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 ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ В УМОВАХ ТДВ «ТЕРЕЗИНЕ» БІЛОЦЕРКІВСЬКОГО РАЙОНУ КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

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

Виконав: Поліщук Ростислав 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**
*Поліщуку Ростиславу Володимировичу*

Тема: «Урожайність ячменю ярого залежно від елементів технології вирощування в умовах ТДВ «ТЕРЕЗИНЕ» Білоцерківського району Київської області»

Затверджено наказом ректора №496/С від 04.11.2025 р.

Термін здачі студентом готової кваліфікаційної роботи до 17.11.2026 р.

Перелік питань, що розробляються в роботі. Вихідні дані: огляд наукової літератури щодо норм висіву та позакореневого підживлення ячменю ярого; ґрунтово-кліматичні умови господарства; методика проведення досліджень; аналіз впливу норми висіву та підживлення на структуру врожаю, 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 _____ Поліщук Р.В.
*підпис* *прізвище, ініціали*

Дата отримання завдання «10» вересня 2025 р.

**ДЕКЛАРАЦІЯ**
**про дотримання академічної доброчесності під час виконання кваліфікаційної роботи**

Я, Поліщук Ростислав Володимирович, здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти за освітньою програмою Н1 Агрономія, підтверджую, що кваліфікаційну роботу з теми: «Урожайність ячменю ярого залежно від елементів технології вирощування в умовах ТДВ «ТЕРЕЗИНЕ» Білоцерківського району Київської області» виконано мною з дотриманням принципів і правил академічної доброчесності.

Підтверджую, що:

– роботу виконано особисто на основі власних розробок і суджень;

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

– наведені результати дослідження, дані та висновки є достовірними;

– робота не містить свідомо сфабрикованої чи сфальсифікованої інформації.

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

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

Дата: 13.11.2026

# РЕФЕРАТ

**Поліщук Р. В. Урожайність ячменю ярого залежно від елементів технології вирощування в умовах ТДВ «ТЕРЕЗИНЕ» Білоцерківського району Київської області: кваліфікаційна робота. Біла Церква: Білоцерківський НАУ, 2026.**

У роботі систематизовано наукові положення щодо регулювання щільності посіву та листкового живлення ячменю ярого. У двофакторній схемі зіставлено чотири норми висіву – 4,0; 4,5; 5,0 і 5,5 млн схожих насінин/га – та чотири варіанти позакореневого підживлення, зокрема одно- і дворазове застосування Квантуму ГУМАТ по 0,6 л/га.

У середньому за два роки урожайність зростала від 2,34 т/га за норми 4,0 млн/га до 2,70 т/га за 5,5 млн/га. Дворазове підживлення забезпечило 2,66 т/га проти 2,48 т/га на контролі. Найвищий середній показник окремого поєднання – 2,81 т/га – отримано за 5,5 млн/га і дворазового внесення, проте прибуток був вищим за норми 5,0 млн/га з тією самою схемою через менші витрати на насіння.

Дисперсійний аналіз підтвердив істотність головних ефектів норми висіву та підживлення в обидва роки, тоді як взаємодія чинників не досягла статистичної значущості. Це вказує, що реакція на Квантум ГУМАТ у межах масиву даних була загалом односпрямованою за всіх норм висіву. Результати обґрунтовують виробничу перевірку норми 5,0 млн схожих насінин/га у поєднанні з дворазовим підживленням у ВВСН 30–32 та 39–49.

Кваліфікаційна робота магістра містить 48 сторінок, 13 таблиць, 1 рисунок, список використаних джерел із 42 найменувань, 3 додатки.

***Ключові слова:*** *ячмінь ярий, МІП Вдячний, норма висіву, Квантум ГУМАТ, позакореневе підживлення, урожайність, якість зерна, дисперсійний аналіз.*

# ANNOTATION

**Polishchuk R. V. Spring barley yield depending on elements of growing technology in the conditions of the "TEREZYNE" agricultural production area of the Bila Tserkva district of the Kyiv region: Master's qualification paper. Bila Tserkva: Bila Tserkva National Agrarian University, 2026.**

The paper systematises the scientific basis for regulating spring barley stand density and foliar nutrition. Four seeding rates (4.0, 4.5, 5.0 and 5.5 million viable seeds per hectare) were compared with four nutrition treatments, including one or two applications of Quantum HUMATE at 0.6 L/ha.

Across the two years, mean grain yield increased from 2.34 t/ha at 4.0 million seeds/ha to 2.70 t/ha at 5.5 million seeds/ha. Two foliar applications produced 2.66 t/ha compared with 2.48 t/ha in the untreated control. The highest treatment mean, 2.81 t/ha, occurred at 5.5 million seeds/ha with two applications; however, the highest profit was obtained at 5.0 million seeds/ha because of lower seed costs.

Analysis of variance confirmed significant main effects of seeding rate and foliar nutrition in both years, whereas their interaction was not significant. Production validation is therefore proposed for 5.0 million viable seeds/ha combined with Quantum HUMATE at BBCH 30–32 and 39–49.

The master's qualification paper contains 48 pages, 13 tables, 1 figure, a list of 42 references and 3 appendices.

***Keywords:*** *spring barley, MIP Vdiachnyi, seeding rate, Quantum HUMATE, foliar nutrition, grain yield, grain quality, analysis of variance.*

**ЗМІСТ**

**ВСТУП ..... 7**
**РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ..... 10**
1.1 Господарське значення та біологічні особливості культури .... 10
1.2 Сортова адаптивність і роль генотипу ..... 11
1.3 Норма висіву як регулятор щільності агроценозу ..... 12
1.4 Формування асиміляційного апарату та структури врожаю ..... 14
1.5 Мінеральне й позакореневе живлення ..... 15
1.6 Гумінові препарати, строки внесення та обмеження ефективності ... 16
1.7 Узагальнення огляду та робоча гіпотеза ..... 17
**РОЗДІЛ 2 УМОВИ, СХЕМА ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ ..... 19**
2.1 Ґрунтові умови ..... 19
2.2 Метеорологічні умови ..... 19
2.3 Схема і технологія досліду ..... 20
2.4 Характеристика сорту й препарату ..... 21
2.5 Обліки, статистичне та економічне опрацювання ..... 22
**РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ НАУКОВА ІНТЕРПРЕТАЦІЯ ..... 24**
3.1 Виживаність рослин ..... 24
3.2 Формування продуктивного стеблостою ..... 25
3.3 Урожайність зерна ..... 27
3.4 Елементи структури врожаю ..... 30
3.5 Якість зерна ..... 32
**РОЗДІЛ 4 СТАТИСТИЧНА ТА ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ..... 34**
4.1 Дисперсійний аналіз ..... 34
4.2 Економічна оцінка ..... 35
**ВИСНОВКИ ..... 38**
**РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ ..... 40**
**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ..... 41**
**ДОДАТКИ ..... 46**

# ВСТУП

**Актуальність теми.** Ячмінь ярий належить до базових зернофуражних і продовольчих культур України, проте його фактична продуктивність істотно залежить від весняних запасів вологи, температурного режиму, щільності посіву та збалансованості живлення. Для Правобережного Лісостепу характерне поєднання високого потенціалу чорноземів із нерівномірним розподілом опадів у критичні фази розвитку. За таких умов технологічне рішення має не лише підвищувати максимальну урожайність, а й забезпечувати стійкість агроценозу за контрастних років [4; 15; 25].

Норма висіву визначає початкову густоту, площу живлення, інтенсивність кущіння й рівень внутрішньовидової конкуренції. Надто зріджений посів неповно використовує світло та вологу, а надмірно загущений – формує більше непродуктивних пагонів, погіршує провітрювання і може зменшувати масу зерна з колоса. Позакореневе підживлення здатне оперативно коригувати живлення в періоди інтенсивного росту, однак його ефект визначається фазою застосування, станом листкового апарату, водозабезпеченням і властивостями препарату [12; 19; 29; 33].

Практичний інтерес становить сорт МІП Вдячний, рекомендований для Лісостепу та Полісся, а також гумінове добриво Квантум ГУМАТ, регламент застосування якого для ярого ячменю охоплює кущення та період від виходу в трубку до прапорцевого листка [36–39]. Їх поєднання у двофакторному досліді дає змогу перевірити, чи може листкове підживлення послабити негативну дію конкуренції у щільнішому посіві та поліпшити реалізацію потенціалу сорту.

**Мета роботи –** установити закономірності формування урожайності та якості зерна ячменю ярого сорту МІП Вдячний залежно від норми висіву й строків позакореневого застосування Квантуму ГУМАТ та обґрунтувати технологічне поєднання для виробничої перевірки в умовах Правобережного Лісостепу.

Для досягнення мети передбачено такі завдання:

- узагальнити українські наукові джерела щодо біології ячменю ярого, сортової адаптивності, норм висіву та позакореневого живлення;
- охарактеризувати ґрунтові й метеорологічні умови та пояснити їхній можливий вплив на реалізацію чинників досліду;
- оцінити виживаність рослин і формування продуктивного стеблостою за різної густоти та строків підживлення;
- визначити рівень урожайності, параметри структури врожаю та показники якості зерна;
- перевірити істотність головних ефектів й взаємодії чинників за двофакторного дисперсійного досліду;
- виконати умовну економічну оцінку та сформувати конкретні рекомендації для виробничої перевірки.

**Об’єкт дослідження –** процеси формування густоти, структури врожаю, урожайності та якості зерна ячменю ярого під впливом норми висіву і позакореневого підживлення.

**Предмет дослідження –** сорт МІП Вдячний; норми висіву 4,0–5,5 млн схожих насінин/га; одно- і дворазове застосування Квантуму ГУМАТ; виживаність рослин, продуктивний стеблостій, елементи структури врожаю, урожайність, якість зерна та економічні показники.

**Методи дослідження:** польовий – для формування варіантів і обліку врожаю; лабораторний – для оцінювання зерна; розрахунково-порівняльний – для узагальнення біометричних та економічних показників; двофакторний дисперсійний аналіз – для перевірки істотності ефектів [9; 13].

**Наукова новизна** полягає в узгодженій інтерпретації реакції сорту МІП Вдячний на поєднання чотирьох норм висіву та двох строків внесення гумінового препарату за контрастного гідротермічного режиму.

**Практичне значення** полягає у визначенні діапазону норм висіву та схеми підживлення, які доцільно включити до виробничої перевірки. Розрахунки також показують, чому варіант із абсолютно найбільшою урожайністю не завжди забезпечує найбільший прибуток.

# РОЗДІЛ 1
# ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

## 1.1 Господарське значення та біологічні особливості культури

Ячмінь ярий (Hordeum vulgare L.) поєднує відносно короткий вегетаційний період із широкою господарською придатністю. Його зерно використовують у комбікормовій, харчовій і солодовій промисловості, а раннє достигання дає змогу раціонально розподіляти збиральне навантаження. Водночас короткий цикл розвитку означає, що помилки у строках сівби, формуванні густоти або забезпеченні живленням майже неможливо компенсувати на пізніших етапах [4; 15; 22].

Коренева система ячменю ярого мичкувата й порівняно менш потужна, ніж у багатьох озимих зернових. Основна маса активних коренів зосереджена у верхньому шарі ґрунту, який навесні швидко втрачає воду. Тому культура чутлива до запізнення із сівбою, ущільнення посівного шару та нестачі доступних форм елементів живлення. Найкритичнішим є період від кущіння до колосіння, коли одночасно формуються продуктивні пагони, довжина колоса й потенційна кількість зерен [15; 21; 22].

Температурні вимоги на початкових етапах помірні: насіння здатне проростати за низьких позитивних температур, але вирівняні сходи формуються за достатнього зволоження та належного контакту насінини з ґрунтом. Підвищення температури прискорює проходження органогенезу, скорочуючи час для кущіння. За дефіциту вологи цей ефект посилюється, і врожай дедалі більше визначається кількістю рослин та ранньо сформованих продуктивних стебел [2; 17; 25].

Урожайність ячменю є результатом послідовного формування кількості рослин, продуктивних стебел, озерненості колоса та маси окремої зернівки. Компоненти здатні частково компенсувати один одного: менша густота може супроводжуватися кращим кущінням і важчим колосом, а висока густота – більшою кількістю колосів за нижчої індивідуальної продуктивності.

Технологічне завдання полягає у встановленні щільності, за якої компенсаційні механізми працюють без надмірної конкуренції [1; 12; 28].

Якість урожаю також формується впродовж онтогенезу. Вирівняність, крупність, маса 1000 зерен, натура та посівні властивості залежать від забезпечення асимілятами під час наливу. Тому оцінка лише валового збору не дає повної характеристики технології. Варіант із дещо вищою урожайністю може формувати дрібніше зерно або нижчу енергію проростання, що змінює його господарську цінність [1; 11; 35].

### 1.2 Сортова адаптивність і роль генотипу

Сорт визначає межі потенційної продуктивності та характер реакції на технологічні заходи. У сучасному розумінні адаптивність охоплює не тільки середню урожайність, а й здатність зберігати прийнятний рівень продукції за зміни температури, зволоження, густоти та поживного режиму. Саме тому рекомендації щодо норми висіву не слід механічно переносити між сортами різного морфотипу [8; 14; 34].

Дослідження миронівського сортименту показують, що нові генотипи можуть відрізнятися за пластичністю та стабільністю навіть за вирощування в однакових середовищах. Для виробництва цінними є сорти, які не лише досягають високого максимуму у сприятливому році, а й обмежують втрату врожайності у посушливому. Такий підхід особливо важливий у Лісостепу, де внутрішньосезонний розподіл опадів часто важливіший за їх річну суму [8; 25].

Сучасні польові дослідження підтверджують, що реакція ячменю ярого на загущення має генотип-специфічний характер. Зі збільшенням норми висіву змінюються не лише кількість колосів і врожайність, а й розподіл біомаси між кореневою та надземною частинами. V. L. Hecht та співавтори встановили посилене формування тонких коренів у верхньому шарі ґрунту за вищої густоти, але одночасне зменшення частки кореневої біомаси. R. Nowak та співавтори показали залежність продуктивності й елементів структури

врожаю від взаємодії генотипу, густоти та умов року [17; 40]. Це обґрунтовує локальну перевірку норми висіву для кожного сорту.

Сорт МІП Вдячний занесений до українського сортового інформаційного простору як зерновий ячмінь ярий, рекомендований для Лісостепу та Полісся. Відомості про зональну придатність наведено у каталозі сортів, що проходили випробування у Миколаївському НАУ, та в ІАС «Аграрії разом» [36; 37]. Вибір цього сорту для роботи є логічним, оскільки зона рекомендації охоплює умови проведення досліджень.

Проте паспортна характеристика сорту не є готовою нормою технології. Оптимальна густота залежить від лабораторної схожості насіння, строку сівби, польової схожості, запасів продуктивної вологи та здатності рослин кущитися. Отже, оцінювання МІП Вдячний має спиратися на систему показників: виживаність, кількість продуктивних стебел, озерненість, масу зерна з колоса та врожайність [12; 17; 28].

Сортова реакція на підживлення також не обмежується прямим збільшенням урожаю. За оптимального живлення може довше функціонувати верхній ярус листків, підвищуватися озерненість і частка крупної фракції. За посухи або надмірної густоти ефект може реалізуватися переважно через стабілізацію фізіологічного стану, тоді як абсолютний приріст урожаю залишатиметься помірним [16; 23; 29].

### 1.3 Норма висіву як регулятор щільності агроценозу

Норма висіву є керованим початковим параметром агроценозу. Вона задає потенційну кількість рослин, але не дорівнює фактичній густоті перед збиранням. Між висівом і врожаєм діють польова схожість, весняно-літні втрати, кущіння та редукція пагонів. Тому обґрунтування норми потребує аналізу не лише кількості висіяних насінин, а й частки рослин, що збереглися [12; 17; 28].

За низької норми висіву окрема рослина має більшу площу живлення і краще освітлення, що сприяє утворенню пагонів. Компенсація, однак, має часові межі: за пізньої сівби або швидкого наростання температури період

кущіння скорочується, і зріджений посів не встигає сформувати достатню кількість колосів. У такій ситуації помірне збільшення норми може стабілізувати густоту [18; 21; 35].

За високої норми висіву швидше змикається стеблостій і повніше перехоплюється фотосинтетично активна радіація. Одночасно зростає конкуренція за воду, азот та елементи мінерального живлення. Її проявом є зниження коефіцієнта кущіння, редукція слабших пагонів, скорочення озерненості й маси зерна з колоса. За вологого року негативні наслідки можуть бути слабшими, а за посушливого – різкішими [12; 28; 33].

Реакція урожайності на норму висіву часто має форму плато. На початковій ділянці кривої додавання рослин істотно збільшує кількість продуктивних стебел, але після досягнення оптимальної щільності кожна наступна прибавка насіння дає дедалі менший приріст урожаю. Економічний оптимум тому зазвичай розташований раніше, ніж біологічний максимум: додаткова вартість насіння може перевищити вартість приросту зерна [1; 12; 28].

У дослідах із сортами ячменю ярого оптимальний діапазон змінювався залежно від ґрунтово-кліматичних умов, строку сівби та фону живлення. Роботи О. О. Дубовика і В. І. Оничка та С. І. Бердіна підтверджують, що продуктивний стеблостій і врожайність слід розглядати у взаємозв’язку з генотипом, а не як універсальну реакцію культури [12; 28]. Це обґрунтовує випробування діапазону 4,0–5,5 млн схожих насінин/га для конкретного сорту.

Практичний вибір норми має враховувати якість насіння. Норму в масових одиницях розраховують із використанням маси 1000 насінин і посівної придатності; лабораторну схожість та інші показники визначають за стандартизованими методами [11]. Висів за кількістю схожих насінин підвищує порівнянність варіантів, але не усуває впливу польової схожості й післясходових втрат.

### 1.4 Формування асиміляційного апарату та структури врожаю

Фотосинтетична продуктивність посіву визначається не максимальною площею листя як такою, а тривалістю її ефективної роботи та співвідношенням між джерелами асимілятів і репродуктивними органами. Надто мала листкова поверхня обмежує перехоплення світла, а надмірна спричиняє взаємне затінення, підвищує витрати на дихання й посилює ризик розвитку хвороб [15; 21; 33].

У зернових колосових особливе значення мають прапорцевий і підпрапорцевий листки. Вони функціонують у період, коли значна частина асимілятів спрямовується до зернівок. Збереження зеленого листкового апарату за достатнього водозабезпечення може збільшувати масу зерна з колоса, але під час посухи величина ефекту обмежується продиховим контролем і прискореним старінням тканин [16; 23; 25].

Структурний аналіз дає змогу встановити механізм формування урожаю. Збільшення кількості стебел на одиниці площі не завжди є позитивним, якщо воно супроводжується зменшенням озерненості або маси зерна з колоса. Навпаки, помірно менша густота може забезпечувати важчий колос, але не компенсувати дефіцит продуктивних стебел. Тому найбільш інформативним є одночасний аналіз усіх компонентів [1; 6; 23].

Біологічна урожайність, розрахована як добуток кількості продуктивних стебел і маси зерна з колоса, зазвичай перевищує фактичну облікову. Різниця пов'язана з просторовою неоднорідністю, крайовим ефектом, втратами під час збирання та похибкою вибірки. Значне систематичне розходження є сигналом перевірити репрезентативність проб і узгодженість методики [9; 13].

Для наукового тлумачення важливо розмежовувати кореляцію і причинність. Наприклад, вища кількість стебел може одночасно бути наслідком більшої норми висіву та причиною зростання врожайності. Однак без контрольованої схеми не можна встановити внесок кожного чинника. Саме факторний дослід і дисперсійний аналіз дають змогу відокремити головні ефекти від випадкової мінливості [9; 13].

## 1.5 Мінеральне й позакореневе живлення

Основне удобрення формує базовий поживний фон, тоді як позакореневе підживлення є коригувальним інструментом. Через листок можна швидко доставити невеликі кількості елементів або фізіологічно активних речовин у період, коли поглинання коренем обмежене прохолодою, посухою чи ущільненням ґрунту. Воно не здатне повністю замінити ґрунтове живлення макроелементами, але може підвищувати коефіцієнт їх використання [19; 20; 24].

Ефективність листкового внесення залежить від концентрації розчину, властивостей кутикули, температури, відносної вологості, швидкості висихання крапель і фізіологічного стану рослин. Обробка за спеки або інтенсивного сонячного випромінювання підвищує ризик опіків і зменшує поглинання. Тому технологічний регламент має включати не лише дозу препарату, а й вимоги до часу доби, температури, вітру та якості води [19; 20; 38].

У дослідженнях з ячменем ярим позакореневі підживлення впливали на біометричні показники, площу листкової поверхні, продуктивний стеблостій та врожайність, однак сила реакції змінювалася за роками і сортами [3; 16; 29; 33]. Це відповідає концепції обмежувального чинника: препарат може реалізувати ефект лише тоді, коли нестача певного ресурсу або стрес справді обмежують продуктивність.

Сучасні узагальнення розглядають позакореневе живлення як доповнення, а не заміну основного удобрення. Його результативність визначається формою елемента, змочуванням і проникненням розчину через кутикулу, фазою розвитку та наявністю фактичного дефіциту [24; 27]. У польовому досліді на ячмені ярому солодовому застосування мікроелементів змінювало врожайність і її складові, однак величина реакції залежала від сорту та умов року [41]. Отже, ефективність препарату доцільно оцінювати за багаторічними даними та обов'язково зіставляти з необробленим контролем.

Раннє внесення в період кущіння або виходу в трубку потенційно впливає на збереження пагонів і розвиток листкового апарату. Пізніше внесення до прапорцевого листка спрямоване на підтримання верхнього ярусу та майбутнього наливу зерна. Дворазова схема охоплює обидва етапи, але потребує двох проходів техніки, додаткових витрат і сприятливих погодних вікон [16; 19; 29].

Позитивні зміни якості зерна після підживлення можуть проявлятися у більшій масі 1000 зерен, частці крупної фракції, натурі та посівних властивостях. Проте ці показники реагують неоднаково: натура залежить не тільки від маси зернівки, а й від її форми, вирівняності та щільності укладання. Тому суперечливі зміни окремих показників не обов'язково свідчать про помилку, але потребують перевірки й пояснення [1; 11; 32].

### 1.6 Гумінові препарати, строки внесення та обмеження ефективності

Гумінові препарати містять гумінові й фульвокислоти та можуть впливати на проникність мембран, ферментативну активність, засвоєння елементів живлення і реакцію рослин на абіотичний стрес. Їхня дія є регуляторною, а не еквівалентною внесенню повної норми NPK. Саме тому очікуваний ефект доцільно оцінювати за комплексом фізіологічних і господарських показників [5–7; 31].

Квантум ГУМАТ позиціонується виробником як концентрований гумат калію з фульвокислотами та розчинними формами кремнію. Офіційний регламент для озимої і ярої пшениці та ячменю передбачає 0,5–0,7 л/га у кущіння (ВВСН 21–29) і в період виходу в трубку – прапорцевого листка (ВВСН 30–49) [38; 39]. У досліді обрано середню норму 0,6 л/га, що дає змогу порівняти два строки без зміни разової дози.

За описом виробника, препарат містить 15–18 % гумату калію, 5–6 % $K_2O$ та 1 % $SiO_2$. Ці відомості характеризують продукт, але самі собою не доводять агрономічної ефективності в конкретному посіві. Наукове підтвердження потребує контрольного варіанта, повторень, однакового технологічного фону та статистичної перевірки [9; 13; 38; 39].

Механізми дії гумінових речовин пов'язують з активацією мембранного транспорту, регуляцією антиоксидантної системи та формуванням підготовленого стану рослин до дії абіотичних стресорів. Водночас реакція має дозозалежний і видоспецифічний характер, тому позитивний ефект не можна вважати гарантованим для будь-яких умов [31; 42]. Це посилює вимогу дотримуватися рекомендованої концентрації та перевіряти ефективність препарату безпосередньо в конкретній ґрунтово-кліматичній зоні.

Дворазове внесення може мати перевагу, якщо перша обробка підтримує ріст стеблостою, а друга – функціонування верхніх листків. Водночас за ранньої сильної посухи листкова поверхня і транспіраційний потік зменшуються, тому поглинання розчину обмежується. За надмірної густоти частина робочої рідини може нерівномірно розподілятися між ярусами. Отже, кратність обробки має оцінюватися разом із погодою та густотою [16; 25; 29].

Сумісність із протруйниками, гербіцидами та іншими агрохімікатами не можна припускати автоматично. Для бакових сумішей потрібні перевірка етикетки, пробне змішування і контроль відсутності осаду. Виробник окремо застерігає від поєднання з гербіцидами у ранні фази через ризик зміни фітотоксичної дії [38]. Ця вимога має бути відображена у виробничих рекомендаціях.

Порівняння гумінового препарату з іншими листковими добривами можливе лише за коректного врахування складу й дози. Результати, отримані для водорозчинних NPK, хелатних мікроелементів або біопрепаратів, не можна прямо переносити на Квантум ГУМАТ. Вони формують теоретичне підґрунтя, але конкретний ефект повинен бути встановлений у власному досліді [3; 5; 19; 24; 26; 30–32].

## 1.7 Узагальнення огляду та робоча гіпотеза

Опрацьовані українські джерела узгоджено вказують, що норма висіву та листкове живлення діють через різні, але пов’язані ланки продукційного процесу. Норма висіву насамперед формує просторову структуру посіву, тоді як підживлення коригує фізіологічний стан рослин у конкретні фази. Їхній

спільний результат залежить від сорту й гідротермічних умов [12; 16; 28; 29; 33].

Невирішеним залишається питання, чи забезпечує максимальна густота найкращу економічну віддачу для сорту МІП Вдячний і чи однаково ефективні ранній та пізніший строки внесення Квантуму ГУМАТ. Окремої уваги потребує співвідношення між кількістю продуктивних стебел і продуктивністю колоса, оскільки саме воно пояснює появу плато урожайності.

Робоча гіпотеза полягає в тому, що збільшення норми висіву до 5,0 млн схожих насінин/га забезпечить достатню щільність продуктивного стеблостою без критичного зменшення індивідуальної продуктивності, а дворазове позакореневе підживлення стабілізує виживаність, озерненість і налив зерна. Подальше підвищення норми до 5,5 млн/га може збільшити біологічну урожайність, але не обов’язково прибуток.

Отже, схема досліду має поєднувати чотири норми висіву з контрольним, двома одноразовими й одним дворазовим варіантом підживлення. Для обґрунтованого висновку необхідні аналіз головних ефектів, перевірка взаємодії чинників, порівняння років і економічний розрахунок. Саме цю логіку реалізовано в наступних розділах.

# РОЗДІЛ 2
# УМОВИ, СХЕМА ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

## 2.1 Ґрунтові умови

Ґрунт дослідного поля характеризується як чорнозем типовий малогумусний важкосуглинковий. Для орного шару властиві відносно сприятлива структурність і висока потенційна родючість, однак фактична доступність поживних речовин залежить від вологості та щільності. Показники, наведені у таблиці 2.1. Значення найменшої вологоємності для шару 30–40 см виправлено з очевидно аномального 52,6 на 35,6 %.

Таблиця 2.1. Основні водно-фізичні показники ґрунтового профілю

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

Зі збільшенням глибини об’ємна маса зростає, а загальна пористість і найменша вологоємність зменшуються. Це означає, що найбільш сприятливим для проростання насіння й раннього розвитку коренів є верхній шар. Водночас його висихання швидко погіршує доступність поживних речовин, що посилює значення ранньої сівби й обережного застосування позакореневих засобів.

## 2.2 Метеорологічні умови

Погодні умови років дослідження були контрастними. За квітень–липень у 2025 р. випало 306,1 мм опадів, тоді як у 2026 р. – 126,8 мм. Отже, другий рік отримав лише 41,4 % від суми першого. Найбільший дефіцит 2026

р. припав на червень, коли формуються колос і зернівки: 18,6 мм проти 43,3 мм у 2025 р. і 59 мм за багаторічним орієнтиром.

Таблиця 2.2. Місячні показники погоди у період активної вегетації

| Місяць | Опади 2025, мм | Опади 2026, мм | Багаторічно, мм | Температура 2025, °C | Температура 2026, °C | Багаторічно, °C |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Квітень | 64,7 | 41,0 | 35 | 12,9 | 9,5 | 8,3 |
| Травень | 91,7 | 35,6 | 49 | 17,0 | 15,4 | 15,4 |
| Червень | 43,3 | 18,6 | 59 | 21,3 | 20,4 | 19,2 |
| Липень | 106,4 | 31,6 | 71 | 23,3 | 21,7 | 20,5 |
| Разом / середнє | 306,1 | 126,8 | 214 | 18,6 | 16,8 | 15,9 |

У 2025 р. водозабезпечення було загалом сприятливим, хоча опади розподілялися нерівномірно. Значна їх частка припала на третю декаду травня та другу декаду липня. Це могло підтримати наростання стеблостою й налив зерна, але не виключає коротких міждощових дефіцитів.

У 2026 р. весняні запаси вологи поповнювалися слабше, а червнева посуха збіглася з репродуктивним періодом. Нижча середня урожайність другого року тому є біологічно очікуваною. Водночас цей рік є корисним для оцінки стабільності технологічних варіантів, оскільки дає змогу простежити реакцію за сильнішого обмеження водою [25].

## 2.3 Схема і технологія досліду

Дослід двофакторний. Чинник А - норма висіву; чинник В - строк і кратність позакореневого підживлення. Варіанти розміщували у чотирьох повтореннях за схемою розщеплених ділянок (табл. 2.3, додаток А). Площа елементарної ділянки становила 15 м², облікової - 10 м²; загальна площа досліду - близько 0,20 га. Повторення та рандомізація потрібні для відокремлення просторової неоднорідності поля від дії чинників [9; 13].

Таблиця 2.3. Схема двофакторного досліду

| Чинник | Код | Варіант |
|---|---|---|
| А – норма висіву | $A_1$ | 4,0 млн схожих насінин/га |
| А – норма висіву | $A_2$ | 4,5 млн схожих насінин/га |
| А – норма висіву | $A_3$ | 5,0 млн схожих насінин/га |
| А – норма висіву | $A_4$ | 5,5 млн схожих насінин/га |
| В – підживлення | $B_1$ (I) | контроль (обприскування водою) |
| В – підживлення | $B_2$ (II) | Квантум ГУМАТ, 0,6 л/га у ВВСН 30–32 |
| В – підживлення | $B_3$ (III) | Квантум ГУМАТ, 0,6 л/га у ВВСН 39–49 |
| В – підживлення | $B_4$ (IV) | Квантум ГУМАТ, 0,6 + 0,6 л/га у ВВСН 30–32 і 39–49 |

Схему підживлення: Квантум ГУМАТ, фази внесення ВВСН 30–49. Разова доза 0,6 л/га перебуває всередині рекомендованого виробником інтервалу 0,5–0,7 л/га [38; 39].

Норма робочого розчину приймалася 250 л/га. Обприскування передбачалося вранці або ввечері за температури 10–25 °С і швидкості вітру до 5 м/с. Для кожного внесення необхідно записувати фактичну фазу, температуру, відносну вологість, швидкість вітру, час початку й завершення та характеристики води; без цього складно пояснити варіювання ефекту [38].

## 2.4 Характеристика сорту й препарату

МІП Вдячний – український сорт ячменю ярого селекції Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла НААН. За відкритими сортовими каталогами його рекомендовано для Лісостепу й Полісся [36; 37]. У роботі не наводяться непідтверджені паспортні значення потенційної урожайності; для захисту слід використовувати актуальну офіційну характеристику оригінатора або Державного реєстру відповідного року.

Квантум ГУМАТ є рідким гуміновим препаратом на основі гумату калію з фульвокислотами та розчинним кремнієм. За матеріалами виробника, вміст гумату калію становить 15–18 %, $K_2O$ – 5–6 %, $SiO_2$ – 1 %. Для зернових

колосових рекомендовано 0,5–0,7 л/га у кущіння та від виходу в трубку до прапорцевого листка [38; 39].

Перед приготуванням бакової суміші необхідно перевірити строк придатності, однорідність препарату, якість води та сумісність з іншими компонентами. Робочий розчин готують безпосередньо перед обробкою за постійного перемішування. У польовому журналі фіксують номер партії препарату й фактичну витрату на кожну ділянку.

### 2.5 Обліки, статистичне та економічне опрацювання

Виживаність визначали як відношення кількості рослин перед збиранням до кількості висіяних схожих насінин із урахуванням площі обліку. Елементи структури врожаю встановлювали за пробними снопами: кількість рослин і продуктивних стебел на 1 м², озерненість, масу зерна з колоса та розрахункову біологічну урожайність.

Облікову урожайність визначали окремо з кожної ділянки й перераховували на 1 га. Середні значення клітин розраховано за чотирма повтореннями. Якість зерна характеризували часткою великої та середньої фракцій, масою 1000 зерен, енергією проростання й натурою. Товарну оцінку виконували з урахуванням вимог ДСТУ 3769:2019 [10], а посівні показники визначали відповідно до ДСТУ 4138-2002 [11].

Для кожного року виконано дисперсійний аналіз двофакторного досліду з розщепленими ділянками. Ефект норми висіву перевіряли за помилкою головних ділянок, ефект підживлення та взаємодію - за помилкою субділянок. Наведено суми квадратів, ступені волі, середні квадрати, фактичні F, рівні значущості та $НІР_{05}$. Такий підхід виправляє невідповідне маркування НІР у вихідному файлі [9; 13].

Економічний аналіз має порівняльний характер. Прийнято ціну зерна на рівні 8500 грн/т, а витрати диференційовано за нормою насіння та кількістю обробок. Виручку визначали як добуток урожайності на ціну, прибуток – як різницю між виручкою і витратами, собівартість – як витрати на одиницю продукції, рентабельність – як відношення прибутку до витрат.

# РОЗДІЛ 3
# РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ НАУКОВА ІНТЕРПРЕТАЦІЯ

## 3.1 Виживаність рослин

Виживаність є інтегральною характеристикою пристосованості посіву до умов вегетації. Вона відображає не тільки лабораторну якість насіння, а й успішність польового проростання, розвиток кореневої системи, конкуренцію та втрати рослин упродовж сезону. У середньому за всіма варіантами показник становив 73,1 % у 2025 р. і 63,8 % у 2026 р (табл. 3.1).

Таблиця 3.1. Виживаність рослин ячменю ярого, %

| Норма висіву, млн/га | Варіант В | 2025 | 2026 | Середнє |
|---|---|---|---|---|
| 4,0 | I | 73,3 | 64,5 | 68,9 |
| 4,5 | I | 73,6 | 63,6 | 68,6 |
| 5,0 | I | 71,1 | 63,9 | 67,5 |
| 5,5 | I | 69,6 | 62,7 | 66,2 |
| 4,0 | II | 75,5 | 65,1 | 70,3 |
| 4,5 | II | 74,2 | 64,1 | 69,2 |
| 5,0 | II | 72,8 | 63,3 | 68,1 |
| 5,5 | II | 70,1 | 61,9 | 66,0 |
| 4,0 | III | 72,8 | 64,8 | 68,8 |
| 4,5 | III | 74,4 | 63,2 | 68,8 |
| 5,0 | III | 73,1 | 62,7 | 67,9 |
| 5,5 | III | 70,5 | 62,5 | 66,5 |
| 4,0 | IV | 75,2 | 65,8 | 70,5 |
| 4,5 | IV | 75,1 | 65,5 | 70,3 |
| 5,0 | IV | 74,7 | 64,3 | 69,5 |
| 5,5 | IV | 73,0 | 62,7 | 67,9 |
| 4,0 | середнє А | 74,2 | 65,1 | 69,6 |
| 4,5 | середнє А | 74,3 | 64,1 | 69,2 |
| 5,0 | середнє А | 72,9 | 63,6 | 68,2 |
| 5,5 | середнє А | 70,8 | 62,5 | 66,6 |

*Варіанти В: I – контроль; II – ВВСН 30–32; III – ВВСН 39–49; IV – дворазове підживлення.*

Різниця між роками дорівнювала 9,3 відсоткового пункту, що узгоджується з істотно нижчим зволоженням 2026 р. За дефіциту води частина рослин із слабшою кореневою системою не збереглася до збирання, а конкуренція в загущених варіантах посилилася. Це пояснює, чому погодний чинник мав більший вплив на виживаність, ніж підживлення.

Середнє за двома роками зменшувалося від 69,6 % за 4,0 млн/га до 66,6 % за 5,5 млн/га. Абсолютне зниження становило 3,0 в. п., або 4,3 % від рівня меншої норми. Біологічно це відповідає зростанню внутрішньовидової конкуренції. Отже, більша кількість висіяних насінин не пропорційно переходила в більшу кількість збережених рослин.

Дворазове підживлення мало найвище середнє – 69,5 %, на 1,7 в. п. більше від контролю. Ранній одноразовий варіант забезпечив 68,4 %, а пізніший – 68,0 %. Ця послідовність дає підстави припускати, що раннє підтримання фізіологічного стану було важливішим для збереження рослин.

### 3.2 Формування продуктивного стеблостою

Зі збільшенням норми висіву кількість рослин і стебел на одиниці площі зростала в обидва роки, але приріст поступово сповільнювався. У 2025 р. середня кількість продуктивних стебел зросла від 443 шт./м² за 4,0 млн/га до 521 шт./м² за 5,5 млн/га, тобто на 17,6 %. У 2026 р. відповідні значення становили 415 і 482 шт./м², приріст – 16,1 % (табл. 3.2-3.3).

Таблиця 3.2. Елементи продуктивного стеблостою у 2025 р.

| Норма, млн/га | Варіант В | Рослин, шт./м² | Стебел, шт./м² | Зерен у колосі, шт. |
|---|---|---|---|---|
| 4,0 | I | 297 | 431 | 21,3 |
| 4,0 | II | 301 | 444 | 21,4 |
| 4,0 | III | 298 | 439 | 21,3 |
| 4,0 | IV | 309 | 458 | 21,6 |
| 4,5 | I | 324 | 478 | 21,1 |
| 4,5 | II | 330 | 493 | 21,7 |
| 4,5 | III | 327 | 488 | 21,3 |

| Норма, млн/га | Варіант В | Рослин, шт./м² | Стебел, шт./м² | Зерен у колосі, шт. |
|---|---|---|---|---|
| 4,5 | IV | 333 | 497 | 21,9 |
| 5,0 | I | 341 | 498 | 20,6 |
| 5,0 | II | 347 | 511 | 21,0 |
| 5,0 | III | 349 | 507 | 20,7 |
| 5,0 | IV | 352 | 517 | 21,3 |
| 5,5 | I | 352 | 510 | 20,1 |
| 5,5 | II | 361 | 522 | 20,7 |
| 5,5 | III | 355 | 519 | 20,5 |
| 5,5 | IV | 368 | 533 | 20,7 |
| 4,0 | середнє А | 301 | 443 | 21,4 |
| 4,5 | середнє А | 328 | 489 | 21,5 |
| 5,0 | середнє А | 347 | 508 | 20,9 |
| 5,5 | середнє А | 359 | 521 | 20,5 |

Таблиця 3.3. Елементи продуктивного стеблостою у 2026 р.

| Норма, млн/га | Варіант В | Рослин, шт./м² | Стебел, шт./м² | Зерен у колосі, шт. |
|---|---|---|---|---|
| 4,0 | I | 284 | 403 | 19,6 |
| 4,0 | II | 293 | 419 | 19,9 |
| 4,0 | III | 288 | 410 | 19,6 |
| 4,0 | IV | 303 | 429 | 20,2 |
| 4,5 | I | 312 | 439 | 19,6 |
| 4,5 | II | 319 | 456 | 19,8 |
| 4,5 | III | 321 | 452 | 20,1 |
| 4,5 | IV | 329 | 461 | 20,1 |
| 5,0 | I | 334 | 464 | 19,4 |
| 5,0 | II | 337 | 475 | 19,7 |
| 5,0 | III | 332 | 460 | 19,3 |
| 5,0 | IV | 345 | 488 | 19,9 |
| 5,5 | I | 342 | 471 | 18,8 |

| Норма, млн/га | Варіант В | Рослин, шт./м² | Стебел, шт./м² | Зерен у колосі, шт. |
|---|---|---|---|---|
| 5,5 | II | 351 | 489 | 19,3 |
| 5,5 | III | 347 | 481 | 18,9 |
| 5,5 | IV | 353 | 486 | 19,3 |
| 4,0 | середнє А | 292 | 415 | 19,8 |
| 4,5 | середнє А | 320 | 452 | 19,9 |
| 5,0 | середнє А | 337 | 472 | 19,6 |
| 5,5 | середнє А | 348 | 482 | 19,1 |

Підживлення також змінювало щільність. У 2025 р. дворазовий варіант формував у середньому 501 стебло/м² проти 479 на контролі; у 2026 р. – 466 проти 444 стебел/м². В обох роках різниця дорівнювала 22 стеблам/м², що свідчить про стабільний напрям реакції. Механізм може полягати не у формуванні нових пагонів на пізньому етапі, а в кращому збереженні вже закладених.

Озерненість реагувала протилежно густоті: у 2025 р. середнє зменшилося з 21,4 зернини за 4,0 млн/га до 20,5 за 5,5 млн/га, у 2026 р. – з 19,8 до 19,1. Це є типовою компенсаційною реакцією. Рослини у густішому посіві формували більше колосів на площі, але кожен колос мав дещо нижчу індивідуальну продуктивність.

У 2026 р. озерненість була нижчою в усіх варіантах, що узгоджується з дефіцитом опадів у червні. Під час закладання та реалізації репродуктивних органів нестача води посилює редукцію квіток і зернівок. Таким чином, міжрічна різниця має логічне фізіологічне пояснення, а не є лише статистичною особливістю.

### 3.3 Урожайність зерна

Урожайність інтегрувала дію густоти, збереження рослин, продуктивності колоса та погодних умов. Середнє за всіма варіантами становило 2,65 т/га у 2025 р. і 2,47 т/га у 2026 р. Зниження на 0,18 т/га, або 6,8 %, було меншим, ніж різниця за сумою опадів, що вказує на часткову

буферність культури й компенсаторні механізми посіву (табл. 3.4, додатки Б, В).

Таблиця 3.4. Урожайність зерна залежно від чинників, т/га

| Норма, млн/га | Варіант В | 2025 | 2026 | Середнє |
|---|---|---|---|---|
| 4,0 | I | 2,37 | 2,21 | 2,29 |
| 4,0 | II | 2,45 | 2,28 | 2,36 |
| 4,0 | III | 2,40 | 2,16 | 2,28 |
| 4,0 | IV | 2,53 | 2,33 | 2,43 |
| 4,5 | I | 2,53 | 2,39 | 2,46 |
| 4,5 | II | 2,66 | 2,43 | 2,55 |
| 4,5 | III | 2,56 | 2,45 | 2,50 |
| 4,5 | IV | 2,77 | 2,56 | 2,66 |
| 5,0 | I | 2,63 | 2,49 | 2,56 |
| 5,0 | II | 2,78 | 2,60 | 2,69 |
| 5,0 | III | 2,68 | 2,57 | 2,62 |
| 5,0 | IV | 2,89 | 2,62 | 2,75 |
| 5,5 | I | 2,66 | 2,55 | 2,60 |
| 5,5 | II | 2,80 | 2,66 | 2,73 |
| 5,5 | III | 2,73 | 2,60 | 2,67 |
| 5,5 | IV | 2,93 | 2,69 | 2,81 |
| 4,0 | середнє А | 2,44 | 2,25 | 2,34 |
| 4,5 | середнє А | 2,63 | 2,46 | 2,54 |
| 5,0 | середнє А | 2,74 | 2,57 | 2,66 |
| 5,5 | середнє А | 2,78 | 2,62 | 2,70 |
| середнє В | I | 2,55 | 2,41 | 2,48 |
| середнє В | II | 2,67 | 2,49 | 2,58 |
| середнє В | III | 2,59 | 2,44 | 2,52 |
| середнє В | IV | 2,78 | 2,55 | 2,66 |

*Середні обчислено з чотирьох повторень; округлення виконано після розрахунку.*

Головний ефект норми висіву був послідовним: у середньому за два роки 4,0; 4,5; 5,0 і 5,5 млн/га забезпечили відповідно 2,34; 2,54; 2,66 і 2,70 т/га.

Найбільший крок спостерігався між 4,0 і 4,5 млн/га – 0,20 т/га. Перехід від 5,0 до 5,5 млн/га додав лише близько 0,05 т/га. Отже, після 5,0 млн/га крива реакції наближалася до плато.

У середньому за нормами висіву контроль сформував 2,48 т/га, раннє одноразове підживлення – 2,58, пізніше – 2,52, дворазове – 2,66 т/га. Перевага дворазового застосування над контролем становила 0,18 т/га, або 7,3 %. Ранній строк був результативнішим за пізніший на 0,06 т/га, що узгоджується з його можливим впливом на збереження продуктивних пагонів.

Максимальну дворічну середню 2,81 т/га отримано за 5,5 млн/га і дворазового підживлення. За 5,0 млн/га той самий варіант забезпечив 2,75 т/га – лише на 0,06 т/га менше. Ця різниця агрономічно невелика й має оцінюватися разом із додатковою вартістю насіння, ризиком загущення та статистичною похибкою (рис. 3.1).

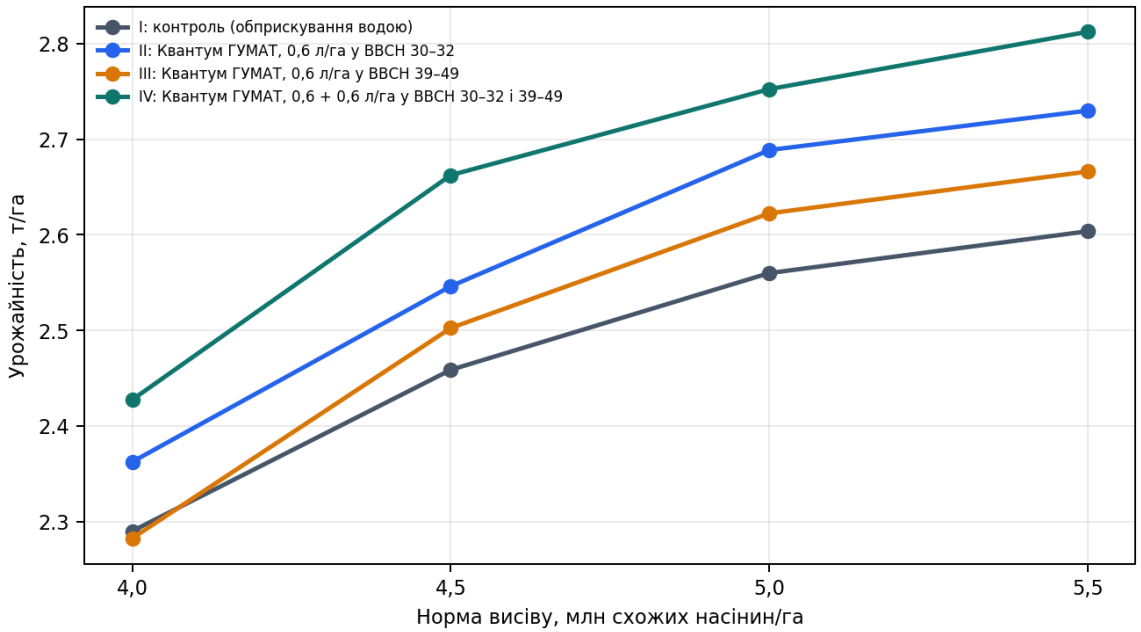



Рисунок 3.1. Реакція урожайності на норму висіву та підживлення (середнє за 2025-2026 рр.), т/га

Лінії на рисунку мають подібний висхідний характер, а дворазове підживлення переважно розташоване вище контролю. Відсутність різкого перехрещення ліній візуально узгоджується з неістотною взаємодією A×B.

Водночас рисунок не замінює дисперсійного аналізу: близькість окремих середніх потрібно оцінювати за відповідною помилкою досліду.

### 3.4 Елементи структури врожаю

Розрахункова біологічна урожайність була вищою за облікову, що є очікуваним для вибіркового структурного аналізу. У 2025 р. її середнє за нормами висіву зростало від 3,19 до 3,82 т/га, а у 2026 р. – від 2,84 до 3,46 т/га. Одночасно маса зерна з колоса зменшувалася за загущення (табл. 3.5-3.6).

Таблиця 3.5. Маса зерна з колоса та біологічна урожайність у 2025 р.

| Норма, млн/га | Варіант В | Маса з колоса, г | Маса з 1 м², г | Біол. урожайність, т/га |
|---|---|---|---|---|
| 4,0 | I | 0,85 | 311 | 3,11 |
| 4,0 | II | 0,85 | 313 | 3,13 |
| 4,0 | III | 0,87 | 323 | 3,23 |
| 4,0 | IV | 0,88 | 327 | 3,27 |
| 4,5 | I | 0,85 | 336 | 3,36 |
| 4,5 | II | 0,87 | 343 | 3,43 |
| 4,5 | III | 0,84 | 343 | 3,43 |
| 4,5 | IV | 0,87 | 351 | 3,51 |
| 5,0 | I | 0,83 | 361 | 3,61 |
| 5,0 | II | 0,84 | 366 | 3,66 |
| 5,0 | III | 0,84 | 368 | 3,68 |
| 5,0 | IV | 0,86 | 374 | 3,74 |
| 5,5 | I | 0,79 | 375 | 3,75 |
| 5,5 | II | 0,82 | 384 | 3,84 |
| 5,5 | III | 0,80 | 378 | 3,78 |
| 5,5 | IV | 0,83 | 392 | 3,92 |
| 4,0 | середнє А | 0,86 | 318 | 3,19 |
| 4,5 | середнє А | 0,86 | 343 | 3,43 |
| 5,0 | середнє А | 0,84 | 367 | 3,67 |
| 5,5 | середнє А | 0,81 | 382 | 3,82 |

Таблиця 3.6. Маса зерна з колоса та біологічна урожайність у 2026 р.

| Норма, млн/га | Варіант В | Маса з колоса, г | Маса з 1 м², г | Біол. урожайність, т/га |
|---|---|---|---|---|
| 4,0 | I | 0,81 | 278 | 2,78 |
| 4,0 | II | 0,81 | 285 | 2,85 |
| 4,0 | III | 0,80 | 283 | 2,83 |
| 4,0 | IV | 0,84 | 291 | 2,91 |
| 4,5 | I | 0,80 | 303 | 3,03 |
| 4,5 | II | 0,81 | 312 | 3,12 |
| 4,5 | III | 0,80 | 308 | 3,08 |
| 4,5 | IV | 0,83 | 315 | 3,15 |
| 5,0 | I | 0,78 | 321 | 3,21 |
| 5,0 | II | 0,81 | 327 | 3,27 |
| 5,0 | III | 0,78 | 329 | 3,29 |
| 5,0 | IV | 0,81 | 337 | 3,37 |
| 5,5 | I | 0,74 | 337 | 3,37 |
| 5,5 | II | 0,77 | 348 | 3,48 |
| 5,5 | III | 0,77 | 343 | 3,43 |
| 5,5 | IV | 0,79 | 355 | 3,55 |
| 4,0 | середнє А | 0,82 | 284 | 2,84 |
| 4,5 | середнє А | 0,81 | 310 | 3,10 |
| 5,0 | середнє А | 0,80 | 328 | 3,29 |
| 5,5 | середнє А | 0,77 | 346 | 3,46 |

У 2025 р. середня маса зерна з колоса зменшилася від 0,86 г за 4,0 млн/га до 0,81 г за 5,5 млн/га; у 2026 р. – від 0,82 до 0,77 г. Відносне зниження в обох випадках становило близько 6 %. Проте кількість стебел зростала швидше, тому урожай з одиниці площі підвищувався. Це підтверджує провідну роль густоти продуктивного стеблостою у межах випробуваного діапазону.

Дворазове підживлення формувало найбільшу масу зерна з колоса: 0,86 г у 2025 р. та 0,82 г у 2026 р. Отже, його перевага пов’язана з двома компонентами – кращим збереженням стебел і частковим підтриманням

індивідуальної продуктивності. Пізніше одноразове внесення інколи поліпшувало налив, але не завжди компенсувало втрати стебел на ранніх етапах.

Різниця між біологічною та обліковою урожайністю становила орієнтовно 0,7–1,1 т/га залежно від варіанта. Такий розрив потребує уваги: структуру врожаю слід визначати на достатній кількості майданчиків, а облікову площу – захищати від крайового ефекту. До захисту варто додати опис кількості пробних снопів і місць їх відбору.

### 3.5 Якість зерна

Показники якості реагували на чинники менш однозначно, ніж урожайність. Це закономірно, оскільки крупність і маса окремої зернівки можуть знижуватися за загущення, тоді як натура залежить також від форми, вирівняності й щільності укладання зерна. Тому кожний показник інтерпретовано окремо (табл. 3.7).

Таблиця 3.7. Фракційний склад і якість зерна, середнє за 2025–2026 рр.

| Варіант В | Норма, млн/га | Велика фракція, % | Середня фракція, % | Маса 1000, г | Енергія проростання, % | Натура, г/л |
|---|---|---|---|---|---|---|
| I | 4,0 | 40,3 | 36,6 | 49,1 | 81,6 | 635 |
| I | 4,5 | 42,2 | 37,2 | 49,3 | 81,4 | 641 |
| I | 5,0 | 41,2 | 36,2 | 48,8 | 81,1 | 652 |
| I | 5,5 | 39,7 | 35,1 | 48,6 | 81,4 | 660 |
| II | 4,0 | 44,3 | 37,5 | 49,7 | 84,0 | 648 |
| II | 4,5 | 43,1 | 37,3 | 49,5 | 84,5 | 653 |
| II | 5,0 | 42,0 | 36,5 | 49,5 | 84,1 | 664 |
| II | 5,5 | 41,5 | 35,7 | 49,3 | 83,7 | 678 |
| III | 4,0 | 43,7 | 37,7 | 50,1 | 84,7 | 653 |
| III | 4,5 | 43,1 | 37,3 | 49,7 | 84,6 | 662 |
| III | 5,0 | 41,8 | 37,3 | 49,8 | 84,4 | 668 |
| III | 5,5 | 40,7 | 36,6 | 49,5 | 84,1 | 682 |
| IV | 4,0 | 45,5 | 39,3 | 50,3 | 85,9 | 659 |

| Варіант В | Норма, млн/га | Велика фракція, % | Середня фракція, % | Маса 1000, г | Енергія проростання, % | Натура, г/л |
|---|---|---|---|---|---|---|
| IV | 4,5 | 44,9 | 36,6 | 50,3 | 85,7 | 661 |
| IV | 5,0 | 44,6 | 39,9 | 50,1 | 85,1 | 665 |
| IV | 5,5 | 44,1 | 40,5 | 49,8 | 85,1 | 677 |
| I | середнє В | 40,9 | 36,3 | 48,9 | 81,4 | 647 |
| II | середнє В | 42,7 | 36,8 | 49,5 | 84,1 | 661 |
| III | середнє В | 42,3 | 37,2 | 49,8 | 84,5 | 666 |
| IV | середнє В | 44,8 | 39,1 | 50,1 | 85,5 | 666 |

У середньому за нормами висіву частка великої фракції зменшилася від 43,5 % за 4,0 млн/га до 41,5 % за 5,5 млн/га, а маса 1000 зерен – від 49,8 до 49,3 г. Це підтверджує посилення конкуренції під час наливу в густішому посіві. Зміни були помірними, тому збільшення кількості колосів залишалося домінантним для валового врожаю.

За варіантами підживлення маса 1000 зерен становила 49,0 г на контролі, 49,5 г після раннього, 49,8 г після пізнішого та 50,1 г після дворазового внесення. Вища реакція на пізніше внесення логічно пов’язана з безпосередньою близькістю до періоду наливу. Дворазова схема поєднала ранню підтримку стеблостою з пізнішою підтримкою асиміляційного апарату.

Енергія проростання підвищувалася від 81,4 % на контролі до 85,5 % за дворазового підживлення. Різниця 4,1 в. п. може мати насінницьке значення, але для підтвердження потрібні лабораторні протоколи, повторність аналізу й оцінка повної схожості відповідно до ДСТУ 4138–2002 [11].

Натура зерна зростала від 649 г/л за 4,0 млн/га до 674 г/л за 5,5 млн/га, хоча маса 1000 зерен дещо зменшувалася.

# РОЗДІЛ 4
# СТАТИСТИЧНА ТА ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА

## 4.1 Дисперсійний аналіз

Дисперсійний аналіз виконано окремо для кожного року, оскільки гідротермічні умови істотно відрізнялися. Для норми висіву використано помилку головних ділянок, для підживлення та взаємодії – помилку субділянок. Це принципово важливо: застосування єдиної залишкової помилки до всіх ефектів у схемі розщеплених ділянок може завищувати точність порівняння чинника А (табл. 4.1-4.2).

Таблиця 4.1. Дисперсійний аналіз урожайності у 2025 р.

| Джерело варіації | Сума квадратів | df | Середній квадрат | Fфакт | p |
|---|---|---|---|---|---|
| Повторення | 0,0428 | 3 | 0,0143 | – | – |
| Норма висіву (А) | 1,1568 | 3 | 0,3856 | 178,87 | <0,001 |
| Помилка А | 0,0194 | 9 | 0,0022 | – | – |
| Підживлення (В) | 0,4935 | 3 | 0,1645 | 47,03 | <0,001 |
| А × В | 0,0199 | 9 | 0,0022 | 0,63 | 0,763 |
| Помилка В | 0,1259 | 36 | 0,0035 | – | – |
| Загальна | 1,8583 | 63 | – | – | – |

Таблиця 4.2. Дисперсійний аналіз урожайності у 2026 р.

| Джерело варіації | Сума квадратів | df | Середній квадрат | Fфакт | p |
|---|---|---|---|---|---|
| Повторення | 0,0151 | 3 | 0,0050 | – | – |
| Норма висіву (А) | 1,3476 | 3 | 0,4492 | 104,38 | <0,001 |
| Помилка А | 0,0387 | 9 | 0,0043 | – | – |
| Підживлення (В) | 0,1767 | 3 | 0,0589 | 16,51 | <0,001 |
| А × В | 0,0375 | 9 | 0,0042 | 1,17 | 0,344 |
| Помилка В | 0,1284 | 36 | 0,0036 | – | – |
| Загальна | 1,7440 | 63 | – | – | – |

У 2025 р. ефект норми висіву був високодостовірним: $F = 178{,}87$, $p < 0{,}001$. $НІР_{05}$ для порівняння середніх за чинником А становила 0,04 т/га. Різниця між усіма послідовними нормами, крім близького переходу 5,0–5,5 млн/га, перевищувала цю межу. Отже, насичення реакції на верхньому рівні підтверджується статистичною близькістю.

Ефект підживлення у 2025 р. також був істотним: $F = 47{,}03$, $p < 0{,}001$; $НІР_{05}$ для головного ефекту В – 0,04 т/га. Середня перевага дворазового варіанта над контролем становила 0,23 т/га, тобто значно перевищувала НІР. Водночас взаємодія А×В була неістотною ($p = 0{,}763$).

У 2026 р. норма висіву зберегла високу значущість: $F = 104{,}38$, $p < 0{,}001$; $НІР_{05} = 0{,}05$ т/га. Підживлення мало слабший, але достовірний ефект: $F = 16{,}51$, $p < 0{,}001$; $НІР_{05} = 0{,}04$ т/га. Взаємодія знову не була істотною ($p = 0{,}344$). Отже, посушливі умови зменшили абсолютну відповідь на підживлення, але не змінили загального напряму.

Для порівняння варіантів підживлення всередині окремої норми висіву $НІР_{05}$ становила 0,08 т/га у 2025 р. і 0,09 т/га у 2026 р. Ці значення більші за НІР головного ефекту, бо часткове порівняння спирається на меншу кількість спостережень. Саме ці межі слід використовувати, коли порівнюються, наприклад, варіанти I і IV за конкретної норми 5,0 млн/га.

Коефіцієнт варіації залишкової похибки становив 2,23 % у 2025 р. і 2,42 % у 2026 р., що характеризує масив даних як вирівняний.

## 4.2 Економічна оцінка

Економічні розрахунки виконано для дворічних середніх. Вони потрібні для відокремлення біологічного максимуму від економічно раціонального варіанта. Ціна зерна становила 8500 грн/т; додаткові витрати на одну обробку прийнято 300 грн/га.

Таблиця 4.3. Економічна ефективність досліджуваних варіантів

| Норма, млн/га | Варіант В | Урожайність, т/га | Витрати, грн/га | Виручка, грн/га | Прибуток, грн/га | Собівартість, грн/т | Рентабельність, % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4,0 | I | 2,29 | 15200 | 19465 | 4265 | 6638 | 28,1 |
| 4,0 | II | 2,36 | 15500 | 20081 | 4581 | 6561 | 29,6 |
| 4,0 | III | 2,28 | 15500 | 19401 | 3901 | 6791 | 25,2 |
| 4,0 | IV | 2,43 | 15800 | 20634 | 4834 | 6509 | 30,6 |
| 4,5 | I | 2,46 | 15700 | 20899 | 5199 | 6385 | 33,1 |
| 4,5 | II | 2,55 | 16000 | 21643 | 5643 | 6284 | 35,3 |
| 4,5 | III | 2,50 | 16000 | 21271 | 5271 | 6394 | 32,9 |
| 4,5 | IV | 2,66 | 16300 | 22631 | 6331 | 6122 | 38,8 |
| 5,0 | I | 2,56 | 16200 | 21760 | 5560 | 6328 | 34,3 |
| 5,0 | II | 2,69 | 16500 | 22854 | 6354 | 6137 | 38,5 |
| 5,0 | III | 2,62 | 16500 | 22291 | 5791 | 6292 | 35,1 |
| 5,0 | IV | 2,75 | 16800 | 23396 | 6596 | 6104 | 39,3 |
| 5,5 | I | 2,60 | 16900 | 22132 | 5232 | 6491 | 31,0 |
| 5,5 | II | 2,73 | 17200 | 23205 | 6005 | 6300 | 34,9 |
| 5,5 | III | 2,67 | 17200 | 22663 | 5463 | 6451 | 31,8 |
| 5,5 | IV | 2,81 | 17500 | 23906 | 6406 | 6222 | 36,6 |

*Розрахунки: ціна зерна – 8500 грн/т. Варіанти В розшифровано в таблиці 2.3.*

Найвищий прибуток отримано за 5,0 млн/га і дворазового підживлення – близько 6596 грн/га. За 5,5 млн/га у тому самому варіанті урожайність була вищою на 0,06 т/га, але витрати зросли на 700 грн/га; додаткова виручка становила лише близько 510 грн/га. Тому прибуток зменшився приблизно на 190 грн/га.

Граничний аналіз підтверджує, що перехід від 5,0 до 5,5 млн/га економічно не виправдався за прийнятих цін. Щоб компенсувати додаткові 700 грн/га за ціни 8500 грн/т, потрібен приріст не менше 0,082 т/га, тоді як приріст становив 0,060 т/га. Отже, запас економічної стійкості мав варіант 5,0 млн/га.

Дворазове підживлення підвищувало витрати на 600 грн/га, але за норми 5,0 млн/га додавало приблизно 0,19 т/га порівняно з контролем. Вартість приросту дорівнювала близько 1615 грн/га, що перевищувало додаткові витрати.

# ВИСНОВКИ

1. Огляд українських джерел підтвердив, що продуктивність ячменю ярого визначається балансом між щільністю продуктивного стеблостою та індивідуальною продуктивністю колоса. Норма висіву й позакореневе підживлення регулюють різні ланки цього балансу.

2. Умови років були контрастними: за квітень–липень 2025 р. випало 306,1 мм опадів, у 2026 р. – 126,8 мм. Дефіцит зволоження другого року зумовив нижчі виживаність, озерненість і урожайність.

3. Середня виживаність зменшувалася від 69,6 % за норми 4,0 млн/га до 66,6 % за 5,5 млн/га. Дворазове підживлення формувало найвище середнє – 69,5 % проти 67,8 % на контролі.

4. Збільшення норми висіву підвищувало кількість продуктивних стебел: у 2025 р. від 443 до 521 шт./м², у 2026 р. – від 415 до 482 шт./м². Водночас озерненість і маса зерна з колоса зменшувалися, що свідчить про посилення конкуренції.

5. Урожайність у середньому за два роки становила 2,34; 2,54; 2,66 і 2,70 т/га за норм 4,0; 4,5; 5,0 і 5,5 млн схожих насінин/га. Після 5,0 млн/га реакція наближалася до плато.

6. Дворазове застосування Квантуму ГУМАТ забезпечило 2,66 т/га проти 2,48 т/га на контролі; приріст дорівнював 0,18 т/га, або 7,3 %. Раннє одноразове внесення було результативнішим за пізніше на 0,06 т/га.

7. Найвищу середню урожайність окремого поєднання – 2,81 т/га – сформовано за 5,5 млн/га та дворазового підживлення. Варіант 5,0 млн/га з тією самою схемою забезпечив 2,75 т/га, тобто поступався лише на 0,06 т/га.

8. Дворазове підживлення поліпшувало показники якості: маса 1000 зерен зросла від 49,0 до 50,1 г, енергія проростання – від 81,4 до 85,5 %. Тенденцію за натурою зерна необхідно повторно перевірити за первинними лабораторними відомостями.

9. Дисперсійний аналіз підтвердив істотність головних ефектів норми висіву та підживлення в обидва роки ($p < 0,001$). Взаємодія А×В була неістотною: $p = 0,763$ у 2025 р. і $p = 0,344$ у 2026 р.

10. Найвищий умовний прибуток сформував варіант 5,0 млн/га з дворазовим підживленням – близько 6596 грн/га. Перехід до 5,5 млн/га не окупив додаткової вартості насіння за прийнятої ціни зерна.

# РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

1. В умовах Правобережного Лісостепу сорт МІП Вдячний рекомендується висівати нормою 5,0 млн схожих насінин/га. Норму 5,5 млн/га доцільно застосовувати лише за пізнього строку сівби або прогнозованого зрідження посівів.

2. На фоні норми висіву 5,0 млн схожих насінин/га рекомендується дворазове позакореневе застосування Квантуму ГУМАТ по 0,6 л/га у фази ВВСН 30–32 і 39–49.

# СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Барат Ю. М. Урожайність та якість зерна пивоварних сортів ячменю ярого залежно від мінерального живлення, норм висіву насіння, строків та способів збирання : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Дніпропетровськ, 2009. 24 с.

2. Yiğit A., Chmielewski F.-M. A Deeper Insight into the Yield Formation of Winter and Spring Barley in Relation to Weather and Climate Variability. Agronomy. 2024. Vol. 14, No. 7. Article 1503. DOI: https://doi.org/10.3390/agronomy14071503.

3. Вега Н. Агрохімічна оцінка застосування мінерального добрива та позакореневого підживлення за вирощування ячменю ярого. Вісник Львівського національного університету природокористування. Агрономія. 2022. № 26. С. 197–200. DOI: https://doi.org/10.31734/agronomy2022.26.197.

4. Влох В. Г., Дубовський С. В., Кияк Г. С. та ін. Рослинництво : підручник. Київ : Вища школа, 2005. 382 с.

5. Гирка А. Д., Іщенко В. А., Ільєнко О. В. та ін. Вплив застосування біопрепаратів та біологічно активних речовин на формування елементів продуктивності ячменю ярого в Північному Степу. Вісник центру наукового забезпечення АПВ Харківської області. 2013. № 14. С. 30–36.

6. Гирка А. Д., Бокун О. І., Мамєдова Е. І. Вплив попередників, мінеральних добрив та біопрепаратів на формування продуктивності ячменю ярого. Зернові культури. 2017. Т. 1, № 1. С. 51–55.

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

8. 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: https://doi.org/10.21498/2518-1017.14.2.2018.134766.

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

10. ДСТУ 3769:2019. Ячмінь. Технічні умови. [Чинний від 2019-08-01]. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019. 18 с.

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

12. 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.

13. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних у пакеті Statistica 6.0 : методичні вказівки. Київ : ПоліграфКонсалтинг, 2007. 55 с.

14. Загинайло М. Сортові ресурси ячменю ярого. Пропозиція. 2005. № 12. С. 64–68.

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

16. Іщенко В. А., Козелець Г. М., Губарєв О. Д. Формування біометричних показників рослин ячменю ярого залежно від позакореневих підживлень в умовах Північного Степу України. Аграрні інновації. 2023. № 21. DOI: https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.21.4.

17. Hecht V. L., Temperton V. M., Nagel K. A., Rascher U., Postma J. A. Sowing Density: A Neglected Factor Fundamentally Affecting Root Distribution and Biomass Allocation of Field Grown Spring Barley (Hordeum vulgare L.). Frontiers in Plant Science. 2016. Vol. 7. Article 944. DOI: https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00944.

18. Конопольський О., Драбанюк В. Технологічні аспекти вирощування ярого ячменю. Пропозиція. 2009. № 4. С. 60–62.

19. Котвицький Б. Б., Воєвода Г. Я., Прохорук О. Г. Шляхи підвищення ефективності позакореневих підживлень комплексними водорозчинними добривами у Західному регіоні України. Шляхи підвищення ефективності позакореневого живлення сільськогосподарських культур комплексними водорозчинними добривами в Україні : тези доповідей міжнародної конференції. Рокині, 2008. С. 4-9.

20. Кошіль М. О. Діагностичний підхід до системи удобрення з позакореневими підживленнями комплексними водорозчинними добривами. Шляхи підвищення ефективності позакореневого живлення сільськогосподарських культур комплексними водорозчинними добривами в Україні : тези доповідей міжнародної конференції. Рокині, 2008. С. 35-37.

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

22. Лихочвор В. В., Проць Р. Р. Ячмінь. Львів : Українські технології, 2003. 88 с.

23. Мамєдова Е. І. Формування надземної маси рослин ячменю ярого залежно від технологічних заходів вирощування. Зернові культури. 2018. Т. 2, № 1. С. 61–66. DOI: https://doi.org/10.31867/2523-4544/0008.

24. Januszkiewicz R., Kulczycki G., Samoraj M. Foliar Fertilization of Crop Plants in Polish Agriculture. Agriculture. 2023. Vol. 13, No. 9. Article 1715. DOI: https://doi.org/10.3390/agriculture13091715.

25. Медведєв В. В., Лактіонова Т. М., Донцова Л. В. Просторовий і часовий дефіцити зволоження сільськогосподарських культур на орних землях України. Вісник аграрної науки. 2011. № 3. С. 9–13.

26. Мерленко І. М., Смаль Г. Г., Демчук С. М. Вплив кристалонів на продуктивність сільськогосподарських культур в умовах Волинської області. Шляхи підвищення ефективності позакореневого живлення сільськогосподарських культур комплексними водорозчинними добривами в Україні : тези доповідей міжнародної конференції. Рокині, 2008. С. 39-40.

27. Niu J., Liu C., Huang M., Liu K., Yan D. Effects of Foliar Fertilization: A Review of Current Status and Future Perspectives. Journal of Soil Science and Plant Nutrition. 2021. Vol. 21. P. 104-118. DOI: https://doi.org/10.1007/s42729-020-00346-3.

28. Оничко В. І., Бердін С. І. Реакція сортів ячменю ярого на зміну норм висіву та рівня мінерального живлення в умовах північно-східного Лісостепу України. Вісник Сумського НАУ. 2011. Вип. 11. С. 76–84.

29. 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. № 7. С. 148–158. DOI: https://doi.org/10.32782/naturaljournal.7.2024.16.

30. Пєсковський Г. Час вносити під зернові культури мікродобрива Еколист. Пропозиція. 2008. № 4. С. 68–69.

31. Smilkova M., Smilek J., Kalina M., Klucakova M., Pekar M., Sedlacek P. A Simple Technique for Assessing the Cuticular Diffusion of Humic Acid Biostimulants. Plant Methods. 2019. Vol. 15. Article 83. DOI: https://doi.org/10.1186/s13007-019-0469-x.

32. Полянчиков С. Роль мікродобрив Реаком у підвищенні якості зерна. Пропозиція. 2009. № 5. С. 59.

33. Рожков А. О., Гутянський Р. А. Динаміка формування площі листкової поверхні рослин ячменю ярого залежно від норми висіву та позакореневих підживлень. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2017. № 4. С. 32–37.

34. Рожков А. О., Огурцов Є. М. Рослинництво : навчальний посібник. Харків : Тім Пабліш Груп, 2026. 363 с.

35. Скидан В. О. Особливості технології вирощування пивоварних сортів ярого ячменю в умовах Східної частини Лісостепу України : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Харків, 2008. 20 с.

36. Каталог сорто-гібридного складу зернових та зернобобових культур / Миколаївський національний аграрний університет. Миколаїв, 2024. URL: https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/18125/1/katalog-sorto-gibridnogo-skladu-2024.pdf (дата звернення: 07.10.2026).

37. МІП Вдячний : ячмінь звичайний, ячмінь ярий. ІАС «Аграрії разом». URL: https://m.agrarii-razom.com.ua/culture-variety/mip-vdyachniy (дата звернення: 07.10.2026).

38. Квантум ГУМАТ. Технологія застосування та рекомендовані норми витрати / НВК «Квадрат». URL: https://quantum.ua/funkcionalni-mikrodobriva-napravlenoyi-diyi/kvantum-gumat (дата звернення: 07.10.2026).

39. Каталог продукції QUANTUM 2025 / НВК «Квадрат». Харків, 2025. 103 с. URL: https://quantum.ua/storage/files/Catalog_Quantum_2025.pdf (дата звернення: 07.10.2026).

40. Nowak R., Szczepanek M., Błaszczyk K., Graczyk R. Productivity of Alternative Barley Genotypes under Variable Intraspecific Competition Resulting from Increasing Sowing Density. Agronomy. 2024. Vol. 14, No. 10. Article 2275. DOI: https://doi.org/10.3390/agronomy14102275.

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: https://doi.org/10.3390/agriculture14030505.

42. Canellas L. P., Canellas N. O. A., da S. Irineu L. E. S., Olivares F. L., Piccolo A. Plant Chemical Priming by Humic Acids. Chemical and Biological Technologies in Agriculture. 2020. Vol. 7. Article 12. DOI: https://doi.org/10.1186/s40538-020-00178-4.

# ДОДАТКИ

## Додаток А

## Схема варіантів і правила документування

**Таблиця А.1. Кодування факторних комбінацій**

| Код | Норма, млн/га | Варіант В | Характеристика |
|---|---|---|---|
| A1B1 | 4,0 | I | контроль (обприскування водою) |
| A1B2 | 4,0 | II | Квантум ГУМАТ, 0,6 л/га у ВВСН 30–32 |
| A1B3 | 4,0 | III | Квантум ГУМАТ, 0,6 л/га у ВВСН 39–49 |
| A1B4 | 4,0 | IV | Квантум ГУМАТ, 0,6 + 0,6 л/га у ВВСН 30–32 і 39–49 |
| A2B1 | 4,5 | I | контроль (обприскування водою) |
| A2B2 | 4,5 | II | Квантум ГУМАТ, 0,6 л/га у ВВСН 30–32 |
| A2B3 | 4,5 | III | Квантум ГУМАТ, 0,6 л/га у ВВСН 39–49 |
| A2B4 | 4,5 | IV | Квантум ГУМАТ, 0,6 + 0,6 л/га у ВВСН 30–32 і 39–49 |
| A3B1 | 5,0 | I | контроль (обприскування водою) |
| A3B2 | 5,0 | II | Квантум ГУМАТ, 0,6 л/га у ВВСН 30–32 |
| A3B3 | 5,0 | III | Квантум ГУМАТ, 0,6 л/га у ВВСН 39–49 |
| A3B4 | 5,0 | IV | Квантум ГУМАТ, 0,6 + 0,6 л/га у ВВСН 30–32 і 39–49 |
| A4B1 | 5,5 | I | контроль (обприскування водою) |
| A4B2 | 5,5 | II | Квантум ГУМАТ, 0,6 л/га у ВВСН 30–32 |
| A4B3 | 5,5 | III | Квантум ГУМАТ, 0,6 л/га у ВВСН 39–49 |
| A4B4 | 5,5 | IV | Квантум ГУМАТ, 0,6 + 0,6 л/га у ВВСН 30–32 і 39–49 |

# Додаток Б

## Первинний масив даних урожайності за 2025 р.

### Таблиця Б.1. Урожайність у повтореннях, 2025 р., т/га

| Норма | Варіант B | I повт. | II повт. | III повт. | IV повт. | Сума | Середнє | d |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4,0 | I | 2,38 | 2,41 | 2,30 | 2,38 | 9,47 | 2,37 | – |
| 4,0 | II | 2,51 | 2,49 | 2,37 | 2,42 | 9,79 | 2,45 | +0,08 |
| 4,0 | III | 2,52 | 2,36 | 2,38 | 2,35 | 9,61 | 2,40 | +0,04 |
| 4,0 | IV | 2,55 | 2,47 | 2,56 | 2,53 | 10,11 | 2,53 | +0,16 |
| 4,5 | I | 2,57 | 2,56 | 2,44 | 2,55 | 10,12 | 2,53 | +0,16 |
| 4,5 | II | 2,73 | 2,58 | 2,65 | 2,68 | 10,64 | 2,66 | +0,29 |
| 4,5 | III | 2,60 | 2,62 | 2,54 | 2,47 | 10,23 | 2,56 | +0,19 |
| 4,5 | IV | 2,79 | 2,79 | 2,66 | 2,83 | 11,07 | 2,77 | +0,40 |
| 5,0 | I | 2,60 | 2,76 | 2,60 | 2,57 | 10,53 | 2,63 | +0,27 |
| 5,0 | II | 2,80 | 2,83 | 2,70 | 2,78 | 11,11 | 2,78 | +0,41 |
| 5,0 | III | 2,66 | 2,64 | 2,71 | 2,70 | 10,71 | 2,68 | +0,31 |
| 5,0 | IV | 2,86 | 2,90 | 2,81 | 2,98 | 11,55 | 2,89 | +0,52 |
| 5,5 | I | 2,69 | 2,73 | 2,60 | 2,62 | 10,64 | 2,66 | +0,29 |
| 5,5 | II | 2,81 | 2,81 | 2,73 | 2,86 | 11,21 | 2,80 | +0,44 |
| 5,5 | III | 2,75 | 2,71 | 2,78 | 2,69 | 10,93 | 2,73 | +0,37 |
| 5,5 | IV | 2,91 | 2,96 | 2,84 | 3,02 | 11,73 | 2,93 | +0,57 |

### Таблиця Б.2. Параметри точності та $НІР_{05}$, 2025 р.

| Показник | Значення |
|---|---|
| $НІР_{05}$ головного ефекту A | 0,04 |
| $НІР_{05}$ головного ефекту B | 0,04 |
| $НІР_{05}$ B усередині рівня A | 0,08 |
| CV, % | 2,23 |

# Додаток В

## Первинний масив даних урожайності за 2026 р.

### Таблиця В.1. Урожайність у повтореннях, 2026 р., т/га

| Норма | Варіант B | I повт. | II повт. | III повт. | IV повт. | Сума | Середнє | d |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4,0 | I | 2,13 | 2,23 | 2,25 | 2,24 | 8,85 | 2,21 | – |
| 4,0 | II | 2,30 | 2,18 | 2,27 | 2,36 | 9,11 | 2,28 | +0,06 |
| 4,0 | III | 2,11 | 2,13 | 2,19 | 2,22 | 8,65 | 2,16 | -0,05 |
| 4,0 | IV | 2,28 | 2,36 | 2,42 | 2,25 | 9,31 | 2,33 | +0,11 |
| 4,5 | I | 2,37 | 2,41 | 2,35 | 2,42 | 9,55 | 2,39 | +0,18 |
| 4,5 | II | 2,51 | 2,40 | 2,47 | 2,35 | 9,73 | 2,43 | +0,22 |
| 4,5 | III | 2,42 | 2,47 | 2,49 | 2,41 | 9,79 | 2,45 | +0,24 |
| 4,5 | IV | 2,60 | 2,44 | 2,58 | 2,61 | 10,23 | 2,56 | +0,35 |
| 5,0 | I | 2,44 | 2,44 | 2,55 | 2,52 | 9,95 | 2,49 | +0,27 |
| 5,0 | II | 2,61 | 2,56 | 2,69 | 2,54 | 10,40 | 2,60 | +0,39 |
| 5,0 | III | 2,49 | 2,61 | 2,54 | 2,63 | 10,27 | 2,57 | +0,35 |
| 5,0 | IV | 2,57 | 2,64 | 2,61 | 2,65 | 10,47 | 2,62 | +0,41 |
| 5,5 | I | 2,59 | 2,52 | 2,57 | 2,51 | 10,19 | 2,55 | +0,33 |
| 5,5 | II | 2,63 | 2,75 | 2,63 | 2,62 | 10,63 | 2,66 | +0,44 |
| 5,5 | III | 2,55 | 2,61 | 2,66 | 2,58 | 10,40 | 2,60 | +0,39 |
| 5,5 | IV | 2,70 | 2,80 | 2,70 | 2,57 | 10,77 | 2,69 | +0,48 |

### Таблиця В.2. Параметри точності та $НІР_{05}$, 2026 р.

| Показник | Значення |
|---|---|
| $НІР_{05}$ головного ефекту A | 0,05 |
| $НІР_{05}$ головного ефекту B | 0,04 |
| $НІР_{05}$ B усередині рівня A | 0,09 |
| CV, % | 2,42 |