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 І ЯКІСТЬ ЗЕРНА ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ЗАЛЕЖНО ВІД НОРМИ ВИСІВУ ТА ПОЗАКОРЕНЕВОГО ПІДЖИВЛЕННЯ В УМОВАХ НВЦ БІЛОЦЕРКІВСЬКОГО НАУ

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

Виконав: Бондарук Олександр Володимирович _____
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
Бондаруку Олександру Володимировичу

Тема: «Урожайність і якість зерна ячменю ярого залежно від норми висіву та позакореневого підживлення 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 ячменю ярого; ґрунтово-кліматичні умови НВЦ БНАУ; методика проведення досліджень; аналіз впливу норми висіву та підживлення на ріст, розвиток, урожайність і якість зерна ячменю 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 _____ Бондарук О.В.
підпис *прізвище, ініціали*

Дата отримання завдання «10» вересня 2025 р.

ДЕКЛАРАЦІЯ
про дотримання академічної доброчесності під час виконання кваліфікаційної роботи

Я, Бондарук Олександр Володимирович, здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти за освітньою програмою Н1 Агрономія, підтверджую, що кваліфікаційну роботу з теми: «Урожайність і якість зерна ячменю ярого залежно від норми висіву та позакореневого підживлення 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

Бондарук О.В. Урожайність і якість зерна ячменю ярого залежно від норми висіву та позакореневого підживлення в умовах НВЦ Білоцерківського НАУ.

Кваліфікаційна робота присвячена обґрунтуванню поєднання норми висіву та позакореневого підживлення ячменю ярого сорту Здобуток в умовах Правобережного Лісостепу України. У роботі узагальнено наукові положення щодо формування густоти продуктивного стеблостою, функціонування листкової поверхні та реалізації сортового потенціалу за різного рівня позакореневого живлення. Дослід передбачав чотири норми висіву та п’ять варіантів підживлення. Аналіз охоплював ріст рослин, індекс листкової поверхні, урожайність, структуру врожаю, якість зерна, статистичну й економічну оцінки.

Згідно даних 2025–2026 рр. оптимальною була норма висіву 5,0 млн схожих насінин/га. Найвищу дворічну урожайність сформовано за поєднання цієї норми з Кристалоном та Агро ЕМ. Збільшення норми до 5,5 млн/га не забезпечувало подальшого приросту через посилення внутрішньовидової конкуренції. Ефективність підживлення була вищою у сприятливішому за вологозабезпеченням 2025 р., проте напрям реакції зберігався в обидва роки.

Кваліфікаційна робота магістра містить 59 сторінок, 9 таблиць, 2 рисунки, список використаних джерел із 50 найменувань, 8 додатків.

Ключові слова: *ячмінь ярий, сорт Здобуток, норма висіву, позакореневе підживлення, урожайність, якість зерна, структура врожаю, економічна ефективність.*

ANNOTATION

Bondaruk O.V. Yield and grain quality of spring barley depending on seeding rate and foliar fertilization under the conditions of the Research and Production Center of Bila Tserkva National Agrarian University.

This qualification paper focuses on substantiating the combination of seeding rate and foliar fertilization for the 'Zdobutok' spring barley variety under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. The study summarizes scientific findings regarding the formation of productive stem density, leaf surface functioning, and the realization of varietal potential under varying levels of foliar nutrition. The experiment involved four seeding rates and five fertilization variants. The analysis covered plant growth, leaf area index, yield, yield structure, grain quality, as well as statistical and economic assessments.

Based on data from 2025–2026, the optimal seeding rate was 5.0 million viable seeds/ha. The highest two-year average yield was achieved by combining this rate with 'Krystalon' and 'Agro EM'. Increasing the rate to 5.5 million seeds/ha did not result in further yield gains due to intensified intraspecific competition. Fertilization efficiency was higher in 2025, a year with more favorable moisture conditions; however, the trend of the crop's response remained consistent across both years.

The master's qualification paper contains 59 pages, 9 tables, 2 figures, a list of 50 references and 8 appendices.

Keywords*: spring barley, 'Zdobutok' variety, seeding rate, foliar fertilization, yield, grain quality, yield structure, economic efficiency.*

ЗМІСТ

ВСТУП 7
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ 9
1.1 Господарське значення та біологічні особливості ячменю ярого ... 9
1.2 Норма висіву як чинник формування продуктивного стеблостою ... 12
1.3 Позакореневе підживлення у технології вирощування 15
Висновки до розділу 1 19
РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.... 20
2.1 Місце проведення досліджень 20
2.2 Ґрунтові та погодні умови 20
2.3 Схема і методика польового досліду 21
2.4 Характеристика сорту Здобуток 23
2.5 Характеристика досліджуваних препаратів 23
2.6 Агротехнічні умови 24
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ 25
3.1 Ріст рослин і формування листкової поверхні 25
3.2 Урожайність зерна 28
3.3 Елементи структури врожаю 31
3.4 Якість зерна 34
3.5 Статистична оцінка результатів 36
3.6 Економічна ефективність 37
Висновки до розділу 3 40
ВИСНОВКИ 41
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ 42
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 43
ДОДАТКИ 48

ВСТУП

Ячмінь ярий належить до культур, у яких рівень урожайності визначається не одним технологічним прийомом, а узгодженістю сорту, густоти посіву, мінерального живлення та погодних умов. Для Правобережного Лісостепу це має практичне значення через нестійке вологозабезпечення весняно-літнього періоду. Надмірно загущений посів швидко формує листкову поверхню, однак за дефіциту вологи та елементів живлення посилюється конкуренція між рослинами, зменшується продуктивність колоса й зростає ризик вилягання. За недостатньої густоти частина ресурсів поля не використовується повною мірою, а компенсація через кущення залежить від строків сівби та умов початкового росту [1–4].

Позакореневе підживлення розглядають як доповнення до основної системи удобрення, яке дає змогу оперативно коригувати живлення у критичні фази розвитку. Його результативність визначається складом препарату, дозою, фазою застосування, площею активної листкової поверхні та погодою під час обробки. Тому оцінка підживлення без урахування густоти посіву не дає повного уявлення про його технологічну ефективність [5–9].

Сорт Здобуток поєднує зерновий напрям використання з адаптивністю до умов вирощування. Для реалізації його потенціалу необхідно встановити таку густоту стеблостою, за якої збільшення кількості продуктивних стебел не супроводжується істотним зменшенням озерненості колоса і маси 1000 зерен. У цьому контексті двофакторне вивчення норм висіву та варіантів позакореневого підживлення має безпосереднє виробниче спрямування.

Актуальність роботи визначається потребою уточнення параметрів технології вирощування ячменю ярого сорту Здобуток для умов НВЦ Білоцерківського НАУ та обґрунтування поєднання норми висіву з позакореневим живленням на основі біометричних, продуктивних, якісних і економічних показників.

Мета роботи – встановити закономірності формування врожайності та якості зерна ячменю ярого сорту Здобуток залежно від норми висіву і позакореневого підживлення в умовах Правобережного Лісостепу України.

Для досягнення мети передбачено такі завдання:

- узагальнити наукові положення щодо впливу густоти посіву та позакореневого живлення на продукційний процес ячменю ярого;
- охарактеризувати ґрунтові й погодні умови НВЦ Білоцерківського НАУ;
- визначити особливості росту рослин і формування листкової поверхні;
- встановити вплив досліджуваних чинників на урожайність і структуру врожаю;
- оцінити показники якості зерна;
- провести статистичну та економічну оцінку варіантів і сформувати рекомендації виробництву.

Об’єкт дослідження – процеси росту, розвитку та формування зернової продуктивності ячменю ярого сорту Здобуток за різних норм висіву і варіантів позакореневого підживлення.

Предмет дослідження – норми висіву 4,0; 4,5; 5,0 і 5,5 млн схожих насінин/га, варіанти застосування Реакому, Кристалону та їх поєднання з Агро ЕМ, біометричні показники, урожайність, структура врожаю, якість зерна й економічна ефективність.

Методи дослідження – польовий, фенологічний, біометричний, лабораторний, розрахунково-порівняльний і математично-статистичний. Для оцінювання впливу чинників застосовано двофакторний дисперсійний аналіз із визначенням НІР05 та коефіцієнта варіації.

Практичне значення полягає в обґрунтуванні норми висіву та варіанта підживлення, які забезпечують стійке формування врожайності сорту Здобуток без непродуктивного збільшення густоти посіву.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Господарське значення та біологічні особливості ячменю ярого

Ячмінь ярий належить до базових зернових культур помірного клімату, а його господарська цінність визначається поєднанням продовольчого, кормового, пивоварного й технічного напрямів використання. Культура характеризується відносно коротким вегетаційним періодом, тому дає змогу ефективно використовувати весняні запаси ґрунтової вологи та формувати врожай у широкому діапазоні ґрунтово-кліматичних умов. Водночас швидкий темп проходження органогенезу звужує проміжок, упродовж якого агротехнічними заходами можна компенсувати несприятливий стан посіву. Саме тому результативність технології залежить не від окремого прийому, а від узгодженості сорту, строку сівби, густоти рослин і системи живлення [1, 2, 10–13].

За сучасних змін клімату значення ячменю посилюється завдяки його ранньостиглості та здатності уникати частини літніх посух, однак це не означає однакової стійкості в усі фази розвитку. Українські дослідники наголошують, що на Півдні та в Лісостепу продуктивність культури істотно визначається забезпеченням вологою від кущіння до колосіння, температурним режимом наливу зерна та відповідністю технології біологічним особливостям сорту [30, 33]. Отже, короткий цикл розвитку слід розглядати водночас як адаптивну перевагу і як чинник підвищеної чутливості до нетривалих, але інтенсивних стресів.

Продукційний процес ячменю ярого охоплює послідовне формування густоти сходів, пагонів кущення, продуктивних стебел, кількості зерен у колосі та маси зернівки. Кожен наступний елемент частково залежить від попереднього, однак між ними діють компенсаційні зв’язки. За меншої кількості рослин посів може частково відновити продуктивність завдяки інтенсивнішому кущенню та кращому озерненню колоса; за високої густоти внесок окремої рослини зменшується, але зростає кількість колосів на одиниці

площі. Межі такої компенсації визначаються генотипом, ресурсним забезпеченням і погодою [3, 4, 13, 32].

Початковий період розвитку має особливе значення, оскільки польова схожість і дружність сходів задають просторову структуру агроценозу. За достатньої вологи насіння швидко проростає, а рослини рівномірно переходять до кущіння. Пересихання посівного шару, надмірне загортання або ущільнення ґрунту подовжують появу сходів і підвищують внутрішньопосівну неоднорідність. Пізні рослини зазвичай утворюють слабші пагони та гірше конкурують за світло, воду й елементи живлення. Тому біологічний потенціал заданої норми висіву реалізується лише через фактичну густоту життєздатних рослин [22, 24].

У фазі кущіння закладається основа продуктивного стеблостою. Інтенсивність утворення бічних пагонів зростає за ранньої сівби, достатнього азотного живлення, помірної температури та доброго освітлення нижньої частини посіву. Проте кількість сформованих пагонів не тотожна кількості продуктивних стебел: частина з них відмирає під час виходу в трубку внаслідок дефіциту ресурсів. За даними польових досліджень, динаміка надземної маси та збереження пагонів до колосіння є інформативнішими для оцінювання майбутнього врожаю, ніж одноразове визначення загальної кущистості [32, 39].

Вихід у трубку та колосіння є періодами швидкого наростання біомаси й максимальної потреби у воді та мінеральному живленні. У цей час формуються кінцеві параметри колоса, а дефіцит вологи обмежує ріст міжвузлів, фотосинтетичну поверхню і виживання потенційно продуктивних пагонів. Підвищена температура прискорює фенологічний розвиток, скорочуючи тривалість нагромадження асимілятів. Дослідження у різних ґрунтово-кліматичних умовах підтверджують, що вплив температури та опадів на врожайність необхідно оцінювати за їхнім розподілом у критичні фази, а не лише за сезонними сумами [43–46].

Після колосіння врожай формується через запилення, зав’язування та налив зерна. За оптимального водного режиму триваліше функціонування верхніх листків підтримує переміщення продуктів фотосинтезу до зернівки. Посуха або спека в цей період прискорюють старіння асиміляційного апарату, зменшують тривалість наливу і масу 1000 зерен. Реакція якості може відрізнятися від реакції врожайності: зниження врожаю іноді супроводжується відносним підвищенням умісту білка через концентраційний ефект, проте фізична виповненість і технологічна придатність зерна погіршуються [44, 46, 50].

Для характеристики погодного фону польового досліду першочерговими залишаються дані найближчої метеостанції. Водночас сучасні масиви реаналізу дають змогу зіставляти локальні спостереження з просторово узгодженими рядами температури, опадів та інших метеорологічних змінних. До таких джерел належить глобальний реаналіз ERA5, методологію та характеристики якого викладено H. Hersbach та співавторами [19]. Його доречно використовувати як додатковий регіональний контекст, чітко відокремлюючи реаналізовані значення від безпосередніх вимірювань на дослідній території. Потреба в такому зіставленні зростає через довготривалі зміни температурного режиму України та загальне посилення кліматичних ризиків [20, 28].

Сорт визначає тривалість міжфазних періодів, інтенсивність кущення, архітектоніку листкового апарату, стійкість до вилягання і здатність зберігати продуктивність за стресу. Порівняння сортів різних періодів селекції свідчить, що приріст урожайності пов’язаний не з одним морфологічним показником, а з перебудовою співвідношення між кількістю продуктивних стебел, озерненістю, масою зернівки та ефективністю використання ресурсів [31, 49]. Тому рекомендовану для зони технологію доцільно уточнювати для конкретного сорту, а результати не переносити механічно між генотипами.

Адаптивність сорту виявляється не лише в середньому рівні врожайності, а й у стабільності реакції на мінливі умови. Високопродуктивний

генотип може формувати перевагу за сприятливого живлення, проте сильніше реагувати на дефіцит вологи або загущення. Натомість пластичні сорти ефективніше перерозподіляють ресурси між продуктивним кущенням і масою зерна. Результати вітчизняних досліджень підтверджують доцільність оцінювання врожайності разом з адаптивними параметрами та елементами структури врожаю [21, 31, 40].

Господарська оцінка ячменю має враховувати напрям використання зерна. Для кормових цілей важливими є загальний вихід поживних речовин і вміст білка, тоді як пивоварна сировина потребує вирівняності, достатньої крупності, належної натури та регламентованого вмісту білка. В Україні базові вимоги до партій ячменю визначає ДСТУ 3769:2019 [23]. Показники фізичної виповненості не є суто товарною характеристикою: дослідження зв’язку питомої маси з властивостями солоду засвідчує, що щільність і розмір зернівки можуть бути пов’язані з технологічним виходом, тому зміни якості потрібно тлумачити комплексно [50].

Отже, біологічні особливості ячменю ярого зумовлюють тісну залежність між раннім формуванням посіву, збереженням фотосинтетичного апарату та наливом зерна. Для Правобережного Лісостепу особливо важливо поєднати достатню кількість продуктивних стебел зі зменшенням конкуренції в критичні за водозабезпеченням періоди. Це створює наукове підґрунтя для спільного вивчення норми висіву й оперативних прийомів коригування живлення.

1.2 Норма висіву як чинник формування продуктивного стеблостою

Норма висіву є засобом керування початковою щільністю агроценозу та розподілом площі живлення між рослинами. Її вираження в мільйонах схожих насінин на гектар точніше характеризує технологічне рішення, ніж масова норма, оскільки враховує лабораторну схожість і не залежить безпосередньо від маси 1000 насінин. Однак розрахована кількість насінин не гарантує

відповідної густоти сходів, тому оцінювання норми висіву має охоплювати польову схожість, виживаність рослин і продуктивну кущистість [3, 4, 22, 24].

За зниженої норми висіву рослини одержують більшу площу живлення, краще освітлюються і за сприятливих умов формують більше пагонів. Такий механізм може підтримувати врожайність, але має часові й ресурсні межі. Запізнілі пагони відрізняються нерівномірним дозріванням, частіше утворюють дрібніше зерно або не завершують продуктивний цикл. Розріджений посів також повільніше закриває поверхню ґрунту, що посилює непродуктивне випаровування і конкурентоспроможність бур'янів. Тому висока індивідуальна продуктивність рослини не завжди компенсує недостатню кількість продуктивних стебел на гектар.

Підвищення норми висіву прискорює змикання рядків і на початкових етапах збільшує площу листків на одиниці поверхні. Це сприяє повнішому перехопленню сонячної радіації, проте після досягнення оптимальної густоти ефект змінюється. Взаємне затінення знижує освітленість нижніх листків, прискорює їхнє відмирання та обмежує продуктивне кущення. Одночасно витягуються нижні міжвузля і зростає ризик вилягання, особливо за високого азотного фону та достатнього зволоження [13, 32, 39].

Конкуренція в загущеному посіві охоплює воду, азот, фосфор, калій та простір для розвитку кореневої системи. Її наслідки найбільш помітні тоді, коли потреба посіву швидко зростає, а надходження ресурсу обмежене. За дефіциту вологи надмірна густота може спричиняти передчасне виснаження доступних запасів до колосіння, редукцію пагонів і скорочення наливу зерна. За сприятливішого зволоження негативний ефект зміщується в бік вилягання, поширення хвороб і зменшення частки повноцінних колосів. Таким чином, оптимум норми висіву змінюється залежно від погодного сценарію [44–46].

Важливим проміжним показником реакції на густоту є листкова поверхня. Її наростання до виходу в трубку забезпечує потенціал фотосинтезу, однак надмірний індекс листкової поверхні не гарантує більшого врожаю. Продуктивним є такий листковий апарат, який не лише перехоплює достатню

кількість світла, а й залишається функціональним у період формування колоса та наливу зерна. У польових дослідженнях біометричні показники доцільно пов’язувати з густотою продуктивного стеблостою, масою зерна з колоса і врожайністю, оскільки окреме збільшення вегетативної маси може відображати непродуктивне використання ресурсів [32, 33, 39].

Реакція врожайності на норму висіву переважно має нелінійний характер. На початковому відрізку збільшення кількості насінин усуває дефіцит рослин і підвищує число колосів. Після наближення до оптимальної щільності приріст зменшується, оскільки посилення конкуренції нівелює перевагу додаткових стебел. За подальшого загущення можливе зниження маси зерна з колоса, маси 1000 зерен і загальної врожайності. Польові випробування безплівчастого ячменю також показують залежність оптимальної норми від середовища та генотипу, що підтверджує необхідність локальної перевірки технологічного діапазону [42].

Вітчизняні результати доповнюють цю закономірність зональною специфікою. Для сортів, досліджених у Лісостепу та Степу, продуктивність визначається поєднанням здатності до кущення, фактичної густоти рослин, рівня мінерального живлення й вологозабезпечення [4, 30, 31]. Відповідно одну й ту саму норму не можна вважати універсальною для раннього та пізнього строків сівби, різних попередників або насіння неоднакової посівної якості. За запізнення із сівбою підвищення норми іноді компенсує слабше кущення, але водночас збільшує ризик конкуренції в другій половині вегетації.

Норма висіву взаємодіє із системою азотного живлення. Зі збільшенням густоти потреба посіву в доступному азоті зростає, але надлишкове його надходження стимулює вегетативний ріст і може посилити вилягання. За недостатнього живлення велика кількість рослин формує меншу площу листків і слабший колос, тоді як за збалансованого фону ефективніше реалізується потенціал продуктивного стеблостою. Довготривалі та польові дослідження підтверджують, що вплив удобрення на врожай залежить від

ґрунтово-кліматичних умов, попередника та вихідного забезпечення ґрунту елементами живлення [34, 36, 43].

Зміна густоти впливає не лише на масу врожаю, а й на вирівняність та фізичні показники зерна. За надмірного загущення зростає частка стебел із меншою продуктивністю, а конкуренція під час наливу знижує крупність і масу 1000 зерен. Для пивоварного напряму це може погіршити однорідність партії, тоді як для кормового використання важливим залишається сумарний вихід зерна і білка. Тому технологічний оптимум слід визначати за комплексом показників, не ототожнюючи максимальну густоту або найбільшу кількість колосів із найкращою господарською оцінкою [23, 46, 50].

Економічна доцільність підвищення норми висіву залежить від того, чи компенсує додатковий урожай вартість насіння та можливі витрати, пов’язані з виляганням або погіршенням якості. Поблизу біологічного плато навіть статистично помітна зміна окремого елемента структури не обов’язково забезпечує виробничу перевагу. Тому під час обґрунтування рекомендації потрібно зіставляти середню врожайність за роками, її стабільність, показники якості й умовний економічний результат, а не спиратися на один максимальний показник.

Таким чином, установлення раціональної норми висіву є пошуком балансу між достатньою кількістю продуктивних стебел та збереженням індивідуальної продуктивності рослин. Для сорту, який випробовується в умовах конкретного господарства, обґрунтованим є порівняння кількох суміжних рівнів густоти з одночасним обліком сходів, виживаності, листкової поверхні, структури врожаю і якості зерна. Такий підхід дає змогу пояснити отриману врожайність через біологічні механізми, а не лише зафіксувати різницю між варіантами.

1.3 Позакореневе підживлення у технології вирощування

Позакореневе підживлення є оперативним способом надходження невеликих кількостей поживних речовин через надземні органи рослин. Його

перевагою є можливість швидко скоригувати тимчасовий дефіцит у фазі, коли поглинання кореневою системою обмежене низькою температурою, посухою, несприятливою реакцією ґрунтового розчину або слабкою рухомістю окремих елементів. Водночас цей прийом не замінює основного удобрення, оскільки листкова поверхня не може безпечно прийняти кількість макроелементів, потрібну культурі протягом усієї вегетації [5, 6].

Поглинання розчинених речовин листком визначається властивостями кутикули, продиховим апаратом, хімічною формою елемента, концентрацією та реакцією робочого розчину. Після нанесення крапля має утриматися на поверхні, не спричинити опіку, зберігатися в рідкому стані достатній час і забезпечити проникнення діючих компонентів. Саме тому збільшення концентрації не можна автоматично вважати способом посилення ефекту: воно підвищує осмотичне навантаження і ризик пошкодження тканин. Наукові принципи листкового живлення передбачають дотримання регламенту препарату та врахування фізіологічного стану рослин [5, 6].

Метеорологічні умови під час обприскування істотно впливають на результат. Помірна температура, достатня відносна вологість і відсутність сильного вітру подовжують час контакту розчину з листком та зменшують знесення. За спеки й сухого повітря краплі швидко випаровуються, а за опадів невдовзі після внесення препарат змивається. Не менш важливими є якість води, рівномірність покриття та сумісність компонентів бакової суміші. Отже, однакова доза може забезпечувати різний ефект залежно від технології й часу застосування [6, 37].

Комплексні водорозчинні добрива поєднують макро- та мікроелементи у формах, доступних для листкового поглинання. Для зернових культур мікроелементи беруть участь у ферментативних реакціях, синтезі хлорофілу, азотному й вуглеводному обміні, однак позитивна реакція найбільш імовірна за реального дефіциту або підвищеної потреби. За достатнього ґрунтового забезпечення додаткове внесення може мати слабкий ефект. Польові

дослідження підтверджують, що результат залежить від складу добрива, сорту, фази обробки та фону основного живлення [15, 41, 43].

Строк позакореневого підживлення доцільно узгоджувати з процесом, який планують підтримати. Обробка на початку виходу в трубку може сприяти збереженню активної листкової поверхні та розвитку продуктивних пагонів, тоді як внесення перед колосінням спрямоване на підтримання верхніх листків і формування зерна. Дослідження в умовах Правобережного Лісостепу показують, що позакореневі обробки здатні змінювати тривалість міжфазних періодів, тому їхню дію слід оцінювати не тільки за кінцевою врожайністю, а й за фенологічною реакцією рослин [37].

У польових дослідах України ефективність підживлення виявлялася через зміни біометричних показників, елементів структури та врожайності. За умов Північного Степу встановлено реакцію висоти рослин, площі листків і зернової продуктивності на варіанти позакореневого живлення [39]. Інші дослідження показали, що азотне підживлення впливає на кількість продуктивних стебел, озерненість і масу зерна з колоса [38]. Ці результати підтверджують фізіологічну обґрунтованість прийому, але також свідчать, що його ефект потрібно інтерпретувати через конкретні складові врожаю.

Реакція на препарати залежить від базового рівня родючості та системи удобрення. На ґрунтах із кислою реакцією або обмеженою доступністю елементів ефективність живлення пов’язана з меліоративними заходами й основним удобренням, а листкове внесення виконує коригувальну функцію [34]. У виробничій технології важливо уникати підміни системного управління родючістю серією обприскувань, оскільки дефіцит азоту, фосфору чи калію в масштабі врожаю не може бути повністю усунутий через листок.

Окрему групу становлять регулятори росту та біостимулятори, дія яких не зводиться до прямого постачання елементів живлення. До них відносять мікробні продукти, гумінові речовини, екстракти водоростей та інші композиції, здатні впливати на фізіологічні процеси й використання ресурсів [7–9, 16–18]. У дослідах із ячменем застосування регуляторів росту змінювало

елементи продуктивності, однак величина реакції залежала від умов року та агрофону [35]. Тому назва категорії препарату сама по собі не є доказом його ефективності для конкретного сорту й зони.

Міжнародні дослідження біостимуляторів свідчать про можливість підвищення ефективності використання азоту та збереження врожайності ячменю за зменшеного азотного навантаження [47]. Водночас метааналіз польових випробувань показує значну варіабельність ефектів між культурами, типами продуктів, ґрунтами і кліматичними умовами [48]. Отже, біостимулятор доцільно розглядати як технологічний чинник, результативність якого потребує локального контролю, а не як гарантоване джерело однакового приросту врожаю.

Поєднання позакореневого живлення з різною нормою висіву може змінювати відповідь посіву. За недостатньої густоти сумарна листкова поверхня обмежує кількість робочого розчину, що фактично утримується рослинами, але кожна рослина має більший ресурсний простір. У загущеному посіві площа контакту більша, проте сильніша конкуренція може зменшувати здатність рослин реалізувати додаткове живлення. Через це ефект препарату слід оцінювати окремо в межах кожного рівня густоти та перевіряти статистичну взаємодію чинників.

Сортова специфічність також має практичне значення. Дослідження в Лісостепу України засвідчили, що врожайність ячменю змінюється залежно від поєднання сорту і позакореневого підживлення [40]. Генотипи відрізняються темпом наростання листкової поверхні, тривалістю її активного функціонування та здатністю перерозподіляти асиміляти в зерно. Тому для коректної рекомендації потрібно наводити не лише середню дію препарату, а й реакцію конкретного сорту та погодні умови років досліджень.

Підживлення може впливати на якість зерна через зміну азотного обміну, тривалості фотосинтезу й умов наливу. Водночас напрям реакції не завжди збігається з урожайністю. Посилене азотне живлення здатне підвищувати вміст білка, але для пивоварної сировини надмірне його

накопичення небажане; збільшення врожаю може зменшувати концентрацію білка внаслідок розбавлення. Водозабезпечення додатково модифікує ці зв’язки [38, 43, 46]. Саме тому оцінювання препаратів має охоплювати врожайність, білок, крохмаль, натуру, масу 1000 зерен і відповідність напряму використання [23, 50].

Отже, позакореневе підживлення є науково обґрунтованим доповненням технології лише за чіткого визначення мети, строку та умов застосування. Найбільш інформативним є дослід, у якому однаковий фон основного удобрення поєднують із необробленим контролем, регламентованими дозами препаратів і кількома нормами висіву. Така схема дає змогу відокремити головні ефекти густоти й підживлення, установити характер їхньої взаємодії та пояснити зміни врожайності через біометричні показники, структуру врожаю і якість зерна.

Висновки до розділу 1

1. Продуктивність ячменю ярого формується внаслідок послідовної реалізації польової схожості, продуктивного кущення, озерненості колоса та наливу зерна. Вирішальне значення має не максимальне значення окремого показника, а збалансоване поєднання кількості продуктивних стебел з індивідуальною продуктивністю рослин.

2. Оптимальна норма висіву є сортово- та зонально специфічною. Її підвищення доцільне лише до межі, за якої приріст кількості колосів перевищує втрати від конкуренції, затінення, редукції пагонів і погіршення виповненості зерна. Тому густоту необхідно оцінювати разом із виживаністю рослин, площею листків, структурою врожаю та економічним результатом.

3. Позакореневе підживлення доповнює, але не замінює основну систему удобрення. Його ефективність визначається складом препарату, фазою розвитку, погодою під час внесення, ґрунтовим фоном і сортовою реакцією. Для виробничого висновку обов’язковими є необроблений контроль, дотримання регламенту та комплексна оцінка врожайності й якості зерна.

4. Узагальнення сучасних публікацій обґрунтовує спільне дослідження норми висіву та позакореневого підживлення в умовах Правобережного Лісостепу. Такий підхід дає змогу встановити технологічне поєднання, що підтримує продуктивний стеблостій, зберігає функціональну листкову поверхню та забезпечує належні показники зерна за мінливого погодного фону.

РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Місце проведення досліджень

Польові дослідження проведено у 2025–2026 рр. у Науково-виробничому центрі Білоцерківського національного аграрного університету. Територія належить до Правобережного Лісостепу України. Польова база дає змогу виконувати технологічні операції, фенологічні спостереження, біометричні обліки та відбір зразків у межах єдиного дослідного циклу.

Розміщення досліду в одній сівозміні забезпечувало порівнюваність агрофону за роками. Ділянки добирали на вирівняному за рельєфом полі без локальних понижень і ділянок із помітною неоднорідністю рослинного покриву. До закладання досліду проводили рекогносцирувальне обстеження та уточнювали межі захисних смуг.

2.2 Ґрунтові та погодні умови

Ґрунтовий покрив дослідного поля представлений чорноземом типовим малогумусним середньосуглинковим. Характеристики орного шару – вміст гумусу 3,6 %, pH сольової витяжки 6,4, легкогідролізованого азоту 112 мг/кг, рухомих сполук фосфору 105 мг/кг і обмінного калію 92 мг/кг. Такі параметри відповідають середній забезпеченості основними елементами живлення та сприятливій реакції ґрунтового розчину для ячменю ярого.

Таблиця 1. Агрохімічна характеристика орного шару дослідного поля

Показник	Одиниця	Значення	Оцінка
Гумус	%	3,6	середній вміст
pH сольової витяжки	од. pH	6,4	близька до нейтральної
Легкогідролізований азот	мг/кг	112	середня забезпеченість
Рухомий фосфор	мг/кг	105	підвищена забезпеченість
Обмінний калій	мг/кг	92	середня забезпеченість

Погодні умови років (за даними метеостанції м. Біла Церква) відрізнялися насамперед за розподілом опадів. У 2025 р. вологозабезпечення періоду кущіння – вихід у трубку було сприятливішим, що підтримало продуктивне кущення та триваліше функціонування листків. У 2026 р. дефіцит опадів у травні та підвищена температура в червні скоротили період активного наливу зерна. Такий контраст дав змогу оцінити стабільність реакції сорту на досліджувані технологічні чинники.

Таблиця 2. Агрометеорологічні показники вегетаційного періоду

Місяць	Температура 2025, °C	Опади 2025, мм	Температура 2026, °C	Опади 2026, мм
Квітень	10,2	41	11,0	34
Травень	15,6	63	16,4	39
Червень	19,4	72	21,1	45
Липень	21,3	58	22,0	51
Разом / середнє	16,6	234	17,6	169

2.3 Схема і методика польового досліду

Дослід двофакторний:

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

Чинник В – позакореневе підживлення: контроль без підживлення; Реаком; Кристалон; Реаком + Агро ЕМ; Кристалон + Агро ЕМ.

Розміщення варіантів у повтореннях рендомізоване. Повторність триразова. Загальна кількість облікових ділянок становила 60.

Облікова площа ділянки становила 20 м², посівна – 25 м². Між ділянками передбачали бічні та кінцеві захисні смуги. Польову схожість визначали після формування повних сходів, густоту продуктивного стеблостою – перед збиранням. Результати фенологічних спостережень наведено в додатку Ж, густоти сходів і виживаності рослин – у додатку И.

Таблиця 3. Схема двофакторного польового досліду

Норма висіву, млн/га (чинник А)	Варіант підживлення (чинник В)
4,0	Контроль без підживлення
	Реаком
	Кристалон
	Реаком + Агро ЕМ
	Кристалон + Агро ЕМ
4,5	Контроль без підживлення
	Реаком
	Кристалон
	Реаком + Агро ЕМ
	Кристалон + Агро ЕМ
5,0	Контроль без підживлення
	Реаком
	Кристалон
	Реаком + Агро ЕМ
	Кристалон + Агро ЕМ
5,5	Контроль без підживлення
	Реаком
	Кристалон
	Реаком + Агро ЕМ
	Кристалон + Агро ЕМ

Біометричні обліки виконували у фази кущіння, виходу в трубку та колосіння. Площу листків визначали на типових рослинах із наступним розрахунком індексу листкової поверхні [22].

Урожайність встановлювали за масою зерна з облікової площі, приводячи її до стандартної вологості та 100 % чистоти. Структуру врожаю аналізували за пробними снопами: визначали кількість продуктивних стебел, довжину колоса, кількість зерен у колосі, масу зерна з колоса та масу 1000 зерен. Якість зерна оцінювали за вмістом білка, крохмалю й натурою [23].

Статистичну обробку виконували методом двофакторного дисперсійного аналізу. Окремо визначали ефект норми висіву, ефект підживлення та їх взаємодію. Для порівняння середніх розраховували HIP05, точність досліду оцінювали за коефіцієнтом варіації [25]. Економічну ефективність визначали за вартістю валової продукції, виробничими витратами, умовним чистим доходом, собівартістю 1 т зерна та рівнем рентабельності.

2.4 Характеристика сорту Здобуток

Здобуток – сорт ячменю ярого зернового напряму використання селекції Інституту рослинництва імені В. Я. Юр'єва НААН. Сорт належить до середньостиглої групи та характеризується пристосованістю до умов Лісостепу. У наукових і виробничих джерелах його розглядають як сорт напівінтенсивного типу, здатний реалізовувати продуктивність за помірного рівня ресурсного забезпечення [14, 21].

2.5 Характеристика досліджуваних препаратів

Реаком у досліді розглядався як рідке комплексне мікродобриво для позакореневого застосування. Його технологічне призначення полягає у забезпеченні рослин мікроелементами в доступній формі в період активного росту. *Кристалон* – водорозчинне комплексне добриво з макро- і мікроелементами, призначене для оперативного коригування живлення через листкову поверхню.

Агро ЕМ використано як біологічний компонент бакової суміші. Під час трактування результатів його дію не відокремлювали від відповідного комплексного добрива, оскільки схема не містила самостійного варіанта Агро ЕМ. Отже, коректним є порівняння комбінацій із базовими варіантами Реакому або Кристалону, а не висновок про окремий ефект біопрепарату.

2.6 Агротехнічні умови

Попередником ячменю ярого була соя. Основний обробіток ґрунту включав лущення стерні та зяблеву оранку. Навесні проводили ранньовесняне боронування і передпосівну культивацію на глибину загортання насіння. Фон основного удобрення був однаковим для всіх варіантів.

Сівбу проводили у фізично стиглий ґрунт звичайним рядковим способом. Норми висіву встановлювали з урахуванням лабораторної схожості та чистоти насіння [24]. Позакореневе підживлення виконували у фазі виходу в трубку за сприятливих температури й вологості повітря. Захист посівів від бур’янів, хвороб і шкідників здійснювали відповідно до фактичного фітосанітарного стану, однаково на всіх варіантах.

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Ріст рослин і формування листкової поверхні

Позакореневі підживлення забезпечували поступове збільшення біометричних показників. Найвиразніша реакція сформувалася у варіанті Кристалон + Агро ЕМ. У середньому за роки висота рослин у фазі колосіння перевищувала контроль на 2,6 см за всіх норм висіву. Це свідчить про підтримання ростових процесів, але саме по собі збільшення висоти не є критерієм продуктивності, тому його оцінювали разом з листковою поверхнею та структурою врожаю.

Результати досліджень свідчать, що лінійний ріст рослин ячменю ярого сорту Здобуток змінювався під впливом обох досліджуваних чинників – норми висіву насіння та позакореневого підживлення. Характер реакції рослин залежав від фази їх розвитку. У період кущіння та виходу в трубку збільшення норми висіву супроводжувалося поступовим зростанням середньої висоти рослин, що пов’язано зі швидшим змиканням рядків і посиленням конкуренції за світло.

У контрольних варіантах у фазі кущіння висота рослин зростала від 22,8 см за норми висіву 4,0 млн/га до 24,4 см за норми 5,0 млн/га. Подальше збільшення норми висіву до 5,5 млн/га забезпечило лише незначне підвищення показника – до 24,5 см. Подібну закономірність відзначено у фазі виходу в трубку: висота рослин збільшувалася від 49,5 до 51,5 см за підвищення норми висіву від 4,0 до 5,0 млн/га, тоді як за норми 5,5 млн/га залишалася на тому самому рівні (табл. 4, додаток В).

Таблиця 4. Біометричні показники ячменю ярого сорту Здобуток у середньому за 2025–2026 рр.

Норма висіву, млн/га	Підживлення	Фаза розвитку			Індекс листкової поверхні у фазі колосіння
		Кущіння, см	Вихід у трубку, см	Колосіння, см	
4,0	Контроль без підживлення	22,8	49,5	73,0	3,05
	Реаком	23,2	50,0	73,7	3,17
	Кристалон	23,5	50,6	74,3	3,29
	Реаком + Агро ЕМ	23,9	51,1	75,0	3,41
	Кристалон + Агро ЕМ	24,2	51,7	75,6	3,53
4,5	Контроль без підживлення	23,6	50,5	73,9	3,26
	Реаком	24,0	51,0	74,6	3,38
	Кристалон	24,3	51,6	75,2	3,50
	Реаком + Агро ЕМ	24,7	52,1	75,9	3,62
	Кристалон + Агро ЕМ	25,0	52,7	76,5	3,74
5,0	Контроль без підживлення	24,4	51,5	74,8	3,47
	Реаком	24,8	52,0	75,5	3,59
	Кристалон	25,1	52,6	76,1	3,71
	Реаком + Агро ЕМ	25,5	53,1	76,8	3,83
	Кристалон + Агро ЕМ	25,8	53,7	77,4	3,95
5,5	Контроль без підживлення	24,5	51,5	74,2	3,50
	Реаком	24,9	52,0	74,9	3,62
	Кристалон	25,2	52,6	75,5	3,74
	Реаком + Агро ЕМ	25,6	53,1	76,2	3,86
	Кристалон + Агро ЕМ	25,9	53,7	76,8	3,98

У фазі колосіння перевага максимальної норми висіву не зберігалася. На контролі найвищими були рослини за норми висіву 5,0 млн/га – 74,8 см, тоді як за норми 5,5 млн/га їх висота зменшувалася до 74,2 см. Отже, на ранніх

етапах розвитку підвищена густота посіву стимулювала витягування рослин, однак у подальшому надмірна конкуренція за вологу, елементи живлення та площу живлення обмежувала їхній лінійний ріст.

Позакореневі підживлення позитивно впливали на біометричні показники рослин упродовж усіх досліджуваних фаз. За застосування Реакому висота рослин порівняно з контролем збільшувалася на 0,4 см у фазі кущіння, на 0,5 см – у фазі виходу в трубку та на 0,7 см – у фазі колосіння. Використання Кристалону забезпечувало відповідне збільшення показника на 0,7; 1,1 та 1,3 см.

Більш виражений вплив встановлено за поєднання досліджуваних препаратів з Агро ЕМ. У варіанті Реаком + Агро ЕМ висота рослин перевищувала контроль на 1,1 см у фазі кущіння, на 1,6 см – у фазі виходу в трубку та на 2,0 см – у фазі колосіння. Найвищі показники сформувалися за застосування Кристалону сумісно з Агро ЕМ: перевищення контролю становило відповідно 1,4; 2,2 та 2,6 см. Така закономірність простежувалася за всіх норм висіву, що вказує на стабільний позитивний вплив комбінованого підживлення на ростові процеси рослин.

Максимальну висоту рослин у фазі колосіння – 77,4 см – встановлено за норми висіву 5,0 млн/га та застосування Кристалону + Агро ЕМ. За збільшення норми висіву до 5,5 млн/га у цьому самому варіанті показник зменшувався до 76,8 см. Отже, формування найвищого посіву визначалося не максимальною густотою рослин, а раціональним поєднанням норми висіву і системи позакореневого підживлення.

Індекс листкової поверхні зростав до норми 5,0 млн/га. На контролі середнє значення у фазі колосіння становило близько 3,05–3,50 м²/м² залежно від густоти. Застосування підживлень підвищувало показник, найбільше – у комбінованих варіантах. За норми 5,5 млн/га подальше збільшення загальної площі листків сповільнювалося, а нижній ярус швидше втрачав функціональність. Отже, перевага загущення визначалася не максимальною

кількістю листків, а здатністю посіву зберігати активну поверхню в період колосіння – наливу зерна.

3.2 Урожайність зерна

Урожайність ячменю ярого у 2025 р. була вищою, ніж у 2026 р., за всіма досліджуваними поєднаннями чинників. Така міжрічна різниця зумовлена насамперед сприятливішими умовами зволоження у період формування стеблостою та повільнішим завершенням наливу зерна у 2025 р. За кращого вологозабезпечення рослини повніше реалізували потенціал продуктивної кущистості та сформували більш виповнене зерно. У 2026 р. менш сприятливі погодні умови обмежували реалізацію продуктивного потенціалу посівів, що позначилося на загальному рівні врожайності.

Незважаючи на відмінності погодних умов, характер реакції ячменю ярого на норми висіву та позакореневі підживлення в обидва роки залишався переважно однаковим. Ранжування досліджуваних варіантів суттєво не змінювалося, що вказує на закономірність установленої реакції рослин на поєднання густоти посіву та системи живлення.

На контрольних варіантах збільшення норми висіву з 4,0 до 5,0 млн схожих насінин/га підвищувало середню за 2025–2026 рр. урожайність зерна з 3,31 до 3,80 т/га. Приріст становив 0,49 т/га, або 14,8 %. Подальше підвищення норми висіву до 5,5 млн/га спричинило зниження врожайності до 3,67 т/га, тобто на 0,13 т/га порівняно з нормою 5,0 млн/га. Отже, збільшення кількості рослин було ефективним лише до досягнення оптимальної густоти посіву. Подальше загущення посилювало внутрішньовидову конкуренцію за вологу, поживні речовини та світло, унаслідок чого знижувалася індивідуальна продуктивність рослин.

Серед варіантів позакореневого підживлення найвищу врожайність забезпечувало сумісне застосування Кристалону та Агро ЕМ. За норми висіву 5,0 млн/га у цьому варіанті врожайність становила 4,53 т/га у 2025 р. і 3,94 т/га у 2026 р., а в середньому за два роки — 4,24 т/га. Приріст до відповідного контрольного варіанта дорівнював 0,48 т/га у 2025 р., 0,39 т/га у 2026 р. та 0,44

т/га, або 11,6 %, у середньому за роки досліджень. Дещо нижчі, проте стабільні прирости врожайності отримано за поєднання Реакому з Агро ЕМ. Це підтверджує перевагу комбінованих варіантів підживлення порівняно з окремим застосуванням досліджуваних препаратів (табл. 5, додатки А, Б).

Таблиця 5. Урожайність зерна ячменю ярого сорту Здобуток, т/га

Норма висіву, млн/га	Підживлення	2025	2026	Середнє
4,0	Контроль без підживлення	3,52	3,09	3,31
	Реаком	3,71	3,24	3,48
	Кристалон	3,78	3,29	3,54
	Реаком + Агро ЕМ	3,85	3,35	3,60
	Кристалон + Агро ЕМ	3,92	3,40	3,66
4,5	Контроль без підживлення	3,78	3,32	3,55
	Реаком	3,98	3,48	3,73
	Кристалон	4,06	3,54	3,80
	Реаком + Агро ЕМ	4,13	3,60	3,87
	Кристалон + Агро ЕМ	4,21	3,66	3,94
5,0	Контроль без підживлення	4,05	3,55	3,80
	Реаком	4,27	3,73	4,00
	Кристалон	4,36	3,80	4,08
	Реаком + Агро ЕМ	4,44	3,87	4,16
	Кристалон + Агро ЕМ	4,53	3,94	4,24
5,5	Контроль без підживлення	3,91	3,42	3,67
	Реаком	4,09	3,56	3,83
	Кристалон	4,16	3,61	3,89
	Реаком + Агро ЕМ	4,22	3,66	3,94
	Кристалон + Агро ЕМ	4,29	3,71	4,00

Графічно реакцію урожайності на поєднання досліджуваних чинників наведено на рис. 1.

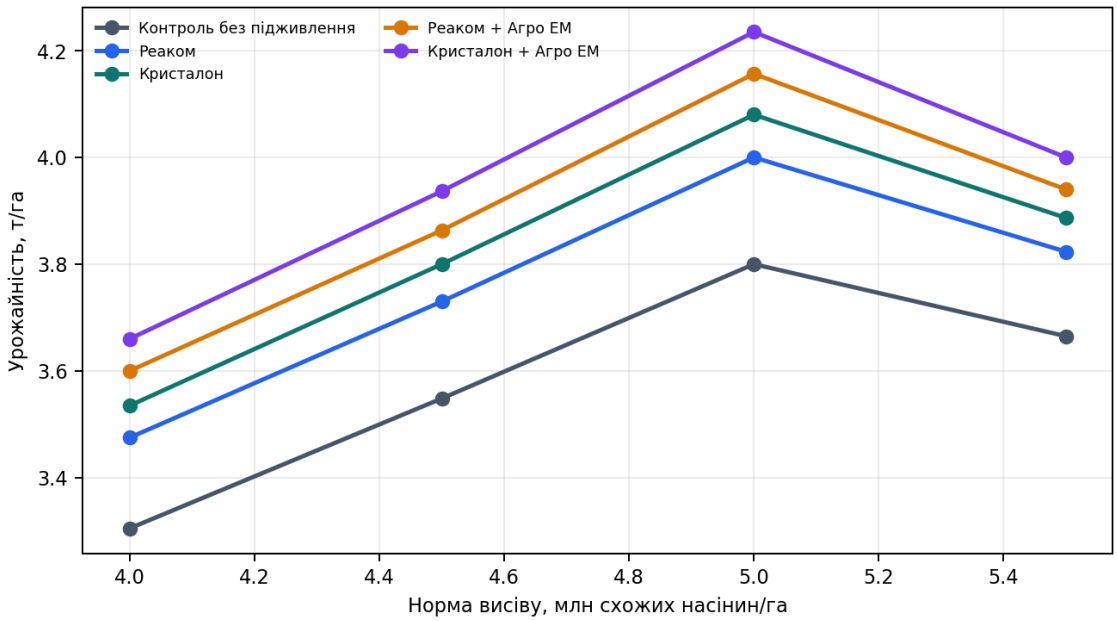


Рис. 1. Реакція урожайності на норму висіву та позакореневе підживлення у середньому за 2025–2026 рр.

Графічне відображення отриманих результатів засвідчує криволінійний характер залежності врожайності від норми висіву. За всіх варіантів позакореневого підживлення максимальні значення показника формувалися за норми 5,0 млн схожих насінин/га. Збільшення норми висіву до 5,5 млн/га супроводжувалося зниженням урожайності, причому виразніша реакція простежувалася у комбінованих варіантах підживлення. Отже, поліпшення живлення рослин не усувало негативного впливу надмірної густоти посіву

(рис. 2).

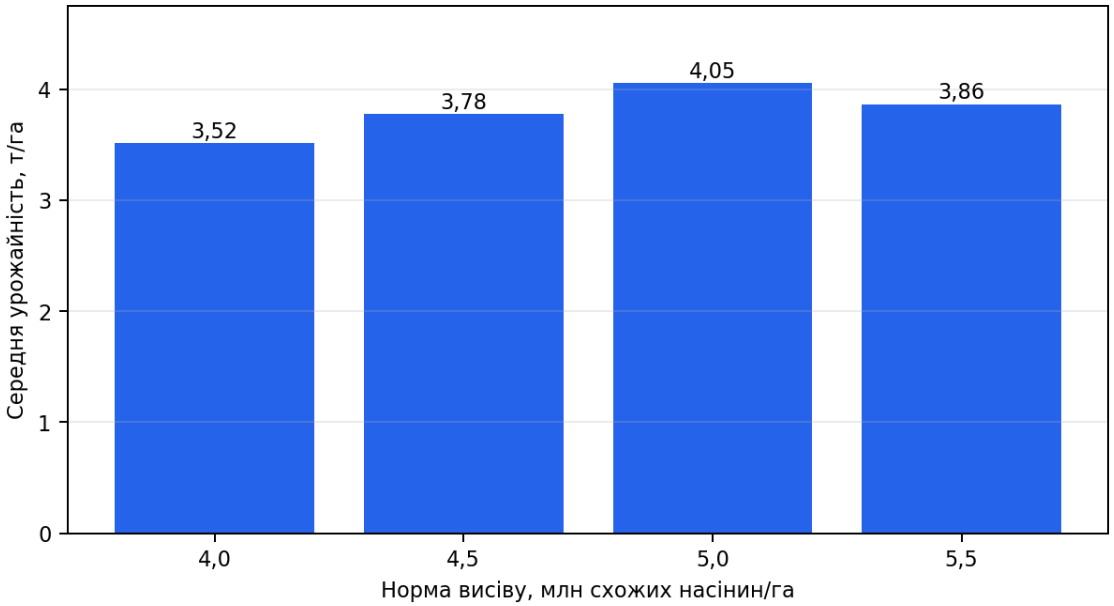


Рис. 2. Середня урожайність залежно від норми висіву, т/га

Таким чином, формування врожайності визначалося узгодженим впливом норми висіву, позакореневого підживлення та погодних умов року. Найсприятливіше поєднання досліджуваних чинників сформувалося за норми висіву 5,0 млн схожих насінин/га та сумісного застосування Кристалону й Агро ЕМ. Саме цей варіант забезпечував найвищий і достатньо стабільний рівень урожайності впродовж 2025–2026 рр.

3.3 Елементи структури врожаю

Зростання врожайності ячменю ярого за підвищення норми висіву від 4,0 до 5,0 млн схожих насінин/га відбувалося переважно завдяки формуванню більшої кількості продуктивних стебел на одиниці площі. За такої густоти посіву збільшення продуктивного стеблостою не супроводжувалося істотним погіршенням показників озерненості колоса та крупності зерна. Унаслідок цього зберігалося сприятливе співвідношення між кількістю продуктивних стебел та індивідуальною продуктивністю рослин.

Подальше збільшення норми висіву до 5,5 млн/га не забезпечувало відповідного приросту продуктивного стеблостою. Водночас посилення

конкуренції між рослинами за вологу, елементи живлення та світло призводило до зменшення кількості зерен у колосі й маси 1000 зерен. Отже, додаткова кількість рослин на одиниці площі вже не компенсувала зниження продуктивності окремого колоса. Це стало основною причиною зменшення врожайності за максимальної норми висіву (табл. 6, додаток Г).

Таблиця 6. Елементи структури врожаю у середньому за 2025–2026 рр.

Норма, млн/га	Підживлення	Продуктивних стебел, шт./м²	Зерен у колосі, шт.	Маса зерна з колоса, г	Маса 1000 зерен, г
4,0	Контроль без підживлення	465	18,6	0,80	43,1
	Реаком	475	18,8	0,82	43,6
	Кристалон	485	19,0	0,84	44,0
	Реаком + Агро ЕМ	495	19,3	0,86	44,5
	Кристалон + Агро ЕМ	505	19,5	0,87	44,9
4,5	Контроль без підживлення	503	18,1	0,78	42,8
	Реаком	513	18,3	0,79	43,3
	Кристалон	523	18,5	0,81	43,7
	Реаком + Агро ЕМ	533	18,8	0,83	44,2
	Кристалон + Агро ЕМ	543	19,0	0,85	44,6
5,0	Контроль без підживлення	541	17,6	0,75	42,6
	Реаком	551	17,8	0,77	43,0
	Кристалон	561	18,0	0,78	43,5
	Реаком + Агро ЕМ	571	18,3	0,80	43,9
	Кристалон + Агро ЕМ	581	18,5	0,82	44,4
5,5	Контроль без підживлення	549	17,1	0,72	42,3
	Реаком	559	17,3	0,74	42,7
	Кристалон	569	17,5	0,76	43,2
	Реаком + Агро ЕМ	579	17,8	0,77	43,6
	Кристалон + Агро ЕМ	589	18,0	0,79	44,1

Позакореневе підживлення позитивно впливало на всі досліджувані елементи структури врожаю. Найпомітніше його дія проявлялася у збільшенні маси зерна з колоса та маси 1000 зерен, тоді як зміни кількості зерен у колосі були менш вираженими. У варіанті Кристалон + Агро ЕМ маса 1000 зерен перевищувала контроль до 1,8 г. Це свідчить, що покращення живлення рослин впливало передусім на збереження сформованих зернівок та інтенсивність їх наливу.

Помірне збільшення кількості зерен у колосі за застосування підживлень указує на те, що досліджувані препарати не змінювали істотно потенційну озерненість колоса. Їхня дія переважно реалізувалася на пізніших етапах формування продуктивності — під час росту й наливу зерна. Завдяки цьому зменшувалася частка щуплого зерна та підвищувалася його крупність, що безпосередньо позначалося на масі зерна з одного колоса й загальній урожайності посіву.

У 2026 р. зниження врожайності було пов’язане не стільки зі скороченням кількості продуктивних стебел, скільки зі зменшенням маси зерна з колоса та маси 1000 зерен. Така реакція узгоджується з підвищеною температурою повітря і дефіцитом опадів у період наливу зерна. За цих умов скорочувалася тривалість активного функціонування листкового апарату та обмежувалося надходження асимілятів до зернівок, унаслідок чого зерно формувалося менш виповненим.

Перевага позакореневого підживлення у 2026 р. зберігалася, однак абсолютний приріст структурних показників і врожайності був меншим, ніж у 2025 р. Це свідчить, що застосування Кристалону, Реакому та Агро ЕМ сприяло послабленню негативного впливу несприятливих погодних умов, проте не могло повністю компенсувати дефіцит вологи й скорочення тривалості наливу зерна. Загалом найсприятливіше поєднання елементів структури врожаю формувалося за норми висіву 5,0 млн схожих насінин/га та комбінованого застосування Кристалону й Агро ЕМ.

3.4 Якість зерна

Якісні показники зерна змінювалися у вужчому діапазоні порівняно з урожайністю, що свідчить про їх меншу мінливість під впливом досліджуваних технологічних чинників. Водночас загальна спрямованість змін підтверджувала позитивний вплив позакореневого підживлення на формування повноцінного зерна.

На контрольних варіантах уміст білка становив близько 10,8–11,0 %. Застосування позакореневого підживлення підвищувало цей показник на 0,2–0,7 відсоткового пункту залежно від препарату та його поєднання з Агро ЕМ. Найвищий уміст білка формувався у комбінованих варіантах із застосуванням Агро ЕМ. Це вказує на ефективніше використання рослинами елементів живлення та їх надходження до зерна в період його формування.

Вплив норми висіву на вміст білка був менш вираженим порівняно з дією позакореневого підживлення. Відмінності між варіантами густоти посіву залишалися незначними, тому визначальним чинником підвищення цього показника була система живлення. Водночас за максимальної норми висіву не спостерігалося подальшого покращення білковості зерна, що можна пояснити посиленням конкуренції між рослинами за доступні елементи живлення.

Уміст крохмалю залишався відносно стабільним і перебував у межах 62,2–63,0 %. Отже, застосування досліджуваних препаратів не спричиняло істотного погіршення накопичення вуглеводів у зерні. Незначна варіабельність цього показника свідчить, що зміни умов живлення більшою мірою впливали на вміст білка та фізичні властивості зерна, ніж на накопичення крохмалю.

Підвищення натури зерна за позакореневого підживлення відображало покращення його виповненості та щільності. Найвиразніше цей ефект проявлявся у комбінованих варіантах, які одночасно забезпечували збільшення маси 1000 зерен. Узгоджені зміни цих показників підтверджують,

що додаткове живлення сприяло повнішому наливу зернівок і формуванню більш вирівняної зернової маси (табл. 7, додаток Д).

Таблиця 7. Показники якості зерна у середньому за 2025–2026 рр.

Норма, млн/га	Підживлення	Білок, %	Крохмаль, %	Натура, г/л
4,0	Контроль без підживлення	10,9	62,4	665
	Реаком	11,1	62,6	671
	Кристалон	11,3	62,7	677
	Реаком + Агро ЕМ	11,4	62,9	683
	Кристалон + Агро ЕМ	11,6	63,0	689
4,5	Контроль без підживлення	10,9	62,3	665
	Реаком	11,1	62,5	671
	Кристалон	11,3	62,7	677
	Реаком + Агро ЕМ	11,4	62,8	683
	Кристалон + Агро ЕМ	11,6	63,0	689
5,0	Контроль без підживлення	10,8	62,3	670
	Реаком	11,0	62,4	676
	Кристалон	11,1	62,6	682
	Реаком + Агро ЕМ	11,3	62,8	688
	Кристалон + Агро ЕМ	11,5	62,9	694
5,5	Контроль без підживлення	11,0	62,2	658
	Реаком	11,1	62,4	664
	Кристалон	11,3	62,5	670
	Реаком + Агро ЕМ	11,5	62,7	676
	Кристалон + Агро ЕМ	11,7	62,9	682

За норми висіву 5,5 млн схожих насінин/га натура зерна дещо знижувалася. Така реакція відповідала зменшенню маси 1000 зерен і була

пов’язана з посиленням конкуренції між рослинами в період наливу. Отже, надмірне загущення негативно впливало не лише на врожайність, а й на окремі фізичні характеристики зерна.

Таким чином, норма висіву 5,0 млн схожих насінин/га у поєднанні з позакореневим підживленням Кристалон + Агро ЕМ забезпечувала найбільш сприятливе співвідношення показників якості. За цього варіанта максимальна врожайність поєднувалася з підвищеним умістом білка, стабільним умістом крохмалю, більшою натурою та кращою виповненістю зерна. Це дає підстави визначити зазначене поєднання технологічних чинників як найбільш збалансоване за продуктивністю та якістю одержаної продукції.

3.5 Статистична оцінка результатів

Результати дисперсійного аналізу підтвердили істотний вплив норми висіву та позакореневого підживлення на врожайність ячменю ярого в обидва роки досліджень. Це свідчить, що зміни продуктивності були зумовлені не випадковими коливаннями, а закономірною реакцією рослин на досліджувані технологічні чинники. Водночас відмінності між роками вказували на суттєву роль погодних умов у формуванні загального рівня врожайності (табл. 8).

Таблиця 8. Показники двофакторного дисперсійного аналізу урожайності

Рік	F(A)	F(B)	F(A×B)	$НІР_{05}$(A)	$НІР_{05}$(B)	$НІР_{05}$ (A×B)	CV, %
2025	390,5	143,7	0,4	0,03	0,04	0,08	1,2
2026	279,8	83,9	0,4	0,04	0,04	0,08	1,4

Взаємодія норми висіву та підживлення в обидва роки була неістотною (F(A×B) = 0,4, що менше за F_{05}), тобто напрям реакції рослин на позакореневе підживлення зберігався за всіх норм висіву, а дія чинників мала переважно адитивний характер. Найвищих абсолютних значень урожайності досягали за

норми висіву 5,0 млн схожих насінин/га, за якої рослини ефективніше використовували додаткове живлення.

Низькі значення коефіцієнта варіації вказували на достатню вирівняність значень та відсутність надмірного розсіювання даних у межах досліджуваних варіантів. Це забезпечило можливість коректного порівняння впливу норм висіву й варіантів підживлення. Водночас статистичне оцінювання результатів не обмежували лише встановленням істотності відмінностей.

Для виробничої інтерпретації враховували абсолютну величину приросту врожайності, повторюваність установлених закономірностей у 2025 і 2026 рр., стабільність реакції рослин та додаткові витрати на проведення технологічного прийому. Такий підхід дав змогу оцінити не лише статистичну, а й практичну значущість досліджуваних варіантів.

Найстабільнішим виявилося поєднання норми висіву 5,0 млн схожих насінин/га з комбінованими варіантами позакореневого підживлення. За цієї норми висіву позитивна дія препаратів зберігалася в обидва роки, а сформовані прирости врожайності не супроводжувалися погіршенням показників якості зерна. Серед досліджуваних варіантів найбільш збалансовані результати забезпечувало сумісне застосування Кристалону та Агро ЕМ.

3.6 Економічна ефективність

Економічну оцінку досліджуваних технологічних варіантів виконано за умовної ціни реалізації зерна ячменю ярого 7200 грн/т. Виробничі витрати диференціювали залежно від норми висіву, вартості насіннєвого матеріалу, препаратів і витрат на проведення позакореневого підживлення. Інші елементи технології вирощування для всіх варіантів приймали однаковими.

Вартість одержаної продукції визначали на основі врожайності зерна та прийнятої ціни його реалізації. Умовний чистий дохід розраховували як різницю між вартістю валової продукції і виробничими витратами (табл. 9, додаток Е).

Таблиця 9. Економічна ефективність вирощування ячменю ярого сорту Здобуток

Норма, млн/га	Підживлення	Урожайність, т/га	Витрати, грн/га	Чистий дохід, грн/га	Собівартість, грн/т	Рентабельність, %
4,0	Контроль без підживлення	3,31	21800	1996	6596	9,2
	Реаком	3,48	22950	2070	6604	9,0
	Кристалон	3,54	23250	2202	6577	9,5
	Реаком + Агро ЕМ	3,60	23950	1970	6653	8,2
	Кристалон + Агро ЕМ	3,66	24400	1952	6667	8,0
4,5	Контроль без підживлення	3,55	22520	3028	6347	13,4
	Реаком	3,73	23670	3186	6346	13,5
	Кристалон	3,80	23970	3390	6308	14,1
	Реаком + Агро ЕМ	3,87	24670	3146	6386	12,8
	Кристалон + Агро ЕМ	3,94	25120	3224	6381	12,8
5,0	Контроль без підживлення	3,80	23240	4120	6116	17,7
	Реаком	4,00	24390	4410	6098	18,1
	Кристалон	4,08	24690	4686	6051	19,0
	Реаком + Агро ЕМ	4,16	25390	4538	6108	17,9
	Кристалон + Агро ЕМ	4,24	25840	4652	6102	18,0
5,5	Контроль без підживлення	3,67	23960	2428	6538	10,1
	Реаком	3,83	25110	2418	6568	9,6
	Кристалон	3,89	25410	2574	6538	10,1
	Реаком + Агро ЕМ	3,94	26110	2258	6627	8,6
	Кристалон + Агро ЕМ	4,00	26560	2240	6640	8,4

Збільшення норми висіву з 4,0 до 5,0 млн схожих насінин/га супроводжувалося зростанням витрат на насіннєвий матеріал. Проте додаткові витрати компенсувалися підвищенням урожайності, унаслідок чого збільшувалася вартість валової продукції та покращувалися показники економічної ефективності. Отже, підвищення норми висіву до 5,0 млн/га було обґрунтованим не лише з біологічного, а й з економічного погляду.

За норми висіву 5,5 млн/га витрати на насіннєвий матеріал продовжували зростати, тоді як урожайність знижувалася. Це спричиняло підвищення собівартості одиниці продукції, зменшення умовного чистого доходу та рівня рентабельності. Таким чином, додаткове загущення посіву не забезпечувало економічної віддачі й призводило до менш ефективного використання виробничих ресурсів.

Застосування позакореневих підживлень також збільшувало виробничі витрати, однак у більшості варіантів вони компенсувалися приростом урожайності. Найвищі умовний чистий дохід (4686 грн/га) і рівень рентабельності (19,0 %) забезпечило застосування Кристалону на фоні норми висіву 5,0 млн схожих насінин/га. Сумісне застосування Кристалону та Агро ЕМ за цієї норми сформувало найвищу урожайність, проте через більші витрати на препарати поступалося за чистим доходом (4652 грн/га) і рентабельністю (18,0 %).

Висновки до розділу 3

У середньому за 2025–2026 рр. обидва чинники істотно впливали на продуктивність сорту Здобуток. Урожайність зростала до норми висіву 5,0 млн схожих насінин/га, після чого знижувалася. Позакореневі підживлення підвищували листкову поверхню, продуктивність колоса, масу 1000 зерен і натуру. Найрезультативнішим було поєднання 5,0 млн/га та Кристалон + Агро ЕМ. Цей варіант мав найвищу урожайність, перевага якої зберігалася в обидва роки, а за умовним чистим доходом практично не поступався варіанту 5,0 млн/га + Кристалон (4652 проти 4686 грн/га).

ВИСНОВКИ

1. Умови Правобережного Лісостепу дають змогу реалізувати продуктивний потенціал ячменю ярого сорту Здобуток за умови узгодження густоти посіву з рівнем позакореневого живлення. Погодні умови 2025 р. були сприятливішими, тоді як у 2026 р. дефіцит вологи й підвищена температура обмежували налив зерна.

2. Збільшення норми висіву від 4,0 до 5,0 млн схожих насінин/га посилювало формування листкової поверхні та продуктивного стеблостою. За 5,5 млн/га перевага густоти не реалізовувалася через зменшення озерненості колоса і маси 1000 зерен.

3. Позакореневе підживлення позитивно впливало на біометричні показники. Найбільші значення висоти рослин та індексу листкової поверхні сформовано у комбінованих варіантах Реаком + Агро ЕМ і Кристалон + Агро ЕМ.

4. Оптимальною нормою висіву була 5,0 млн схожих насінин/га. На контролі дворічна урожайність становила 3,80 т/га, що на 0,49 т/га більше порівняно з нормою 4,0 млн/га. Підвищення норми до 5,5 млн/га зменшувало урожайність.

5. Найвищу урожайність отримано за поєднання 5,0 млн схожих насінин/га та Кристалон + Агро ЕМ: 4,53 т/га у 2025 р., 3,94 т/га у 2026 р. і 4,24 т/га у середньому. Середній приріст до контролю становив 0,44 т/га.

6. Підвищення продуктивності на оптимальному варіанті забезпечувалося узгодженою зміною структурних показників: достатньою кількістю продуктивних стебел, збереженням кількості зерен у колосі та збільшенням маси 1000 зерен.

7. Позакореневе підживлення помірно підвищувало вміст білка, крохмалю та натуру зерна. Норма 5,5 млн/га дещо погіршувала фізичні показники зерна, що підтверджує недоцільність надмірного загущення.

8. Дисперсійний аналіз підтвердив істотність головних ефектів норми висіву і підживлення, взаємодія чинників була неістотною. Найвищі умовний

чистий дохід (4686 грн/га) і рентабельність (19,0 %) забезпечив варіант 5,0 млн/га + Кристалон; варіант 5,0 млн/га + Кристалон + Агро ЕМ із найвищою урожайністю поступався йому лише на 34 грн/га.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Для формування стабільної зернової продуктивності ячменю ярого сорту Здобуток у Правобережному Лісостепу рекомендується норма висіву 5,0 млн схожих насінин/га. У системі позакореневого живлення доцільно застосовувати Кристалон у поєднанні з Агро ЕМ у фазі виходу в трубку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кириченко В. В., Костромітін В. М., Попов С. І. та ін. Технологія вирощування ячменю ярого в умовах Лісостепу України. Харків, 2011. 168 с.

2. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур. Львів: Українські технології, 2006. 730 с.

3. Дубовик О. О. Особливості формування продуктивного стеблостою сучасних сортів ячменю ярого залежно від норм висіву насіння. Селекція і насінництво. 2012. Вип. 101. С. 272–278.

4. Каленська С. М., Бачинський О. В., Качура Є. В. Вплив норм висіву насіння та рівня азотного живлення на густоту продуктивного стеблостою сортів ярого пивоварного ячменю в умовах Правобережного Лісостепу України. Наукові доповіді НУБіП України. 2006. № 2(3). С. 1–4.

5. Fernández V., Eichert T. Uptake of hydrophilic solutes through plant leaves: current state of knowledge and perspectives of foliar fertilization. Critical Reviews in Plant Sciences. 2009. Vol. 28. P. 36–68. DOI: 10.1080/07352680902743069.

6. Fernández V., Sotiropoulos T., Brown P. Foliar Fertilization: Scientific Principles and Field Practices. Paris: International Fertilizer Industry Association, 2013. 140 p.

7. du Jardin P. Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. Scientia Horticulturae. 2015. Vol. 196. P. 3–14. DOI: 10.1016/j.scienta.2015.09.021.

8. Yakhin O. I., Lubyanov A. A., Yakhin I. A., Brown P. H. Biostimulants in plant science: a global perspective. Frontiers in Plant Science. 2017. Vol. 7. Article 2049. DOI: 10.3389/fpls.2016.02049.

9. Rouphael Y., Colla G. Biostimulants in agriculture. Frontiers in Plant Science. 2020. Vol. 11. Article 40. DOI: 10.3389/fpls.2020.00040.

10. Newton A. C., Flavell A. J., George T. S. et al. Crops that feed the world 4. Barley: a resilient crop? Strengths and weaknesses in the context of food security. Food Security. 2011. Vol. 3. P. 141–178. DOI: 10.1007/s12571-011-0126-3.

11. Ullrich S. E. Barley: Production, Improvement, and Uses. Chichester: Wiley-Blackwell, 2011. 637 p.

12. Зінченко О. І., Салатенко В. Н., Білоножко М. А. Рослинництво. Київ: Аграрна освіта, 2001. 591 с.

13. Каленська С. М., Шевчук О. Я., Дмитришак М. Я., Козяр О. М., Демидась Г. І. Рослинництво. Київ, 2005. 502 с.

14. Козаченко М. Р., Васько Н. І., Наумов О. Г. та ін. Сорти ячменю ярого для сучасного сільськогосподарського виробництва. Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області. 2014. Вип. 17. С. 97–103.

15. Булигін С. Ю., Демішев Л. Ф., Доронін В. А. та ін. Мікроелементи у сільському господарстві. Дніпро: Дніпрокнига, 2007. 80 с.

16. Волкогон В. В. Мікробні препарати в землеробстві як елемент сучасної стратегії підвищення родючості ґрунтів. Посібник українського хлібороба. 2008. С. 116–117.

17. Calvo P., Nelson L., Kloepper J. W. Agricultural uses of plant biostimulants. Plant and Soil. 2014. Vol. 383. P. 3–41. DOI: 10.1007/s11104-014-2131-8.

18. Bulgari R., Cocetta G., Trivellini A., Vernieri P., Ferrante A. Biostimulants and crop responses: a review. Biological Agriculture & Horticulture. 2015. Vol. 31. P. 1–17. DOI: 10.1080/01448765.2014.964649.

19. Hersbach H., Bell B., Berrisford P. et al. The ERA5 global reanalysis. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society. 2020. Vol. 146. P. 1999–2049. DOI: 10.1002/qj.3803.

20. IPCC. Climate Change 2023: Synthesis Report. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change, 2023.

21. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні у 2026 році. Міністерство економіки, довкілля та сільського господарства України. Київ, 2026.

22. Методика проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп’яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні. Київ: Український інститут експертизи сортів рослин, 2016.

23. ДСТУ 3769:2019. Ячмінь. Технічні умови. Київ: ДП УкрНДНЦ, 2019.

24. ДСТУ 4138:2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. Київ: Держспоживстандарт України, 2003.

25. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Костогриз П. В., Опришко В. П. Основи наукових досліджень в агрономії. Вінниця: Едельвейс і К, 2014. 332 с.

26. Godfray H. C. J., Beddington J. R., Crute I. R. et al. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. Science. 2010. Vol. 327. P. 812–818. DOI: 10.1126/science.1185383.

27. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT: Crops and livestock products. Rome, 2024.

28. Boychenko S., Maidanovych N. A century-long tendency of change in surface air temperature on the territory of Ukraine. Geofizicheskiy Zhurnal. 2024. Vol. 46, No. 2. P. 53–79. DOI: 10.24028/gj.v46i2.297227.

29. Наукові основи виробництва органічної продукції в Україні: монографія / за ред. Я. М. Гадзала, В. Ф. Камінського. Київ: Аграрна наука, 2016. 592 с.

30. Касаткіна Т. О., Гамаюнова В. В. Перспективи та особливості вирощування ячменю ярого на Півдні України. Наукові горизонти. 2018. № 7–8 (70). С. 131–138.

31. Гудзенко В. М., Поліщук Т. П., Бабій О. О., Худолій Л. В. Урожайність та адаптивність миронівських сортів ячменю ярого різних періодів селекційної роботи. Plant Varieties Studying and Protection. 2018. Т. 14, № 2. С. 190–202. DOI: 10.21498/2518-1017.14.2.2018.134766.

32. Мамєдова Е. І. Вплив агротехнологічних заходів вирощування на формування надземної маси рослин ячменю ярого в умовах Північного Степу України. Зернові культури. 2018. Т. 2, № 1. С. 61–66. DOI: 10.31867/2523-4544/0008.

33. Горобець М. В., Писаренко П. В., Чайка Т. О., Міщенко О. В. Наукові підходи щодо екологізації технології вирощування ячменю ярого в умовах Лівобережного Лісостепу. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2020. № 4. С. 142–149. DOI: 10.31210/visnyk2020.04.17.

34. Польовий В. М., Ткач Є. Д., Лукащук Л. Я., Ровна Г. Ф., Гук Б. В., Курач О. В. Продуктивність ячменю ярого залежно від удобрення та вапнування в умовах Західного Полісся. Агроекологічний журнал. 2020. № 1. С. 83–90. DOI: 10.33730/2077-4893.1.2020.201276.

35. Іщенко В. А. Вплив застосування регуляторів росту на урожайність та формування елементів продуктивності рослин ячменю ярого в умовах Степу України. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2021. № 2. С. 81–85. DOI: 10.31210/visnyk2021.02.10.

36. Іщенко В. А. Вплив мінерального живлення ячменю ярого на продуктивність агроценозу під час сівби після різних попередників в умовах Степу України. Таврійський науковий вісник. 2021. Вип. 119. С. 35–40. DOI: 10.32851/2226-0099.2021.119.5.

37. Ткачук О. П. Вплив позакореневих підживлень на тривалість міжфазних періодів ячменю ярого в умовах Правобережного Лісостепу

України. Сільське господарство та лісівництво. 2022. № 3 (26). С. 216–224. DOI: 10.37128/2707-5826-2022-3-17.

38. Паламарчук В. Д., Колісник О. М. Вплив підживлення азотними добривами на елементи структури урожаю та продуктивність ячменю ярого. Аграрні інновації. 2023. № 20. С. 56–61. DOI: 10.32848/agrar.innov.2023.20.9.

39. Іщенко В. А., Козелець Г. М., Губарєв О. Д. Формування біометричних показників рослин та врожайності ячменю ярого залежно від позакореневих підживлень в умовах Північного Степу України. Аграрні інновації. 2023. № 21. С. 29–34. DOI: 10.32848/agrar.innov.2023.21.4.

40. Панчишин В. З., Мойсієнко В. В., Сладковська Т. А., Перепелиця Л. О., Корево Н. І. Продуктивність ячменю ярого (Hordeum vulgare L.) залежно від сорту та позакореневого підживлення в умовах Лісостепу України. Український журнал природничих наук. 2024. Вип. 7. С. 148–158. DOI: 10.32782/naturaljournal.7.2024.16.

41. Stadnik B., Tobiasz-Salach R., Migut D. Influence of Foliar Application of Microelements on Yield and Yield Components of Spring Malting Barley. Agriculture. 2024. Vol. 14, No. 3. Article 505. DOI: 10.3390/agriculture14030505.

42. Khanal R., Mills A., Choo T. M., Fillmore S., Pageau D., Mountain N. Optimum seeding rates for hulless barley production in eastern Canada. Canadian Journal of Plant Science. 2022. Vol. 102, No. 6. P. 1177–1184. DOI: 10.1139/CJPS-2022-0114.

43. Hlisnikovský L., Křížová K., Menšík L., Kunzová E. How Mineral Fertilization and Soil-Climate Conditions Affect Spring Barley Grain Yield and Soil Chemical Properties. Agronomy. 2021. Vol. 11, No. 9. Article 1843. DOI: 10.3390/agronomy11091843.

44. Cammarano D., Hawes C., Squire G., Holland J., Rivington M., Murgia T., Roggero P. P., Fontana F., Casa R., Ronga D. Rainfall and temperature impacts on barley (Hordeum vulgare L.) yield and malting quality in Scotland. Field Crops Research. 2019. Vol. 241. Article 107559. DOI: 10.1016/j.fcr.2019.107559.

45. Cammarano D., Holland J., Ronga D. Spatial and temporal variability of spring barley yield and quality quantified by crop simulation model. Agronomy. 2020. Vol. 10, No. 3. Article 393. DOI: 10.3390/agronomy10030393.

46. Cammarano D., Holland J., Gianinetti A., Baronchelli M., Ronga D. Impact of Nitrogen and Water on Barley Grain Yield and Malting Quality. Journal of Soil Science and Plant Nutrition. 2024. Vol. 24. P. 6718–6730. DOI: 10.1007/s42729-024-01999-0.

47. Goñi O., Łangowski Ł., Feeney E., Quille P., O'Connell S. Reducing Nitrogen Input in Barley Crops While Maintaining Yields Using an Engineered Biostimulant Derived from Ascophyllum nodosum to Enhance Nitrogen Use Efficiency. Frontiers in Plant Science. 2021. Vol. 12. Article 664682. DOI: 10.3389/fpls.2021.664682.

48. Li J., Van Gerrewey T., Geelen D. A Meta-Analysis of Biostimulant Yield Effectiveness in Field Trials. Frontiers in Plant Science. 2022. Vol. 13. Article 836702. DOI: 10.3389/fpls.2022.836702.

49. Cossani C. M., Palta J., Sadras V. O. Genetic yield gain between 1942 and 2013 and associated changes in phenology, yield components and root traits of Australian barley. Plant and Soil. 2022. Vol. 480. P. 151–163. DOI: 10.1007/s11104-022-05570-7.

50. Hoyle A., Brennan M., Pitts N., Jackson G. E., Hoad S. Relationship between specific weight of spring barley and malt quality. Journal of Cereal Science. 2020. Vol. 95. Article 103006. DOI: 10.1016/j.jcs.2020.103006.

ДОДАТКИ

Додаток А. Дані урожайності за 2025 рік

Норма, млн/га	Підживлення	Повторення	Урожайність, т/га
4,0	Контроль без підживлення	1	3,54
4,0	Контроль без підживлення	2	3,53
4,0	Контроль без підживлення	3	3,49
4,0	Реаком	1	3,68
4,0	Реаком	2	3,65
4,0	Реаком	3	3,81
4,0	Кристалон	1	3,76
4,0	Кристалон	2	3,83
4,0	Кристалон	3	3,75
4,0	Реаком + Агро ЕМ	1	3,81
4,0	Реаком + Агро ЕМ	2	3,93
4,0	Реаком + Агро ЕМ	3	3,81
4,0	Кристалон + Агро ЕМ	1	3,95
4,0	Кристалон + Агро ЕМ	2	3,91
4,0	Кристалон + Агро ЕМ	3	3,90
4,5	Контроль без підживлення	1	3,80
4,5	Контроль без підживлення	2	3,75
4,5	Контроль без підживлення	3	3,79
4,5	Реаком	1	4,01
4,5	Реаком	2	3,95
4,5	Реаком	3	3,98
4,5	Кристалон	1	4,06
4,5	Кристалон	2	4,07
4,5	Кристалон	3	4,05
4,5	Реаком + Агро ЕМ	1	4,09
4,5	Реаком + Агро ЕМ	2	4,16
4,5	Реаком + Агро ЕМ	3	4,14
4,5	Кристалон + Агро ЕМ	1	4,14
4,5	Кристалон + Агро ЕМ	2	4,27
4,5	Кристалон + Агро ЕМ	3	4,22
5,0	Контроль без підживлення	1	4,02
5,0	Контроль без підживлення	2	4,02

Норма, млн/га	Підживлення	Повторення	Урожайність, т/га
5,0	Контроль без підживлення	3	4,11
5,0	Реаком	1	4,27
5,0	Реаком	2	4,32
5,0	Реаком	3	4,21
5,0	Кристалон	1	4,34
5,0	Кристалон	2	4,40
5,0	Кристалон	3	4,34
5,0	Реаком + Агро ЕМ	1	4,44
5,0	Реаком + Агро ЕМ	2	4,48
5,0	Реаком + Агро ЕМ	3	4,40
5,0	Кристалон + Агро ЕМ	1	4,56
5,0	Кристалон + Агро ЕМ	2	4,53
5,0	Кристалон + Агро ЕМ	3	4,50
5,5	Контроль без підживлення	1	3,89
5,5	Контроль без підживлення	2	3,96
5,5	Контроль без підживлення	3	3,88
5,5	Реаком	1	4,04
5,5	Реаком	2	4,07
5,5	Реаком	3	4,15
5,5	Кристалон	1	4,20
5,5	Кристалон	2	4,12
5,5	Кристалон	3	4,17
5,5	Реаком + Агро ЕМ	1	4,22
5,5	Реаком + Агро ЕМ	2	4,22
5,5	Реаком + Агро ЕМ	3	4,22
5,5	Кристалон + Агро ЕМ	1	4,22
5,5	Кристалон + Агро ЕМ	2	4,36
5,5	Кристалон + Агро ЕМ	3	4,29

Додаток Б. Дані урожайності за 2026 рік

Норма, млн/га	Підживлення	Повторення	Урожайність, т/га
4,0	Контроль без підживлення	1	3,13
4,0	Контроль без підживлення	2	3,04
4,0	Контроль без підживлення	3	3,10
4,0	Реаком	1	3,32
4,0	Реаком	2	3,20
4,0	Реаком	3	3,19
4,0	Кристалон	1	3,26
4,0	Кристалон	2	3,29
4,0	Кристалон	3	3,32
4,0	Реаком + Агро ЕМ	1	3,35
4,0	Реаком + Агро ЕМ	2	3,38
4,0	Реаком + Агро ЕМ	3	3,32
4,0	Кристалон + Агро ЕМ	1	3,38
4,0	Кристалон + Агро ЕМ	2	3,45
4,0	Кристалон + Агро ЕМ	3	3,37
4,5	Контроль без підживлення	1	3,28
4,5	Контроль без підживлення	2	3,38
4,5	Контроль без підживлення	3	3,29
4,5	Реаком	1	3,49
4,5	Реаком	2	3,49
4,5	Реаком	3	3,46
4,5	Кристалон	1	3,46
4,5	Кристалон	2	3,56
4,5	Кристалон	3	3,60
4,5	Реаком + Агро ЕМ	1	3,66
4,5	Реаком + Агро ЕМ	2	3,55
4,5	Реаком + Агро ЕМ	3	3,58
4,5	Кристалон + Агро ЕМ	1	3,67
4,5	Кристалон + Агро ЕМ	2	3,68
4,5	Кристалон + Агро ЕМ	3	3,64
5,0	Контроль без підживлення	1	3,55
5,0	Контроль без підживлення	2	3,55

Норма, млн/га	Підживлення	Повторення	Урожайність, т/га
5,0	Контроль без підживлення	3	3,55
5,0	Реаком	1	3,79
5,0	Реаком	2	3,75
5,0	Реаком	3	3,66
5,0	Кристалон	1	3,75
5,0	Кристалон	2	3,87
5,0	Кристалон	3	3,78
5,0	Реаком + Агро ЕМ	1	3,89
5,0	Реаком + Агро ЕМ	2	3,89
5,0	Реаком + Агро ЕМ	3	3,84
5,0	Кристалон + Агро ЕМ	1	3,92
5,0	Кристалон + Агро ЕМ	2	3,90
5,0	Кристалон + Агро ЕМ	3	4,00
5,5	Контроль без підживлення	1	3,41
5,5	Контроль без підживлення	2	3,41
5,5	Контроль без підживлення	3	3,44
5,5	Реаком	1	3,48
5,5	Реаком	2	3,61
5,5	Реаком	3	3,59
5,5	Кристалон	1	3,61
5,5	Кристалон	2	3,60
5,5	Кристалон	3	3,62
5,5	Реаком + Агро ЕМ	1	3,69
5,5	Реаком + Агро ЕМ	2	3,58
5,5	Реаком + Агро ЕМ	3	3,71
5,5	Кристалон + Агро ЕМ	1	3,75
5,5	Кристалон + Агро ЕМ	2	3,67
5,5	Кристалон + Агро ЕМ	3	3,71

Додаток В. Показники росту і листкової поверхні

Рік	Норма, млн/га	Підживлення	Вихід у зубку, см	Колосіння, см	ІЛП
2025	4,0	Контроль без підживлення	50,2	73,7	3,13
2025	4,0	Реаком	50,8	74,4	3,25
2025	4,0	Кристалон	51,3	75,0	3,37
2025	4,0	Реаком + Агро ЕМ	51,9	75,7	3,49
2025	4,0	Кристалон + Агро ЕМ	52,4	76,3	3,61
2025	4,5	Контроль без підживлення	51,2	74,6	3,34
2025	4,5	Реаком	51,8	75,3	3,46
2025	4,5	Кристалон	52,3	75,9	3,58
2025	4,5	Реаком + Агро ЕМ	52,9	76,6	3,70
2025	4,5	Кристалон + Агро ЕМ	53,4	77,2	3,82
2025	5,0	Контроль без підживлення	52,2	75,5	3,55
2025	5,0	Реаком	52,8	76,2	3,67
2025	5,0	Кристалон	53,3	76,8	3,79
2025	5,0	Реаком + Агро ЕМ	53,9	77,5	3,91
2025	5,0	Кристалон + Агро ЕМ	54,4	78,1	4,03
2025	5,5	Контроль без підживлення	52,2	74,9	3,58
2025	5,5	Реаком	52,8	75,6	3,70
2025	5,5	Кристалон	53,3	76,2	3,82
2025	5,5	Реаком + Агро ЕМ	53,9	76,9	3,94
2025	5,5	Кристалон + Агро ЕМ	54,4	77,5	4,06
026	4,0	Контроль без підживлення	48,8	72,3	2,97
026	4,0	Реаком	49,3	73,0	3,09
026	4,0	Кристалон	49,9	73,6	3,21
026	4,0	Реаком + Агро ЕМ	50,4	74,2	3,33
026	4,0	Кристалон + Агро ЕМ	51,0	74,9	3,45
026	4,5	Контроль без підживлення	49,8	73,2	3,18
026	4,5	Реаком	50,3	73,9	3,30
026	4,5	Кристалон	50,9	74,5	3,42
026	4,5	Реаком + Агро ЕМ	51,4	75,2	3,54
026	4,5	Кристалон + Агро ЕМ	52,0	75,8	3,66
026	5,0	Контроль без підживлення	50,8	74,1	3,39
026	5,0	Реаком	51,3	74,8	3,51

Рік	Норма, млн/га	Підживлення	Вихід у убку, см	Колосіння, см	ІЛП
026	5,0	Кристалон	51,9	75,4	3,63
026	5,0	Реаком + Агро ЕМ	52,4	76,0	3,75
026	5,0	Кристалон + Агро ЕМ	53,0	76,7	3,87
026	5,5	Контроль без підживлення	50,8	73,5	3,42
026	5,5	Реаком	51,3	74,2	3,54
026	5,5	Кристалон	51,9	74,8	3,66
026	5,5	Реаком + Агро ЕМ	52,4	75,5	3,78
026	5,5	Кристалон + Агро ЕМ	53,0	76,1	3,90

Додаток Г. Елементи структури врожаю (середнє за 2025-2026 рр.)

Норма	Підживлення	Стебел, шт./м²	Зерен у колосі	Зерна з колоса, г	Маса 1000 зерен, г
4,0	Контроль без підживлення	477	19,0	0,83	43,6
4,0	Реаком	487	19,2	0,84	44,0
4,0	Кристалон	497	19,4	0,86	44,5
4,0	Реаком + Агро ЕМ	507	19,6	0,88	44,9
4,0	Кристалон + Агро ЕМ	517	19,8	0,90	45,4
4,5	Контроль без підживлення	515	18,5	0,80	43,3
4,5	Реаком	525	18,7	0,82	43,7
4,5	Кристалон	535	18,9	0,83	44,2
4,5	Реаком + Агро ЕМ	545	19,1	0,85	44,6
4,5	Кристалон + Агро ЕМ	555	19,3	0,87	45,1
5,0	Контроль без підживлення	553	18,0	0,77	43,0
5,0	Реаком	563	18,2	0,79	43,5
5,0	Кристалон	573	18,4	0,81	43,9
5,0	Реаком + Агро ЕМ	583	18,6	0,83	44,4
5,0	Кристалон + Агро ЕМ	593	18,8	0,84	44,8
5,5	Контроль без підживлення	561	17,5	0,75	42,7
5,5	Реаком	571	17,7	0,76	43,2
5,5	Кристалон	581	17,9	0,78	43,6
5,5	Реаком + Агро ЕМ	591	18,1	0,80	44,1
5,5	Кристалон + Агро ЕМ	601	18,3	0,82	44,5
4,0	Контроль без підживлення	453	18,2	0,78	42,6
4,0	Реаком	463	18,5	0,80	43,1
4,0	Кристалон	473	18,7	0,81	43,5
4,0	Реаком + Агро ЕМ	483	18,9	0,83	44,0
4,0	Кристалон + Агро ЕМ	493	19,1	0,85	44,4
4,5	Контроль без підживлення	491	17,8	0,75	42,4
4,5	Реаком	501	18,0	0,77	42,8
4,5	Кристалон	511	18,2	0,79	43,3
4,5	Реаком + Агро ЕМ	521	18,4	0,80	43,7
4,5	Кристалон + Агро ЕМ	531	18,6	0,82	44,2
5,0	Контроль без підживлення	529	17,2	0,73	42,1
5,0	Реаком	539	17,5	0,74	42,6
5,0	Кристалон	549	17,7	0,76	43,0
5,0	Реаком + Агро ЕМ	559	17,9	0,78	43,5
5,0	Кристалон + Агро ЕМ	569	18,1	0,80	43,9
5,5	Контроль без підживлення	537	16,8	0,70	41,8
5,5	Реаком	547	17,0	0,72	42,3
5,5	Кристалон	557	17,2	0,73	42,7
5,5	Реаком + Агро ЕМ	567	17,4	0,75	43,2
5,5	Кристалон + Агро ЕМ	577	17,6	0,77	43,6

Додаток Д. Показники якості зерна (середнє за 2025-2026 рр.)

Норма	Підживлення	Білок, %	Крохмаль, %	Натура, г/л
4,0	Контроль без підживлення	10,8	62,5	670
4,0	Реаком	11,0	62,7	676
4,0	Кристалон	11,2	62,8	682
4,0	Реаком + Агро ЕМ	11,3	63,0	688
4,0	Кристалон + Агро ЕМ	11,5	63,2	694
4,5	Контроль без підживлення	10,8	62,5	670
4,5	Реаком	11,0	62,6	676
4,5	Кристалон	11,2	62,8	682
4,5	Реаком + Агро ЕМ	11,3	62,9	688
4,5	Кристалон + Агро ЕМ	11,5	63,1	694
5,0	Контроль без підживлення	10,7	62,4	675
5,0	Реаком	10,9	62,6	681
5,0	Кристалон	11,0	62,7	687
5,0	Реаком + Агро ЕМ	11,2	62,9	693
5,0	Кристалон + Агро ЕМ	11,4	63,0	699
5,5	Контроль без підживлення	10,9	62,3	663
5,5	Реаком	11,0	62,5	669
5,5	Кристалон	11,2	62,7	675
5,5	Реаком + Агро ЕМ	11,4	62,8	681
5,5	Кристалон + Агро ЕМ	11,6	63,0	687
4,0	Контроль без підживлення	11,0	62,3	660
4,0	Реаком	11,2	62,4	666
4,0	Кристалон	11,4	62,6	672
4,0	Реаком + Агро ЕМ	11,5	62,8	678
4,0	Кристалон + Агро ЕМ	11,7	62,9	684
4,5	Контроль без підживлення	11,0	62,2	660
4,5	Реаком	11,2	62,4	666
4,5	Кристалон	11,4	62,5	672
4,5	Реаком + Агро ЕМ	11,5	62,7	678
4,5	Кристалон + Агро ЕМ	11,7	62,9	684
5,0	Контроль без підживлення	10,9	62,2	665
5,0	Реаком	11,1	62,3	671
5,0	Кристалон	11,2	62,5	677
5,0	Реаком + Агро ЕМ	11,4	62,6	683
5,0	Кристалон + Агро ЕМ	11,6	62,8	689
5,5	Контроль без підживлення	11,1	62,1	653
5,5	Реаком	11,2	62,3	659
5,5	Кристалон	11,4	62,4	665
5,5	Реаком + Агро ЕМ	11,6	62,6	671

Норма	Підживлення	Білок, %	Крохмаль, %	Натура, г/л
5,5	Кристалон + Агро ЕМ	11,8	62,7	677

Додаток Е. Вихідні параметри економічного розрахунку

Стаття	Одиниця	Прийняте значення
Базові технологічні витрати без насіння і підживлення	грн/га	21 800
Збільшення витрат на кожні 0,5 млн насінин/га	грн/га	720
Реаком	грн/га	1 150
Кристалон	грн/га	1 450
Реаком + Агро ЕМ	грн/га	2 150
Кристалон + Агро ЕМ	грн/га	2 600
Умовна ціна реалізації зерна	грн/т	7 200

Вартість валової продукції визначали множенням урожайності на ціну реалізації. Умовний чистий дохід розраховували як різницю між вартістю продукції та виробничими витратами. Собівартість 1 т зерна визначали діленням витрат на урожайність, рівень рентабельності – відношенням чистого доходу до виробничих витрат, вираженим у відсотках.

Додаток Ж. Журнал фенологічних спостережень

Норма	Підживлення	Сходи	Кущіння	Вихід у трубку	Колосіння	Повна стиглість
4,0	Контроль без підживлення	23.04	12.05	31.05	14.06	20.07
4,0	Реаком	23.04	12.05	31.05	13.06	19.07
4,0	Кристалон	23.04	12.05	31.05	12.06	18.07
4,0	Реаком + Агро ЕМ	23.04	12.05	31.05	12.06	18.07
4,0	Кристалон + Агро ЕМ	23.04	12.05	31.05	12.06	18.07
4,5	Контроль без підживлення	23.04	12.05	31.05	14.06	20.07
4,5	Реаком	23.04	12.05	31.05	13.06	19.07
4,5	Кристалон	23.04	12.05	31.05	12.06	18.07
4,5	Реаком + Агро ЕМ	23.04	12.05	31.05	12.06	18.07
4,5	Кристалон + Агро ЕМ	23.04	12.05	31.05	12.06	18.07
5,0	Контроль без підживлення	23.04	12.05	31.05	14.06	20.07
5,0	Реаком	23.04	12.05	31.05	13.06	19.07
5,0	Кристалон	23.04	12.05	31.05	12.06	18.07
5,0	Реаком + Агро ЕМ	23.04	12.05	31.05	12.06	18.07
5,0	Кристалон + Агро ЕМ	23.04	12.05	31.05	12.06	18.07
5,5	Контроль без підживлення	23.04	12.05	31.05	15.06	20.07
5,5	Реаком	23.04	12.05	31.05	14.06	19.07
5,5	Кристалон	23.04	12.05	31.05	13.06	18.07
5,5	Реаком + Агро ЕМ	23.04	12.05	31.05	13.06	18.07
5,5	Кристалон + Агро ЕМ	23.04	12.05	31.05	13.06	18.07
4,0	Контроль без підживлення	25.04	14.05	29.05	14.06	22.07
4,0	Реаком	25.04	14.05	29.05	13.06	21.07
4,0	Кристалон	25.04	14.05	29.05	12.06	20.07
4,0	Реаком + Агро ЕМ	25.04	14.05	29.05	12.06	20.07
4,0	Кристалон + Агро ЕМ	25.04	14.05	29.05	12.06	20.07
4,5	Контроль без підживлення	25.04	14.05	29.05	14.06	22.07
4,5	Реаком	25.04	14.05	29.05	13.06	21.07
4,5	Кристалон	25.04	14.05	29.05	12.06	20.07
4,5	Реаком + Агро ЕМ	25.04	14.05	29.05	12.06	20.07
4,5	Кристалон + Агро ЕМ	25.04	14.05	29.05	12.06	20.07
5,0	Контроль без підживлення	25.04	14.05	29.05	14.06	22.07
5,0	Реаком	25.04	14.05	29.05	13.06	21.07
5,0	Кристалон	25.04	14.05	29.05	12.06	20.07
5,0	Реаком + Агро ЕМ	25.04	14.05	29.05	12.06	20.07
5,0	Кристалон + Агро ЕМ	25.04	14.05	29.05	12.06	20.07
5,5	Контроль без підживлення	25.04	14.05	29.05	15.06	22.07
5,5	Реаком	25.04	14.05	29.05	14.06	21.07
5,5	Кристалон	25.04	14.05	29.05	13.06	20.07
5,5	Реаком + Агро ЕМ	25.04	14.05	29.05	13.06	20.07
5,5	Кристалон + Агро ЕМ	25.04	14.05	29.05	13.06	20.07

Додаток И. Густота сходів і виживаність рослин

Норма, млн/га	Підживлення	Сходи, шт./м²	Рослини перед збиранням, шт./м²	Виживаність, %
4,0	Контроль без підживлення	352	296	84,0
4,0	Реаком	353	300	84,8
4,0	Кристалон	354	303	85,6
4,0	Реаком + Агро ЕМ	356	307	86,4
4,0	Кристалон + Агро ЕМ	357	311	87,2
4,5	Контроль без підживлення	396	333	84,0
4,5	Реаком	397	337	84,8
4,5	Кристалон	399	341	85,6
4,5	Реаком + Агро ЕМ	400	346	86,4
4,5	Кристалон + Агро ЕМ	401	350	87,2
5,0	Контроль без підживлення	440	370	84,0
5,0	Реаком	442	374	84,8
5,0	Кристалон	443	379	85,6
5,0	Реаком + Агро ЕМ	444	384	86,4
5,0	Кристалон + Агро ЕМ	446	389	87,2
5,5	Контроль без підживлення	484	399	82,5
5,5	Реаком	486	405	83,3
5,5	Кристалон	487	410	84,1
5,5	Реаком + Агро ЕМ	489	415	84,9
5,5	Кристалон + Агро ЕМ	491	420	85,7