізіологічні обліки проводили за загальноприйнятими методиками [52–58].

Перед збиранням відбирали снопові зразки у місцях із типовою для варіанта густотою. Визначали кількість зерен у колосі, масу зерна з колоса та масу 1000 зерен. Урожай обліковували суцільно з кожної ділянки з

перерахунком на стандартні показники вологості й чистоти. У зерні визначали вміст білка і клейковини, натуру та масу 1000 зерен з урахуванням чинних вимог до оцінювання якості тритикале [55, 59].

Статистичну оцінку урожайності виконували двофакторним дисперсійним аналізом для схеми розщеплених ділянок. Для похибки I порядку число ступенів волі становило $(l_a - 1)(n - 1) = 4$, для похибки II порядку – $l_a(l_\beta - 1)(n - 1) = 24$. Істотність головних ефектів і взаємодії визначали за критерієм F, а різниці між середніми головних ефектів – за $НІР_{05}$ [52, 56].

Економічну ефективність визначали за урожайністю, виробничими витратами, вартістю валової продукції, умовним прибутком, собівартістю 1 т зерна та рівнем рентабельності. У розрахунках використано ціну реалізації зерна 10 500 грн/т і диференційовані витрати на насіння та підживлення за технологічними картами господарства.

РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Формування листкової поверхні та фотосинтетична діяльність посівів

Листкова поверхня визначає здатність посіву перехоплювати сонячну радіацію та формувати асиміляти для росту генеративних органів. Її оцінюють одночасно на рівні окремої рослини й усього посіву. Збільшення кількості рослин може підвищувати індекс листкової поверхні, хоча площа прапорцевого листка кожної рослини при цьому зменшується. Урожайність зростає лише доти, доки приріст площі посіву не супроводжується надмірним затіненням і дефіцитом вологи [52, 57–58].

У фазу колосіння індекс листкової поверхні змінювався від 2,17 на контролі за норми висіву 4,5 млн/га до 2,42 за підживлення Nк30 + Кристалон і норм 5,0–5,5 млн/га. Збільшення норми висіву від 4,5 до 5,0 млн/га підвищувало середній ІЛП з 2,22 до 2,36, тоді як подальше загущення до 5,5 млн/га додавало лише 0,01. Це свідчить про наближення посіву до межі, після якої додаткові рослини майже не збільшували активну асиміляційну поверхню (табл. 2).

У середньому за нормами висіву підживлення підвищувало ІЛП від 2,26 на контролі до 2,36 у варіанті Nк30 + Кристалон. Збільшення дози карбаміду до 40 кг/га не забезпечило подальшого приросту: середнє значення становило 2,35. Отже, на етапі колосіння варіант Nк30 формував найбільш сприятливе співвідношення між розвитком листкової поверхні та дозою азоту.

У фазу цвітіння індекс листкової поверхні був вищим, ніж у фазу колосіння. За нормами висіву середні значення становили 2,36; 2,57 і 2,63 відповідно. Найбільший ІЛП 2,71 сформувався за норми 5,5 млн/га та підживлення Nк40 + Кристалон. Проте цей максимум відображає обсяг листкової маси, а не її кінцеву зернову віддачу: як показано далі, урожайність за 5,5 млн/га поступалася варіанту 5,0 млн/га (табл. 3).

Таблиця 2

Індекс листкової поверхні тритикале ярого у фазу колосіння залежно від норми висіву та позакореневого підживлення

Чинник А – норма висіву, млн./га	Чинник В – підживлення	2025 р.	2026 р.	Середнє за роками
4,5	I*	2,29	2,06	2,17
	II	2,33	2,09	2,21
	III	2,33	2,07	2,20
	IV	2,39	2,12	2,25
	V	2,40	2,14	2,27
5,0	I	2,42	2,16	2,29
	II	2,51	2,18	2,34
	III	2,50	2,25	2,38
	IV	2,54	2,29	2,42
	V	2,51	2,24	2,38
5,5	I	2,46	2,18	2,32
	II	2,50	2,19	2,34
	III	2,48	2,24	2,36
	IV	2,56	2,28	2,42
	V	2,53	2,29	2,41
Середнє за чинником А	4,5	2,35	2,10	2,22
	5,0	2,50	2,22	2,36
	5,5	2,51	2,24	2,37
Середнє за чинником В	I	2,39	2,13	2,26
	II	2,45	2,15	2,30
	III	2,44	2,19	2,31
	IV	2,50	2,23	2,36
	V	2,48	2,22	2,35
Середнє	Середнє	2,45	2,19	2,32

Примітка. I – контроль; II – Кристалон особливий; III – Nк20 + Кристалон; IV – Nк30 + Кристалон; V – Nк40 + Кристалон.

Таблиця 3

Індекс листкової поверхні тритикале ярого у фазу цвітіння залежно від норми висіву та позакореневого підживлення

Чинник А – норма висіву, млн./га	Чинник В – підживлення	2025 р.	2026 р.	Середнє за роками
4,5	I*	2,40	2,19	2,29
	II	2,43	2,24	2,33
	III	2,45	2,24	2,35
	IV	2,49	2,30	2,40
	V	2,55	2,32	2,43
5,0	I	2,59	2,37	2,48
	II	2,63	2,41	2,52
	III	2,66	2,49	2,58
	IV	2,70	2,53	2,62
	V	2,72	2,58	2,65
5,5	I	2,64	2,46	2,55
	II	2,69	2,46	2,58
	III	2,75	2,52	2,63
	IV	2,80	2,57	2,68
	V	2,83	2,60	2,71
Середнє за чинником А	4,5	2,46	2,26	2,36
	5,0	2,66	2,48	2,57
	5,5	2,74	2,52	2,63
Середнє за чинником В	I	2,54	2,34	2,44
	II	2,58	2,37	2,48
	III	2,62	2,42	2,52
	IV	2,66	2,47	2,56
	V	2,70	2,50	2,60
Середнє	Середнє	2,62	2,42	2,52

Примітка. I – контроль; II – Кристалон особливий; III – N$_{к20}$ + Кристалон; IV – N$_{к30}$ + Кристалон; V – N$_{к40}$ + Кристалон.

Позакореневе підживлення послідовно збільшувало ІЛП у фазу цвітіння: у середньому від 2,44 на контролі до 2,56 за Nк30 + Кристалон і до 2,60 за Nк40 + Кристалон (табл. 3).

Таблиця 4

Площа прапорцевого листка тритикале ярого у фазу колосіння, см²

Чинник А – норма висіву, млн./га	Чинник В – підживлення	2025 р.	2026 р.	Середнє за роками
4,5	I*	11,03	10,73	10,88
	II	11,12	10,82	10,97
	III	11,19	10,88	11,04
	IV	11,19	10,93	11,06
	V	11,24	10,96	11,10
5,0	I	10,98	10,66	10,82
	II	11,04	10,69	10,86
	III	11,07	10,75	10,91
	IV	11,13	10,79	10,96
	V	11,15	10,87	11,01
5,5	I	10,70	10,46	10,58
	II	10,77	10,50	10,63
	III	10,79	10,55	10,67
	IV	10,84	10,59	10,71
	V	10,86	10,65	10,75
Середнє за чинником А	4,5	11,15	10,86	11,01
	5,0	11,07	10,75	10,91
	5,5	10,79	10,55	10,67
Середнє за чинником В	I	10,90	10,62	10,76
	II	10,98	10,67	10,82
	III	11,02	10,73	10,87
	IV	11,05	10,77	10,91
	V	11,08	10,83	10,96
Середнє	Середнє	11,01	10,72	10,86

Примітка. I – контроль; II – Кристалон особливий; III – Nк20 + Кристалон; IV – Nк30 + Кристалон; V – Nк40 + Кристалон.

Різниця між останніми варіантами була невеликою, тому біологічний ефект додаткових 10 кг/га карбаміду проявлявся переважно у нарощуванні листкової маси, а не у пропорційному збільшенні зернової продуктивності.

Площа прапорцевого листка реагувала на норму висіву протилежно до ІЛП посіву. У фазу колосіння її середнє значення зменшилося від 11,01 см² за 4,5 млн/га до 10,67 см² за 5,5 млн/га (табл. 4).

Таблиця 5

Площа прапорцевого листка тритикале ярого у фазу цвітіння, см²

Чинник А – норма висіву, млн./га	**Чинник В – підживлення**	**2025 р.**	**2026 р.**	**Середнє за роками**
4,5	I*	11,31	10,88	11,10
	II	11,36	10,97	11,16
	III	11,47	11,04	11,25
	IV	11,50	11,09	11,29
	V	11,54	11,12	11,33
5,0	I	11,20	10,73	10,96
	II	11,22	10,88	11,05
	III	11,28	10,94	11,11
	IV	11,37	11,00	11,18
	V	11,41	11,02	11,21
5,5	I	11,02	10,56	10,79
	II	11,02	10,68	10,85
	III	11,07	10,75	10,91
	IV	11,09	10,83	10,96
	V	11,13	10,86	11,00
Середнє за чинником А	4,5	11,44	11,02	11,23
	5,0	11,30	10,91	11,11
	5,5	11,07	10,74	10,90
Середнє за чинником В	I	11,18	10,72	10,95
	II	11,20	10,84	11,02
	III	11,27	10,91	11,09
	IV	11,32	10,97	11,15

Чинник А – норма висіву, млн./га	Чинник В – підживлення	2025 р.	2026 р.	Середнє за роками
	V	11,36	11,00	11,18
Середнє	Середнє	11,27	10,89	11,08

Примітка. I – контроль; II – Кристалон особливий; III – Nк20 + Кристалон; IV – Nк30 + Кристалон; V – Nк40 + Кристалон

Це закономірна реакція окремої рослини на скорочення площі живлення. Підживлення частково компенсувало негативний вплив конкуренції: середній показник зріс від 10,76 см² на контролі до 10,91–10,96 см² у варіантах Nк30 і Nк40 + Кристалон.

У фазу цвітіння площа прапорцевого листка залишалася найбільшою за меншої густоти. У середньому за роками вона становила 11,23 см² за 4,5 млн/га, 11,11 см² за 5,0 млн/га та 10,90 см² за 5,5 млн/га (табл. 5). Отже, підвищення ІЛП густішого посіву забезпечувалося кількістю рослин, а не більшим листком кожної з них.

Найвиразніша реакція на підживлення виявилася у варіантах Nк30 і Nк40 + Кристалон, де середня площа прапорцевого листка становила відповідно 11,15 і 11,18 см². Різниця 0,03 см² не має практичного значення. Це ще раз указує на наближення реакції до плато після дози 30 кг/га карбаміду.

Фотосинтетичний потенціал інтегрує площу листків і тривалість їх функціонування. За нормами висіву найвищий сумарний ФПП сформувався за 5,0 млн/га – 1823,5 тис. м²·діб/га. Він перевищував показник 4,5 млн/га на 168,9 тис. м²·діб/га, а 5,5 млн/га – на 133,4 тис. м²·діб/га (табл. 6).

У середньому за варіантами підживлення сумарний ФПП зростав від 1689,0 тис. м²·діб/га на контролі до 1737,7 за Nк30 + Кристалон та 1758,0 за Nк40 + Кристалон. Основна частина приросту формувалася у період наливу зерна, коли підживлені посіви довше зберігали активну листкову поверхню. Водночас перевага Nк40 над Nк30 за ФПП не супроводжувалася рівнозначною перевагою за урожайністю.

Таблиця 6

Фотосинтетичний потенціал тритикале ярого за міжфазними періодами, тис. м²·діб/га, середнє за 2025–2026 рр.

Норма висіву, млн/га	Підживлення	Кущіння	Вихід у трубку	Колосіння	Налив зерна	Сума за вегетацію
4,5	I*	389,2	288,4	141,3	794,6	1613,5
	II	383,5	288,4	143,7	827,7	1643,3
	III	391,2	288,4	130,4	840,5	1650,5
	IV	397,2	288,4	122,8	866,8	1675,2
	V	391,0	288,4	126,6	884,5	1690,5
5,0	I	447,2	315,6	172,2	848,0	1783,0
	II	452,9	315,6	174,5	860,5	1803,5
	III	452,8	315,6	177,7	879,3	1825,4
	IV	461,7	315,6	162,2	895,7	1835,2
	V	487,1	315,6	164,4	903,2	1870,3
5,5	I	387,6	321,1	153,3	808,5	1670,5
	II	388,1	321,1	149,9	814,6	1673,7
	III	403,8	321,1	147,0	818,5	1690,4
	IV	408,3	321,1	137,5	835,7	1702,6
	V	412,7	321,1	136,0	843,4	1713,2
Середнє за підживленнями	I	408,0	308,4	155,6	817,0	1689,0
	II	408,1	308,4	156,0	834,3	1706,8
	III	415,9	308,4	151,7	846,1	1722,1
	IV	422,4	308,4	140,8	866,1	1737,7
	V	430,3	308,4	142,3	877,0	1758,0
Середнє за нормами висіву	4,5	390,4	288,4	133,0	842,8	1654,6
	5,0	460,4	315,6	170,2	877,3	1823,5
	5,5	400,1	321,1	144,7	824,2	1690,1

Чиста продуктивність фотосинтезу характеризувала ефективність утворення сухої речовини одиницею листкової поверхні. У середньому за

вегетацію максимальний показник 8,9 г/м² за добу сформувався за норми 5,0 млн/га та Nк40 + Кристалон. За Nк30 + Кристалон він становив 8,7 г/м² за добу. За норми 5,5 млн/га відповідні значення були нижчими, що свідчить про менш ефективну роботу надмірно густого листкового апарату (табл. 7).

Таблиця 7

Чиста продуктивність фотосинтезу тритикале ярого, г/м² за добу, середнє за 2025–2026 рр.

Норма висіву, млн./га	Підживлення	Кущіння	Вихід у трубку	Колосіння	Налив	Середнє за вегетацію
4,5	I*	8,4	11,8	7,4	8,1	7,7
	II	8,4	11,8	7,9	8,3	7,9
	III	8,4	12,1	8,6	8,7	8,0
	IV	8,4	12,3	10,4	8,9	8,3
	V	8,4	12,4	10,7	8,9	8,3
5,0	I	9,1	13,3	7,8	8,5	8,0
	II	9,1	13,5	8,5	8,5	8,3
	III	9,1	13,8	9,0	8,8	8,3
	IV	9,1	14,5	9,5	9,1	8,7
	V	9,1	14,7	9,7	9,1	8,9
5,5	I	9,3	13,5	7,6	8,6	7,9
	II	9,3	13,5	8,1	8,5	8,2
	III	9,3	13,8	8,7	8,8	8,3
	IV	9,3	14,2	9,5	9,0	8,5
	V	9,3	14,3	10,1	9,1	8,7
Середнє за підживленнями	I	8,9	12,9	7,6	8,4	7,9
	II	8,9	12,9	8,2	8,4	8,1
	III	8,9	13,2	8,8	8,8	8,2
	IV	8,9	13,7	9,8	9,0	8,5
	V	8,9	13,8	10,2	9,0	8,6
Середнє за нормами висіву	4,5	8,4	12,1	9,0	8,6	8,0
	5,0	9,1	14,0	8,9	8,8	8,4
	5,5	9,3	13,9	8,8	8,8	8,3

Отже, норма висіву 5,0 млн/га забезпечувала найкраще поєднання площі листків і продуктивності їх роботи. За 5,5 млн/га посів формував більший ІЛП у фазу цвітіння, але менший прапорцевий листок, нижчий сумарний ФПП і дещо нижчу чисту продуктивність фотосинтезу. Підживлення Nк30 + Кристалон створювало майже максимальні фотосинтетичні показники без надлишкового збільшення дози азоту.

3.2 Озерненість колоса головного стебла

Кількість зерен у колосі відображає реалізацію потенційної продуктивності генеративних органів. У середньому за нормами висіву озерненість збільшилася від 23,2 зерна на контролі до 24,8–24,9 зерна у варіантах Nк30 і Nк40 + Кристалон. Приріст до контролю становив відповідно 1,6 і 1,7 зерна, або 6,9–7,3 %. Різниця між двома найвищими дозами була мінімальною, тому збільшення карбаміду понад 30 кг/га практично не змінювало цей елемент структури врожаю.

За нормами висіву найбільшу озерненість 24,5 зерна сформовано за 4,5 млн/га. Підвищення норми до 5,0 млн/га зменшило показник лише до 24,3, тоді як загущення до 5,5 млн/га – до 23,7 зерна. Отже, основне зниження індивідуальної продуктивності колоса відбулося після перевищення оптимальної густоти (рис. 2).

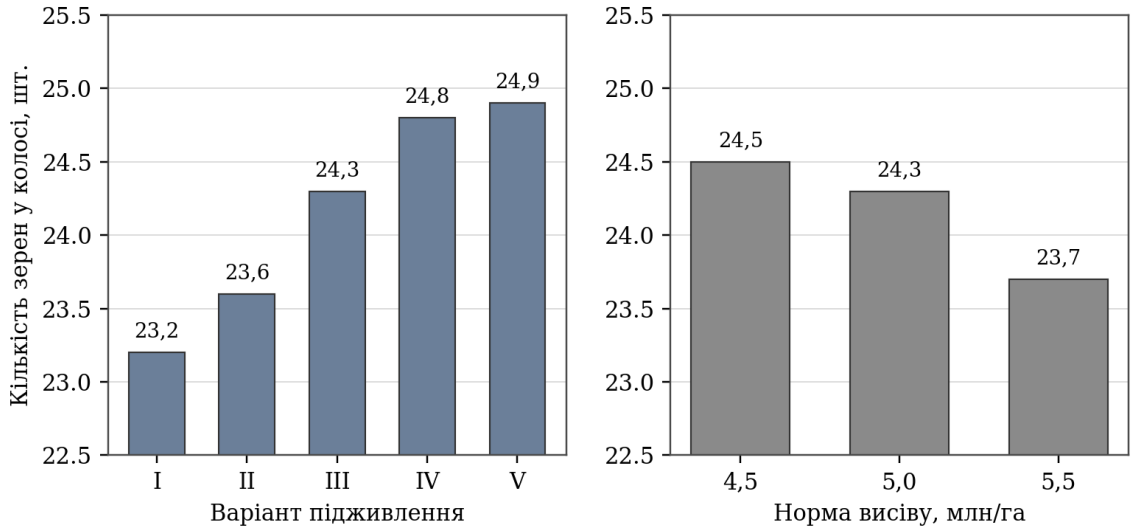


Рис. 2. Кількість зерен у колосі залежно від підживлення та норми висіву, середнє за 2025–2026 рр.

Зростання озерненості за підживлення свідчить, що забезпечення рослин азотом і мікроелементами на початку виходу в трубку сприяло збереженню більшої частини сформованих квіток і зернівок. Проте у загущеному посіві цей позитивний ефект частково обмежувався конкуренцією між рослинами. Тому озерненість підтверджує перевагу помірної густоти і дози Nк30 + Кристалон.

3.3 Маса зерна з колоса

Маса зерна з колоса узагальнює дію озерненості та виповненості зернівок. На контролі вона становила 0,76 г, за окремого застосування Кристалону – 0,78 г, а за поєднання з карбамідом 20 кг/га – 0,81 г. Максимальне значення 0,84 г одержано за Nк30 і Nк40 + Кристалон. Отже, варіант Nк30 підвищував показник на 0,08 г, або 10,5 %, і досягав рівня максимальної дози.

Збільшення норми висіву з 4,5 до 5,0 млн/га зменшувало масу зерна з колоса від 0,84 до 0,82 г, але цей спад компенсувався більшою кількістю продуктивних стебел. За 5,5 млн/га показник знижувався до 0,77 г, тобто на 6,1 % порівняно з 5,0 млн/га. За такої густоти додаткові стебла вже не компенсували втрату індивідуальної продуктивності (рис. 3).

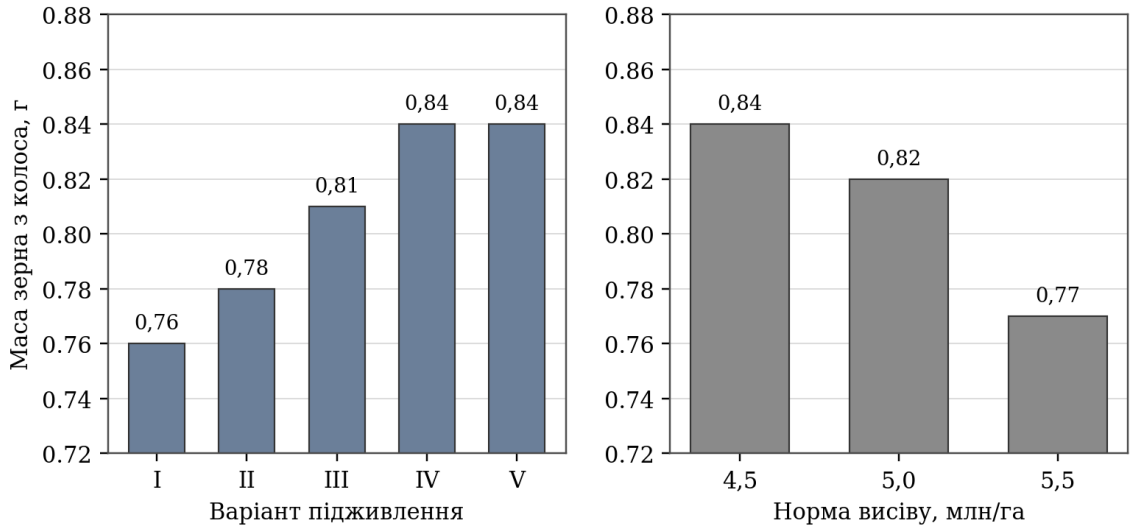


Рис. 3. Маса зерна з колоса залежно від підживлення та норми висіву, середнє за 2025–2026 рр.

Поєднання результатів озерненості й маси зерна з колоса показує, що підживлення впливало не лише на кількість сформованих зернівок, а й на повноту їх наливу. Найкращий баланс структурних показників сформувався за норми 5,0 млн/га: невелике зменшення продуктивності одного колоса порівняно з 4,5 млн/га компенсувалося густішим продуктивним стеблостоєм, тоді як за 5,5 млн/га компенсація була вже недостатньою.

3.4 Урожайність зерна

Урожайність інтегрувала реакцію посіву на густоту, підживлення і погодні умови року. Середнє значення у 2025 р. становило 2,80 т/га, у 2026 р. – 2,27 т/га. Зменшення на 0,53 т/га, або 18,9 %, узгоджується з дефіцитом опадів і підвищеною температурою під час колосіння та наливу зерна у 2026 р.

Головний ефект норми висіву був істотним в обидва роки. У 2025 р. збільшення норми від 4,5 до 5,0 млн схожих насінин/га підвищило середню урожайність з 2,64 до 2,97 т/га, тобто на 0,33 т/га за $НІР_{05}$(А) 0,07 т/га. Подальше загущення до 5,5 млн/га знизило її до 2,80 т/га. У 2026 р. відповідні значення становили 2,17; 2,40 і 2,24 т/га за $НІР_{05}$(А) 0,03 т/га. Розрахункові

значення F_a дорівнювали 85,2 і 288,1 та перевищували F_{05} = 6,94, що підтверджує істотність впливу норми висіву (табл. 8, додатки А, Б).

Таблиця 8

Урожайність зерна тритикале ярого залежно від норми висіву та позакореневого підживлення, т/га

Норма висіву, млн./га (А)	Підживлення (В)	2025 р.	2026 р.	Середнє
4,5	I*	2,53	2,11	2,32
	II	2,57	2,14	2,36
	III	2,64	2,17	2,41
	IV	2,72	2,22	2,47
	V	2,75	2,23	2,49
5,0	I	2,85	2,33	2,59
	II	2,91	2,36	2,64
	III	2,98	2,40	2,69
	IV	3,05	2,45	2,75
	V	3,07	2,45	2,76
5,5	I	2,67	2,17	2,42
	II	2,75	2,18	2,47
	III	2,80	2,23	2,52
	IV	2,87	2,30	2,59
	V	2,91	2,32	2,62
Середнє за варіантами підживлень	I	2,68	2,20	2,44
	II	2,74	2,23	2,49
	III	2,81	2,27	2,54
	IV	2,88	2,32	2,60
	V	2,91	2,33	2,62
Середнє за нормою висіву	4,5	2,64	2,17	2,41
	5,0	2,97	2,40	2,69
	5,5	2,80	2,24	2,52
Середнє	Середнє	2,80	2,27	2,54
$НІР_{05}$	головного ефекту А	0,07	0,03	–

Норма висіву, млн./га (А)	Підживлення (В)	2025 р.	2026 р.	Середнє
	головного ефекту В	0,06	0,05	–

Примітка. І – контроль; ІІ – Кристалон особливий; ІІІ – Nк20 + Кристалон; IV – Nк30 + Кристалон; V – Nк40 + Кристалон.

У середньому за нормами висіву контроль забезпечив 2,44 т/га. Окреме застосування Кристалону підвищило урожайність до 2,49 т/га, Nк20 + Кристалон – до 2,54, Nк30 + Кристалон – до 2,60, Nк40 + Кристалон – до 2,62 т/га. У 2025 р. різниця між контролем і Кристалоном дорівнювала $НІР_{05}$(В) 0,06 т/га, а комбіновані варіанти перевищували цей поріг. У 2026 р. приріст від окремого Кристалону 0,03 т/га був меншим за $НІР_{05}$(В) 0,05 т/га, тоді як поєднання з карбамідом забезпечувало істотний приріст. Значення F_{β} становили відповідно 24,6 і 11,3 за F_{05} = 2,78.

Найвищу середню урожайність 2,76 т/га одержано за 5,0 млн/га та Nк40 + Кристалон. Варіант Nк30 + Кристалон сформував 2,75 т/га, тобто поступався на 0,01 т/га. За середніми чинника В різниця між Nк30 і Nк40 становила 0,03 т/га у 2025 р. та 0,01 т/га у 2026 р., що менше за $НІР_{05}$(В) відповідних років. Взаємодія А×В була неістотною: $F_{a\beta}$ = 0,08 у 2025 р. і 0,13 у 2026 р. за F_{05} = 2,36. Тому перевага максимальної дози карбаміду над Nк30 статистично не підтверджена.

За 5,5 млн/га підживлення також підвищувало урожайність, однак максимальне значення 2,62 т/га залишалося нижчим за результат норми 5,0 млн/га. Отже, поліпшення живлення не усувало негативної дії надмірної густоти. Оскільки закономірність повторювалася в обидва роки, норму 5,0 млн схожих насінин/га можна вважати агрономічно доцільною для умов досліду.

3.5 Якість зерна

Позакореневе підживлення змінювало як біохімічні, так і фізичні показники якості зерна. У середньому за нормами висіву вміст білка на контролі становив 13,21 %. За Кристалону він підвищувався до 13,56 %, за

Nк20 + Кристалон – до 13,63 %, за Nк30 – до 13,76 %, за Nк40 – до 13,81 %. Різниця між двома останніми варіантами становила лише 0,05 відсоткового пункту і була меншою за $НІР_{05}$ 0,12.

Вихід білка залежав одночасно від його вмісту та урожайності. На контролі одержано 0,322 т/га, за Nк30 + Кристалон – 0,358 т/га, за Nк40 + Кристалон – 0,362 т/га. Приріст становив відповідно 11,2 і 12,4 %, однак різниця між цими варіантами 0,004 т/га була меншою за $НІР_{05}$ 0,014 т/га. Отже, підвищення дози карбаміду понад 30 кг/га не забезпечило статистично підтвердженої переваги за виходом білка (табл. 9).

Таблиця 9

Вміст білка, урожайність і вихід білка залежно від позакореневого підживлення, середнє за 2025–2026 рр.

Варіант підживлення	Білок, %	До контролю, %	Урожайність, т/га	До контролю, %	Вихід білка, т/га	До контролю, %
I*	13,21	–	2,44	–	0,322	–
II	13,56	2,6	2,49	2,0	0,338	5,0
III	13,63	3,2	2,54	4,1	0,346	7,5
IV	13,76	4,2	2,60	6,6	0,358	11,2
V	13,81	4,5	2,62	7,4	0,362	12,4
$НІР_{05}$	0,12	–	0,09	–	0,014	–

Примітка. I – контроль; II – Кристалон особливий; III – Nк20 + Кристалон; IV – Nк30 + Кристалон; V – Nк40 + Кристалон.

У 2026 р. вміст білка був у середньому на 0,20 відсоткового пункту вищим, ніж у 2025 р., тоді як урожайність була нижчою. Таке співвідношення можна пояснити концентраційним ефектом за коротшого й менш повного наливу зерна. Тому вищу білковість 2026 р. не слід трактувати як загальне поліпшення якості без урахування фізичних показників і рівня урожайності.

Уміст клейковини підвищувався від 23,0 % на контролі до 23,9 % за Nк30 + Кристалон. У варіанті Nк40 + Кристалон він становив 23,8 %. В обидва роки

Nк30 забезпечував максимальне значення: 23,5 % у 2025 р. та 24,2 % у 2026 р. Підвищення дози до 40 кг/га не поліпшувало показник (табл. 10).

Таблиця 10

Вміст білка та клейковини у зерні тритикале ярого залежно від позакореневого підживлення, %

Показники якості	Варіант підживлень	2025 р.	2026 р.	Середнє
Вміст білка, %	I*	13,09	13,33	13,21
	II	13,48	13,64	13,56
	III	13,51	13,75	13,63
	IV	13,68	13,84	13,76
	V	13,71	13,91	13,81
	Середнє	13,49	13,69	13,59
	$НІР_{05}$	0,17	0,22	–
Вміст клейковини, %	I	22,8	23,1	23,0
	II	23,1	23,8	23,5
	III	23,3	23,9	23,6
	IV	23,5	24,2	23,9
	V	23,5	24,0	23,8
	Середнє	23,2	23,8	23,6
	$НІР_{05}$	0,4	0,6	–

Примітка. I – контроль; II – Кристалон особливий; III – Nк20 + Кристалон; IV – Nк30 + Кристалон; V – Nк40 + Кристалон.

Фізичні показники зерна також поліпшувалися за підживлення. Натура зросла від 674 г/л на контролі до 693–694 г/л у варіантах Nк30 і Nк40 + Кристалон. Маса 1000 зерен підвищилася від 37,1 до 38,1–38,3 г. За $НІР_{05}$ 7 г/л і 0,5 г обидва комбіновані варіанти істотно перевищували контроль, але не відрізнялися між собою (табл. 11).

Таблиця 11

Натура зерна та маса 1000 зерен залежно від позакореневого підживлення, середнє за 2025–2026 рр.

Варіант підживлення	Натура зерна, г/л	До контролю, %	Маса 1000 зерен, г	До контролю, %
I*	674	–	37,1	–
II	680	0,9	37,5	1,1
III	686	1,8	37,5	1,1
IV	693	2,8	38,1	2,7
V	694	3,0	38,3	3,2
Середнє	685	–	37,7	–
$НІР_{05}$	7	–	0,5	–

Примітка. I – контроль; II – Кристалон особливий; III – Nк20 + Кристалон; IV – Nк30 + Кристалон; V – Nк40 + Кристалон.

Сукупність показників підтверджує, що варіант Nк30 + Кристалон забезпечував практично максимальну якість зерна. Доза 40 кг/га лише незначно підвищувала білковість, натуру та масу 1000 зерен, а відмінності не перевищували статистичних критеріїв. Тому під час вибору виробничого варіанта доцільно враховувати економічну віддачу, а не формальний максимум окремого показника.

Загалом найсприятливіше поєднання продуктивності та якості сформувалося за норми висіву 5,0 млн схожих насінин/га і підживлення Nк30 + Кристалон. Цей варіант забезпечував майже найвищу урожайність, істотне поліпшення білковості й фізичних властивостей зерна та не потребував максимальної дози карбаміду.

РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ ТРИТИКАЛЕ ЯРОГО

Економічна оцінка потрібна для визначення варіанта, за якого приріст вартості продукції перевищує додаткові витрати на насіння, добрива та їх внесення. Найвища урожайність сама по собі не гарантує максимального прибутку, якщо її одержання потребує непропорційно більшого ресурсного забезпечення.

Розрахунок виконано за ціни реалізації зерна 10 500 грн/т. Виробничі витрати диференціювали за нормою висіву й варіантом підживлення; інші елементи технології приймали однаковими. Вартість зерна визначали як добуток урожайності на ціну реалізації, умовний прибуток – як різницю між вартістю зерна та виробничими витратами, собівартість – як витрати на одиницю врожаю, рентабельність – як відношення прибутку до витрат.

Збільшення норми висіву від 4,5 до 5,0 млн/га підвищувало середні витрати з 21 380 до 21 980 грн/га, але приріст урожайності від 2,41 до 2,69 т/га збільшував умовний прибуток з 3925 до 6223 грн/га. Середній рівень рентабельності зріс від 18,4 до 28,3 %, а собівартість знизилася від 8871 до 8183 грн/т.

За норми 5,5 млн/га витрати зростали до 22 580 грн/га, тоді як середня урожайність знижувалася до 2,52 т/га. Унаслідок цього прибуток становив 3922 грн/га, собівартість – 8947 грн/т, рентабельність – 17,4 %. Отже, додаткові витрати на насіння за максимальної норми не мали відповідної віддачі (табл. 12).

Таблиця 12

Економічна ефективність вирощування тритикале ярого залежно від норми висіву та підживлення

Норма висіву, млн./га	Варіант підживлень	Урожайність, т/га	Витрати, грн/га	Вартість зерна, грн/га	Прибуток, грн/га	Собівартість, грн/т	Рівень рентабельності, %
4,5	I*	2,32	20500	24360	3860	8836	18,8
	II	2,36	21000	24780	3780	8898	18,0
	III	2,41	21400	25305	3905	8880	18,2
	IV	2,47	21800	25935	4135	8826	19,0
	V	2,49	22200	26145	3945	8916	17,8
5,0	I*	2,59	21100	27195	6095	8147	28,9
	II	2,64	21600	27720	6120	8182	28,3
	III	2,69	22000	28245	6245	8178	28,4
	IV	2,75	22400	28875	6475	8145	28,9
	V	2,76	22800	28980	6180	8261	27,1
5,5	I*	2,42	21700	25410	3710	8967	17,1
	II	2,47	22200	25935	3735	8988	16,8
	III	2,52	22600	26460	3860	8968	17,1
	IV	2,59	23000	27195	4195	8880	18,2
	V	2,62	23400	27510	4110	8931	17,6
Середнє за підживленнями	I	2,44	21100	25655	4555	8650	21,6
	II	2,49	21600	26145	4545	8689	21,1
	III	2,54	22000	26670	4670	8675	21,2
	IV	2,60	22400	27335	4935	8617	22,0
	V	2,62	22800	27545	4745	8703	20,8
Середнє за нормами висіву	4,5	2,41	21380	25305	3925	8871	18,4
	5,0	2,69	21980	28203	6223	8183	28,3
	5,5	2,52	22580	26502	3922	8947	17,4
Середнє	Середнє	2,54	21980	26670	4690	8667	21,3

Примітка. Ціна зерна – 10 500 грн/т. I – контроль; II – Кристалон особливий; III – Нк20 + Кристалон; IV – Нк30 + Кристалон; V – Нк40 + Кристалон.

За норми висіву 5,0 млн/га найбільший умовний прибуток 6475 грн/га одержано у варіанті Nк30 + Кристалон. Його рентабельність становила 28,9 %, собівартість – 8145 грн/т. Варіант Nк40 + Кристалон забезпечив урожайність на 0,01 т/га вищу, але збільшив витрати на 400 грн/га. Додаткова вартість зерна становила лише 105 грн/га, тому прибуток зменшився до 6180 грн/га, а рентабельність – до 27,1 %.

Окреме застосування Кристалону та варіант Nк20 + Кристалон підвищували урожайність і прибуток порівняно з контролем, проте їх економічна перевага була меншою. За середніми даними варіант Nк30 + Кристалон сформував найбільший прибуток 4935 грн/га та рентабельність 22,0 % серед систем підживлення.

Економічні результати узгоджуються з біологічними показниками: оптимальним виявився не варіант із найменшими витратами і не варіант із максимальною дозою азоту, а поєднання, за якого приріст урожаю перекривав приріст витрат. Для прийняття виробничого рішення розрахунки потрібно оновити за фактичною ціною зерна, вартістю насіння, добрив, пального, оплати праці та механізованих операцій на одну погоджену дату.

ВИСНОВКИ

1. Погодні умови років досліджень були контрастними. У 2025 р. за березень–липень випало 331,5 мм опадів, у 2026 р. – 236,4 мм. Нижча урожайність 2026 р. зумовлювалася передусім дефіцитом опадів і підвищеною температурою під час колосіння та наливу зерна.

2. Норма висіву 5,0 млн схожих насінин/га забезпечувала найкраще співвідношення між площею листкового апарату та ефективністю його роботи. Загущення до 5,5 млн/га підвищувало індекс листкової поверхні у фазу цвітіння, але зменшувало площу прапорцевого листка, фотосинтетичний потенціал і чисту продуктивність фотосинтезу.

3. Позакореневе підживлення підвищувало озерненість і масу зерна з колоса. У варіантах N$_{к30}$ і N$_{к40}$ + Кристалон формувалося 24,8–24,9 зерна в колосі та 0,84 г зерна з колоса. Підвищення дози карбаміду від 30 до 40 кг/га практично не змінювало ці показники.

4. Середня урожайність за норми висіву 5,0 млн/га становила 2,69 т/га і перевищувала 4,5 млн/га на 0,28 т/га, а 5,5 млн/га – на 0,17 т/га. Головний ефект норми висіву був істотним в обидва роки.

5. Найвищу середню урожайність 2,76 т/га сформовано за 5,0 млн/га та N$_{к40}$ + Кристалон. Варіант N$_{к30}$ + Кристалон забезпечив 2,75 т/га; різниця 0,01 т/га була меншою за НІР$_{05}$ і не мала виробничого значення.

6. За N$_{к30}$ + Кристалон уміст білка становив 13,76 %, вихід білка – 0,358 т/га, уміст клейковини – 23,9 %, натура зерна – 693 г/л, маса 1000 зерен – 38,1 г. Подальше підвищення дози карбаміду не забезпечувало істотного поліпшення якості.

7. Найвищий умовний прибуток 6475 грн/га за рентабельності 28,9 % одержано за норми висіву 5,0 млн/га та N$_{к30}$ + Кристалон. Варіант N$_{к40}$ підвищив витрати на 400 грн/га за приросту урожайності лише 0,01 т/га, тому поступався за окупністю.

8. За сукупністю агробіологічних, статистичних та економічних критеріїв оптимальним для умов досліду було поєднання норми висіву 5,0 млн схожих

насінин/га з позакореневим підживленням Кристалоном особливим і карбамідом у дозі 30 кг/га на початку виходу рослин у трубку.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

1. В умовах Правобережного Лісостепу на чорноземі типовому тритикале яре сорту ІР Легіт доцільно висівати нормою 5,0 млн схожих насінин/га за умови забезпечення рекомендованої технології вирощування.

2. На початку виходу рослин у трубку доцільно проводити позакореневе підживлення Кристалоном особливим у дозі 1,5 кг/га разом із карбамідом 30 кг/га у фізичній масі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Тритикале в Україні / В. С. Гірко та ін. Київ, 2004. 376 с.

2. Рибалка О. І., Моргун В. В., Моргун Б. В., Починок В. М. Агрономічний потенціал і перспективи тритикале. Фізіологія рослин і генетика. 2015. Т. 47, № 2. С. 95–111.

3. Любич В. В. Селекційна цінність нових сортів тритикале ярого. Збірник наукових праць Уманського НУС. 2021. Вип. 98, ч. 1. С. 7–20. DOI: 10.31395/2415-8240-2021-98-1-7-20.

4. Адаптивність та стабільність нових сортів і ліній ярого тритикале / В. К. Рябчун та ін. Селекція і насінництво. 2022. Вип. 121. DOI: 10.30835/2413-7510.2022.260996.

5. Характеристика сортів тритикале ярого селекції Інституту рослинництва імені В. Я. Юр'єва НААН / С. В. Чернобай та ін. Селекція і насінництво. 2023. Вип. 124. С. 31–44. DOI: 10.30835/2413-7510.2023.293848.

6. Рябчун В. К., Мельник В. С., Капустіна Т. Б., Щеченко О. Є. Урожайність тритикале ярого та її стабільність залежно від генотипу та умов середовища. Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. 2016. № 1. С. 37–44.

7. Productivity and grain quality of winter triticale varieties (Triticosecale Wittmack el. Camus) under different soil and climatic growing conditions / A. M. Kyrylchuk et al. Plant Varieties Studying and Protection. 2023. Vol. 19, No. 3. P. 155–167. DOI: 10.21498/2518-1017.19.3.2023.287639.

8. Grain yield response of facultative and winter triticale for late autumn sowing in different weather conditions / B. Mazurenko et al. Agronomy Research. 2020. Vol. 18, No. 1. P. 183–193. DOI: 10.15159/ar.20.008.

9. Wójcik-Gront E., Studnicki M. Long-Term Yield Variability of Triticale (× Triticosecale Wittmack) Tested Using a CART Model. Agriculture. 2021. Vol. 11, No. 2. Art. 92. DOI: 10.3390/agriculture11020092.

10. Adaptive Grain Yield Patterns of Triticale (× Triticosecale Wittmack) Cultivars in Six Regions of Poland / A. Derejko et al. Agronomy. 2020. Vol. 10, No. 3. Art. 415. DOI: 10.3390/agronomy10030415.

11. 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. Art. 1130. DOI: 10.3389/fpls.2018.01130.

12. Gołębiowska-Paluch G., Dyda M. The Genome Regions Associated with Abiotic and Biotic Stress Tolerance, as Well as Other Important Breeding Traits in Triticale. Plants. 2023. Vol. 12, No. 3. Art. 619. DOI: 10.3390/plants12030619.

13. Zhu F. Triticale: Nutritional composition and food uses. Food Chemistry. 2018. Vol. 241. P. 468–479. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.09.009.

14. Variability in the chemical composition of triticale grain, flour, and bread / A. Fraś et al. Journal of Cereal Science. 2016. Vol. 71. P. 66–72. DOI: 10.1016/j.jcs.2016.06.016.

15. Effect of bran addition on rheological properties of dough and quality of triticale bread / J. Kaszuba et al. Journal of Food Processing and Preservation. 2021. Vol. 45, No. 1. Art. e15093. DOI: 10.1111/jfpp.15093.

16. Kaszuba J., Kapusta I., Posadzka Z. Content of phenolic acids in the grain of selected Polish triticale cultivars and its products. Molecules. 2021. Vol. 26, No. 3. Art. 562. DOI: 10.3390/molecules26030562.

17. Antioxidant potential and phenolic acid profiles in triticale grain under integrated and conventional cropping systems / M. Jańczak-Pieniążek et al. Agriculture. 2023. Vol. 13, No. 5. Art. 1078. DOI: 10.3390/agriculture13051078.

18. Осокіна Н. М., Костецька К. В., Герасимчук О. П. Фізико-механічні властивості та показники якості зерна злакових культур. Збірник наукових праць Уманського НУС. 2023. Вип. 103, ч. 1. С. 292–307. DOI: 10.32782/2415-8240-2023-103-1-292-307.

19. Дмитрук Є. А., Любич В. В., Новіков В. В. Фракційний склад та деякі фізичні характеристики нерухомого шару зерна тритикале. Наукові праці НУХТ. 2015. № 6. С. 232–236.

20. Любич В. В., Новіков В. В. Порівняльна характеристика технологічних властивостей зерна тритикале озимого та пшениці озимої. Зернові продукти і комбікорми. 2015. № 4. С. 14–18.

21. Васильєв С. В. Народногосподарське значення тритикале та перспективи його використання для розширення сировинної бази харчових виробництв. Зернові продукти і комбікорми. 2016. Т. 62, № 2. С. 13–18.

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

23. Любич В. В. Технологічні параметри виробництва зерна тритикале ярого, вирощеного за різних доз азотних добрив. Вісник Уманського національного університету. 2023. № 1. С. 109–116. DOI: 10.32782/2310-0478-2023-1-109-116.

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

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

26. Любич В. В., Остапчук В. В. Формування продуктивності тритикале озимого за різних доз азотних добрив, позакореневого підживлення та сеникації. Збірник наукових праць Уманського НУС. 2025. Вип. 106, ч. 1. С. 10–18. DOI: 10.32782/2415-8240-2025-106-1-10-18.

27. Jańczak-Pieniążek M. The Influence of Cropping Systems on Photosynthesis, Yield, and Grain Quality of Selected Winter Triticale Cultivars. Sustainability. 2023. Vol. 15, No. 14. Art. 11075. DOI: 10.3390/su151411075.

28. Jańczak-Pieniążek M., Kaszuba J. The Influence of Agrotechnical Factors on the Yield and Quality Parameters of Winter Triticale Grain. Agriculture. 2024. Vol. 14, No. 12. Art. 2219. DOI: 10.3390/agriculture14122219.

29. The Influence of Sowing Rate and Foliar Fertilization on the Yield of Some Triticale Varieties in the Context of Climate Change in Northwest Romania / B. E. Andras et al. Agriculture. 2024. Vol. 14, No. 12. Art. 2155. DOI: 10.3390/agriculture14122155.

30. 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, No. 1. Art. e20053. DOI: 10.1002/agg2.20053.

31. Jaśkiewicz B. Effect of tillage system and nitrogen fertilization on the yield of selected spring triticale varieties. Polish Journal of Agronomy. 2021. No. 46. P. 9–13. DOI: 10.26114/pja.iung.463.2021.46.

32. Abdelaal H. K., Bugaev P. D., Fomia T. N. Nitrogen fertilization effect on grain yield and quality of spring triticale varieties. Indian Journal of Agricultural Research. 2019. Vol. 53, No. 5. P. 578–583. DOI: 10.18805/IJARE.A-426.

33. Prusiński J., Borowska M., Majcherczak E. The effect of the soil tillage methods for forecrop and N-mineral fertilization on the yield of winter triticale. Agronomy Science. 2022. Vol. 77, No. 3. P. 53–65. DOI: 10.24326/as.2022.3.4.

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

35. Оничко В. І. Вплив мінеральних добрив та норм висіву насіння на продуктивність та якість зерна тритикале ярого. Вісник Сумського НАУ. Серія «Агрономія і біологія». 2010. Вип. 4 (19). С. 71–76.

36. Оничко В. І., Бердін С. І., Огнієнко Н. І. Оптимізація основних елементів технології вирощування тритикале ярого в умовах Північно-Східного Лісостепу України. Вісник Сумського НАУ. 2011. Вип. 11. С. 84–89.

37. Формування продуктивності тритикале ярого в Лівобережному Лісостепу України: монографія / А. О. Рожков, В. К. Пузік, С. М. Каленська, М. А. Бобро, Л. М. Пузік. Харків: Майдан, 2014. 340 с.

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

39. Рожков А. О., Гутянський Р. А. Формування фотосинтетичного потенціалу тритикале ярого залежно від способів сівби та підживлення. Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН». 2015. С. 34–46.

40. Каленська С. М., Плакса В. М. Вплив норм висіву, мінеральних та водорозчинних добрив на ріст і розвиток тритикале ярого. Науковий вісник НУБіП України. 2009. № 141. С. 123–129.

41. Господаренко Г. М., Любич В. В. Вплив доз і строків застосування азотних добрив на елементи структури врожаю сортів тритикале ярого. Збірник наукових праць Вінницького ДАУ. 2009. № 38. С. 25–31.

42. Господаренко Г. М., Любич В. В. Хлібопекарські властивості зерна тритикале ярого за різних норм висіву і строків внесення азотних добрив. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2010. С. 6–9.

43. 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: 10.32636/01308521.2020-(67)-1-10.

44. Гамаюнова В. В., Дворецький В. Ф., Глушко Т. В. Вплив мінеральних добрив та рістрегуляторів на врожайність зерна ярих пшениці й тритикале в умовах Степу України. Світові рослинні ресурси: стан та перспективи розвитку: матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф. Київ; Вінниця: Нілан-ЛТД, 2016. С. 164–166.

45. Januszkiewicz R., Kulczycki G., Sacała E. The Effect of Multi-Component Foliar Fertilisers on Yield and Quality of Grain and Straw of Triticale. Agronomy. 2024. Vol. 14, No. 12. Art. 2846. DOI: 10.3390/agronomy14122846.

46. Spring Nitrogen Management Is Important for Triticale Forage Yield and Quality / S. E. Lyons et al. Agronomy Journal. 2018. Vol. 110. P. 2025–2032. DOI: 10.2134/agronj2018.01.0041.

47. Salama H. S. A., Badry H. H. Forage and grain yields of dual-purpose triticale as influenced by the integrated use of Azotobacter chroococcum and mineral nitrogen fertilizer. Italian Journal of Agronomy. 2021. Vol. 16, No. 2. Art. 1719. DOI: 10.4081/ija.2020.1719.

48. The Production of Dual-Purpose Triticale in Arid Regions: Application of Organic and Inorganic Treatments under Water Deficit Conditions / S. A. A. Abd-Elatty et al. Agronomy. 2022. Vol. 12, No. 6. Art. 1251. DOI: 10.3390/agronomy12061251.

49. Energy optimization in different production technologies of winter triticale grain / W. Szempliński et al. Energies. 2021. Vol. 14, No. 4. Art. 1003. DOI: 10.3390/en14041003.

50. The energy efficiency of the production and conversion of spring triticale grain into bioethanol / H. Klikocka et al. Agronomy. 2019. Vol. 9, No. 8. Art. 423. DOI: 10.3390/agronomy9080423.

51. Różewicz M. Yield, grain quality and potential use of triticale in Poland. Polish Journal of Agronomy. 2022. No. 49. P. 9–19. DOI: 10.26114/pja.iung.487.2022.49.02.

52. Методика досліджень агроекосистем / Л. М. Карпук та ін.; за ред. Л. М. Карпук. Біла Церква, 2024. 256 с.

53. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Загальна частина / за ред. С. О. Ткачик. 4-те вид., випр. і допов. Вінниця: Корзун Д. Ю., 2016.

54. Методика проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп’яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні / за ред. С. О. Ткачик. Вінниця: Корзун Д. Ю., 2016.

55. Методики проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Методи визначення показників якості продукції рослинництва / за ред. С. О. Ткачик. 3-тє вид., випр. і допов. Вінниця: Корзун Д. Ю., 2017.

56. Основи наукових досліджень в агрономії: підручник / В. О. Єщенко, П. Г. Копитко, В. П. Опришко, П. В. Костогриз; за ред. В. О. Єщенка. Київ: Дія, 2005. 288 с.

57. Мусієнко М. М. Фізіологія рослин: підручник. 2-ге вид., перероб. і допов. Київ: Либідь, 2005. 807 с.

58. Методичні рекомендації для практичних занять та самостійної роботи з дисципліни «Фізіологія рослин з основами біохімії» / Л. М. Філіпова та ін. Біла Церква: БНАУ, 2023. 111 с.

59. ДСТУ 4762:2007. Тритикале. Технічні умови. Київ: Держспоживстандарт України, 2007. 15 с.

60. ІР Легіт: тритикале яре. Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр’єва НААН. URL: https://yuriev.com.ua/ua/katalog-produkcii/katalog/tritikale-yare/ir-legit/ (дата звернення: 15.10.2026).

ДОДАТКИ

Додаток А

Урожайність зерна рослин тритикале ярого залежно від впливу норми висіву та позакореневих підживлень у 2025 р., т/га

(*дисперсійний аналіз*)

Норма висіву, млн./га (А)	Підживлення (В)	Повторення			Суми V	Середнє
		1	2	3		
4,5	I*	2,63	2,52	2,44	7,59	2,53
	II	2,60	2,50	2,61	7,71	2,57
	III	2,75	2,60	2,57	7,92	2,64
	IV	2,79	2,73	2,64	8,16	2,72
	V	2,90	2,68	2,66	8,24	2,75
5,0	I	2,83	2,80	2,91	8,54	2,85
	II	3,01	2,84	2,88	8,73	2,91
	III	3,02	2,94	2,97	8,93	2,98
	IV	3,12	3,03	3,01	9,16	3,05
	V	3,04	3,08	3,09	9,21	3,07
5,5	I	2,70	2,65	2,64	7,99	2,67
	II	2,77	2,63	2,84	8,24	2,75
	III	2,86	2,81	2,73	8,40	2,80
	IV	2,95	2,84	2,82	8,61	2,87
	V	3,01	2,82	2,91	8,74	2,91
Суми P		42,98	41,47	41,72	$\sum x = 126,17$	$\overline{x} = 2,80$

* *Примітка*: I – контроль; II – Кристалон особливий; III – $N_{к20}$ + Кристалон; IV – $N_{к30}$ + Кристалон; V – $N_{к40}$ + Кристалон.

$\sum X = \sum P = \sum V = 126,17.$

$N = l_a \times l_\beta \times n = 3 \times 5 \times 3 = 45;$

$C = (\sum x)^2 / N = 126,17^2 / 45 = 353,7526;$

$C_\gamma = \sum x^2 - C = 1,3331$

при $(N - 1) = (45 - 1) = 44$ ступенях волі;

C_p (повторень) = 0,0873

при $(n - 1) = (3 - 1) = 2$ ступенях волі;

C_v (сума квадратів 15 комбінацій варіантів) = 1,1468

при $(l_a l_\beta - 1) = (15 - 1) = 14$ ступенях волі;

$C_z = C_\gamma - C_p - C_v = 1,3331 - 0,0873 - 1,1468 = 0,0989$

сукупна похибка має 28 ступенів волі, з яких 4 належать похибці I порядку і 24 – похибці II порядку;

$C_a = 0{,}8173$ при $(l_a - 1) = 2$ ступенях волі;

$C_\beta = 0{,}3274$ при $(l_\beta - 1) = 4$ ступенях волі;

$C_{a\beta} = C_v - C_a - C_\beta = 1{,}1468 - 0{,}8173 - 0{,}3274 = 0{,}0021 \approx 0{,}00$

за округленими значеннями: $C_{a\beta} = 1{,}15 - 0{,}82 - 0{,}33 \approx 0{,}00$;

Суми показників за варіантами для визначення

головних ефектів та їх взаємодії, т/га

Чинник А норма висіву	Чинник В, позакореневе підживлення					Суми А	Середнє по А
	I	II	III	IV	V		
4,5	7,59	7,71	7,92	8,16	8,24	39,62	7,92
5,0	8,54	8,73	8,93	9,16	9,21	44,57	8,91
5,5	7,99	8,24	8,40	8,61	8,74	41,98	8,40
Суми В	24,12	24,68	25,25	25,93	26,19	$\sum x = 126{,}17$	
Середнє за В	8,04	8,23	8,42	8,64	8,73	$x = 8{,}41$	

$C_v = C_a + C_\beta + C_{a\beta} = 1{,}1468$;

$C_a = 0{,}8173$;

$df_a = l_a - 1 = 2$;

$C_\beta = 0{,}3274$;

$df_\beta = l_\beta - 1 = 4$;

$C_{a\beta} = 0{,}0021$;

$df_{a\beta} = (l_a - 1)(l_\beta - 1) = 8$;

Похибку I порядку визначали за мінливістю головних ділянок у повтореннях,

похибку II порядку – за залишковою мінливістю ділянок другого порядку.

Урожайність зерна тритикале ярого залежно від норми висіву (чинник А) та позакореневого підживлення (чинник В) у сумі за повтореннями, т/га

Чинник А	Повторення			Сума А
	I	II	III	
4,5	13,67	13,03	12,92	39,62

5,0	15,02	14,69	14,86	44,57
5,5	14,29	13,75	13,94	41,98
Сума B	42,98	41,47	41,72	$\sum x$ = 126,17

$C_\gamma I = C_a + C_p + C_zI = 0{,}9239$;

$C_zI = 0{,}9239 - 0{,}8173 - 0{,}0873 = 0{,}0192$

при $(l_a - 1)(n - 1) = (3 - 1)(3 - 1) = 4$ ступенях волі;

$C_zII = C_z - C_zI = 0{,}0989 - 0{,}0192 = 0{,}0797$ при $l_a(l_\beta - 1)(n - 1) = 24$ ступенях волі.

Результати дисперсійного аналізу двофакторного польового досліду ($l_a = 3$; $l_\beta = 5$), поставленого методом розщеплених ділянок

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені волі	$F_{факт.}$	$F_{теор.}$	
				05	01
Загальна (C_γ)	*1,3331*	*44*	–	–	–
Повторень (C_p)	*0,0873*	*2*	–	–	–
Чинника A	*0,8173*	*2*	*85,2*	*6,94*	*18,00*
Похибки I порядку	*0,0192*	*4*	–	–	–
Чинника B	*0,3274*	*4*	*24,6*	*2,78*	*4,22*
Взаємодії A×B	*0,0021*	*8*	*0,08*	*2,36*	*3,36*
Похибки II порядку	*0,0797*	*24*	–	–	–

$MS_zI = 0{,}0192 / 4 = 0{,}004796$;

$S_d(A) = \sqrt{[2MS_zI / (n \cdot l_\beta)]} = \sqrt{[2 \times 0{,}004796 / (3 \times 5)]} = 0{,}0253$ т/га;

$НІР_{05}(A) = t_{05;4} \times S_d(A) = 2{,}776 \times 0{,}0253 = 0{,}070 \approx 0{,}07$ т/га;

$MS_zII = 0{,}0797 / 24 = 0{,}003323$;

$S_d(B) = \sqrt{[2MS_zII / (n \cdot l_a)]} = \sqrt{[2 \times 0{,}003323 / (3 \times 3)]} = 0{,}0272$ т/га;

$НІР_{05}(B) = t_{05;24} \times S_d(B) = 2{,}064 \times 0{,}0272 = 0{,}056 \approx 0{,}06$ т/га;

Критичні значення: $F_{05}(2;4) = 6{,}94$; $F_{05}(4;24) = 2{,}78$; $F_{05}(8;24) = 2{,}36$.

$F_a = 85{,}2 > 6{,}94$ – вплив норми висіву істотний;

$F_\beta = 24{,}6 > 2{,}78$ – вплив позакореневого підживлення істотний;

$F_{a\beta} = 0{,}08 < 2{,}36$ – взаємодія чинників A×B неістотна.

Додаток Б

Урожайність зерна рослин тритикале ярого залежно від впливу норми висіву та позакореневих підживлень у 2026 р., т/га

(*дисперсійний аналіз*)

Норма висіву, млн./га (А)	Підживлення (В)	Повторення			Суми V	Середнє
		1	2	3		
4,5	I*	2,07	2,17	2,09	6,33	2,11
	II	2,10	2,16	2,15	6,41	2,14
	III	2,15	2,24	2,12	6,51	2,17
	IV	2,21	2,30	2,15	6,66	2,22
	V	2,13	2,27	2,30	6,70	2,23
5,0	I	2,25	2,36	2,38	6,99	2,33
	II	2,36	2,41	2,30	7,07	2,36
	III	2,31	2,44	2,46	7,21	2,40
	IV	2,47	2,47	2,40	7,34	2,45
	V	2,37	2,52	2,47	7,36	2,45
5,5	I	2,10	2,19	2,23	6,52	2,17
	II	2,21	2,17	2,15	6,53	2,18
	III	2,20	2,29	2,21	6,70	2,23
	IV	2,31	2,34	2,25	6,90	2,30
	V	2,24	2,37	2,35	6,96	2,32
Суми P		33,48	34,70	34,01	$\sum x = 102,19$	$\overline{x} = 2,27$

* *Примітка*: I – контроль; II – Кристалон особливий; III – $N_{к20}$ + Кристалон; IV – $N_{к30}$ + Кристалон; V – $N_{к40}$ + Кристалон.

$\sum x = \sum P = \sum V = 102,19.$

$N = l_a \times l_\beta \times n = 3 \times 5 \times 3 = 45;$

$C = (\sum x)^2 / N = 102,19^2 / 45 = 232,0614;$

$C_\gamma = \sum x^2 - C = 0,6382$

при $(N - 1) = (45 - 1) = 44$ ступенях волі;

C_p (повторень) = 0,0499

при $(n - 1) = (3 - 1) = 2$ ступенях волі;

C_v (сума квадратів 15 комбінацій варіантів) = 0,5212

при $(l_a l_\beta - 1) = (15 - 1) = 14$ ступенях волі;

$C_z = C_\gamma - C_p - C_v = 0,6382 - 0,0499 - 0,5212 = 0,0671$

сукупна похибка має 28 ступенів волі, з яких 4 належать похибці I порядку і 24 – похибці II порядку;

$C_a = 0{,}3969$ при $(l_a - 1) = 2$ ступенях волі;

$C_\beta = 0{,}1215$ при $(l_\beta - 1) = 4$ ступенях волі;

$C_{a\beta} = C_v - C_a - C_\beta = 0{,}5212 - 0{,}3969 - 0{,}1215 = 0{,}0028$

при $(l_a - 1)(l_\beta - 1) = (3 - 1)(5 - 1) = 8$ ступенях волі;

Суми показників за варіантами для визначення

головних ефектів та їх взаємодії, т/га

Чинник А норма висіву	Чинник В, позакореневе підживлення					Суми А	Середнє по А
	I	II	III	IV	V		
4,5	6,33	6,41	6,51	6,66	6,70	32,61	6,52
5,0	6,99	7,07	7,21	7,34	7,36	35,97	7,19
5,5	6,52	6,53	6,70	6,90	6,96	33,61	6,72
Суми В	19,84	20,01	20,42	20,90	21,02	$\sum x = 102{,}19$	
Середнє за В	6,61	6,67	6,81	6,97	7,01	$x = 6{,}81$	

$C_v = C_a + C_\beta + C_{a\beta} = 0{,}5212;$

$C_a = 0{,}3969;$

$df_a = l_a - 1 = 2;$

$C_\beta = 0{,}1215;$

$df_\beta = l_\beta - 1 = 4;$

$C_{a\beta} = 0{,}0028;$

$df_{a\beta} = (l_a - 1)(l_\beta - 1) = 8;$

Похибку I порядку визначали за мінливістю головних ділянок у повтореннях,

похибку II порядку – за залишковою мінливістю ділянок другого порядку.

Урожайність зерна тритикале ярого залежно від норми висіву (чинник А) та позакореневого підживлення (чинник В) у сумі за повтореннями, т/га

Чинник А	Повторення			Сума А
	I	II	III	
4,5	10,66	11,14	10,81	32,61
5,0	11,76	12,20	12,01	35,97
5,5	11,06	11,36	11,19	33,61
Сума В	33,48	34,70	34,01	$\sum x = 102{,}19$

$C_\gamma I = C_a + C_p + C_zI = 0{,}4495$;

$C_zI = 0{,}4495 - 0{,}3969 - 0{,}0499 = 0{,}0028$

при $(l_a - 1)(n - 1) = (3 - 1)(3 - 1) = 4$ ступенях волі;

$C_zII = C_z - C_zI = 0{,}0671 - 0{,}0028 = 0{,}0643$ при $l_a(l_\beta - 1)(n - 1) = 24$ ступенях волі.

Результати дисперсійного аналізу двофакторного польового досліду ($l_a = 3$; $l_\beta = 5$), поставленого методом розщеплених ділянок

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені волі	$F_{факт.}$	$F_{теор.}$	
				05	01
Загальна (C_γ)	*0,6382*	*44*	–	–	–
Повторень (C_p)	*0,0499*	*2*	–	–	–
Чинника А	*0,3969*	*2*	*288,1*	*6,94*	*18,00*
Похибки І порядку	*0,0028*	*4*	–	–	–
Чинника В	*0,1215*	*4*	*11,3*	*2,78*	*4,22*
Взаємодії А×В	*0,0028*	*8*	*0,13*	*2,36*	*3,36*
Похибки ІІ порядку	*0,0643*	*24*	–	–	–

$MS_zI = 0{,}0028 / 4 = 0{,}000689$;

$S_d(A) = \sqrt{[2MS_zI / (n \cdot l_\beta)]} = \sqrt{[2 \times 0{,}000689 / (3 \times 5)]} = 0{,}00958$ т/га;

$НІР_{05}(A) = t_{05;4} \times S_d(A) = 2{,}776 \times 0{,}00958 = 0{,}0266 \approx 0{,}03$ т/га;

$MS_zII = 0{,}0643 / 24 = 0{,}002681$;

$S_d(B) = \sqrt{[2MS_zII / (n \cdot l_a)]} = \sqrt{[2 \times 0{,}002681 / (3 \times 3)]} = 0{,}0244$ т/га;

$НІР_{05}(B) = t_{05;24} \times S_d(B) = 2{,}064 \times 0{,}0244 = 0{,}0504 \approx 0{,}05$ т/га;

Критичні значення: $F_{05}(2;4) = 6{,}94$; $F_{05}(4;24) = 2{,}78$; $F_{05}(8;24) = 2{,}36$.

$F_a = 288{,}1 > 6{,}94$ – вплив норми висіву істотний;

$F_\beta = 11{,}3 > 2{,}78$ – вплив позакореневого підживлення істотний;

$F_{a\beta} = 0{,}13 < 2{,}36$ – взаємодія чинників А×В неістотна.