

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет агрономії
Кафедра агрохімії і ґрунтознавства**

Допущено до захисту

«_____» _____ 2025 р.

Зав. кафедри, к. с.-г. н., доцент

_____ Олена ЧЕРНО

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ступеня вищої освіти магістр**

**ПРОДУКТИВНІСТЬ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО НА ЧОРНОЗЕМІ
ОПІДЗОЛЕНОМУ ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ У
ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ**

Виконав – студент II курсу, групи 23 м-а

спеціальності 201 Агрономія

ЛОЖАЧЕВСЬКИЙ Олексій Олександрович

Керівник СТАСІНЄВИЧ Олександр,

к. с.-г. н., доцент,

Умань – 2025

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1. СТАН І НАПРЯМИ ДОСЛІДЖЕНЬ З УДОБРЕННЯ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ (огляд літератури)	5
1.1. Господарське значення ячменю ярого та біологічні особливості формування врожаю.....	5
1.2. Ґрунтові умови Правобережного Лісостепу та значення чорнозему опідзоленого для реалізації ефекту удобрення.....	6
1.3. Вплив норм і систем удобрення на продуктивність і якість зерна ячменю ярого.....	7
РОЗДІЛ 2. ЯРИЙ ЯЧМІНЬ ЯК ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕНЬ	11
2.1. Народногосподарське значення ячменю ярого	11
2.2. Ботанічна і біологічна характеристика ячменю ярого.....	12
2.3. Характеристика сортів ячменю ярого	14
РОЗДІЛ 3. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	17
3.1. Характеристика ґрунту	17
3.2. Погодні умови проведення досліджень.....	20
3.3. Схема досліду та методика проведення досліджень.....	24
3.4. Агротехніка ячменю ярого в досліді	26
РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	27
4.1. Забезпеченість ґрунту і рослин поживними речовинами залежно від удобрення.....	27
4.1. Вплив норм мінеральних добрив на ріст рослин ячменю.....	30
4.3. Урожайність ячменю залежно від доз мінеральних добрив.....	32
4.4. Окупність мінеральних добрив урожаєм ячменю.....	34
4.5. Якість зерна ячменю ярого залежно від доз мінеральних добрив.....	35
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ПІД ЯЧМІНЬ ЯРИЙ.....	38
РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА	41
6.1. Організація техніки безпеки, виробничої санітарії та гігієни під час робіт у дослідках з ячменем ярим.....	41
6.2. Вплив упровадження рекомендованих заходів на якість продукції та навколишнє природне середовище.....	44
ВИСНОВКИ	47
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	49

ВСТУП

Ячмінь ярий є однією з провідних зернових культур України, що має важливе продовольче, кормове та технологічне значення, а рівень його продуктивності істотно залежить від ґрунтово-кліматичних умов і системи живлення. У зоні Правобережного Лісостепу, де поширені чорноземи опідзолені, актуальним залишається обґрунтування таких норм і співвідношень елементів мінерального живлення, які забезпечують одночасно високу врожайність і раціональне використання добрив у сівозміні [1; 2].

Відомо, що оптимізація мінерального живлення є одним із найефективніших інструментів керування формуванням урожаю: за належної забезпеченості азотом, фосфором і калієм підвищується інтенсивність росту, продуктивність фотосинтезу та реалізація потенціалу сорту. Разом із тим надмірні або незбалансовані дози добрив можуть знижувати економічну віддачу та погіршувати окремі показники якості зерна, що зумовлює потребу точнішого добору норм удобрення саме для умов Правобережного Лісостепу [2; 3].

На чорноземі опідзоленому важливим є врахування не лише планованої врожайності, а й реальної забезпеченості ґрунту рухомими сполуками елементів живлення та особливостей їх засвоєння рослинами. Дослідження, виконані в умовах Правобережного Лісостепу на чорноземі опідзоленому, підтверджують істотну залежність вмісту й винесення N, P₂O₅ і K₂O урожаєм ячменю ярого від доз і поєднань мінеральних добрив у сівозміні, що підкреслює практичну значущість уточнення норм удобрення для конкретних ґрунтових умов [4].

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю підвищення стабільності зерновиробництва в Правобережному Лісостепу та впровадження економічно обґрунтованих систем удобрення ячменю ярого на чорноземі опідзоленому, які забезпечують високий рівень продуктивності за

раціонального використання мінеральних добрив і збереження родючості ґрунту [1; 2].

Мета роботи – обґрунтувати вплив норм мінеральних добрив на продуктивність ячменю ярого, вирощуваного на чорноземі опідзоленому в умовах Правобережного Лісостепу, та визначити оптимальний рівень удобрення за показниками врожайності й господарської ефективності.

Для досягнення мети передбачено розв'язати такі завдання:

1. Оцінити продуктивність ячменю ярого залежно від різних норм NPK на чорноземі опідзоленому.
2. Встановити характер змін елементів продуктивності та формування врожаю за різного рівня удобрення.
3. Порівняти ефективність (агрономічну й економічну) досліджуваних норм добрив і визначити оптимальну.
4. Сформулювати практичні рекомендації виробництву щодо удобрення ячменю ярого для умов Правобережного Лісостепу.

Об'єкт дослідження – посіви ячменю ярого в умовах Правобережного Лісостепу на чорноземі опідзоленому. Предмет дослідження – вплив різних норм мінеральних добрив (NPK) на показники продуктивності ячменю ярого.

У роботі застосовано польові спостереження й обліки, лабораторні визначення та статистичне опрацювання результатів відповідно до загальноприйнятих підходів у агрономічних дослідженнях [3].

Наукова новизна полягає в уточненні реакції ячменю ярого на норми мінеральних добрив у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах Правобережного Лісостепу. Практичне значення — у визначенні оптимального рівня удобрення, що може бути використаний у виробничих умовах для підвищення врожайності та ефективності вирощування ячменю ярого [2; 4].

РОЗДІЛ 1

СТАН І НАПРЯМИ ДОСЛІДЖЕНЬ З УДОБРЕННЯ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ

1.1. Господарське значення ячменю ярого та біологічні особливості формування врожаю

Ячмінь ярий (*Hordeum vulgare* L.) належить до провідних зернофуражних культур України та широко використовується як у кормовиробництві, так і в харчовій та пивоварній промисловості. Його перевагами є відносно короткий вегетаційний період, технологічність вирощування, а також здатність формувати врожай за різних агрофонів, що робить культуру важливою ланкою польових сівозмін Правобережного Лісостепу [3].

Продуктивність ячменю ярого визначається поєднанням генетичного потенціалу сорту й умовами реалізації цього потенціалу у конкретному році, серед яких провідне місце займає рівень мінерального живлення. У сучасних технологіях рослинництва підкреслюється, що система удобрення має узгоджуватися з особливостями ґрунту, попередника та вологозабезпечення, а також із вимогами до якості зерна (зокрема, вмісту білка) [3].

Фізіологічно важливим є те, що ячмінь ярий характеризується інтенсивним споживанням елементів живлення у відносно стислий період онтогенезу. У публікаціях з агрохімії та технологій вирощування зазначається, що критичними фазами щодо забезпечення N, P і K є кущіння—вихід у трубку—колосіння, коли формуються основні елементи структури врожаю (кількість продуктивних стебел, озерненість колоса, маса 1000 зерен) [5; 6].

Азотне живлення, як правило, найбільш помітно впливає на інтенсивність росту, кущіння та формування продуктивного стеблостою, однак ефект азоту значною мірою залежить від фосфорного й калійного фону. Зокрема, у роботах, присвячених оптимізації агротехніки ячменю, підкреслюється, що за недостатньої забезпеченості фосфором реакція на азот

може істотно знижуватися, особливо на ранніх етапах росту, коли коренева система ще слабо розвинена [7].

Фосфор відіграє ключову роль у стартовому рості, енергетичному обміні та закладанні репродуктивних органів, а його дефіцит на ранніх фазах може обмежувати потенціал урожайності навіть за достатнього азотного живлення. В оглядах і статтях з проблем фосфорного живлення наголошується, що значна частина фосфору ґрунту перебуває в малодоступних формах, тому роль добрив і ефективних систем їх застосування залишається визначальною [8].

Калій, своєю чергою, впливає на водний режим, стійкість до вилягання та формування повноцінного зерна. Для ячменю ярого важливе не лише забезпечення К, а й його збалансованість з азотом: надлишкові азотні дози за слабкого калійного фону можуть підвищувати ризик полягання та погіршувати стабільність урожаю за несприятливих погодних умов [9].

Окрему увагу в літературі приділяють фотосинтетичній продуктивності посівів як інтегральному показнику реалізації живлення. Дослідження свідчать, що оптимізація мінерального живлення здатна підвищувати площу листової поверхні, чисту продуктивність фотосинтезу та, як наслідок, накопичення сухої речовини і продуктивність агроценозу [10]. agrovisnyk.com

1.2. Ґрунтові умови Правобережного Лісостепу та значення чорнозему опідзоленого для реалізації ефекту удобрення

У Правобережному Лісостепу значні площі орних земель представлені чорноземами опідзоленими, які характеризуються високим природним потенціалом родючості, але водночас мають певні обмеження, пов'язані з проявами опідзолення, неоднорідністю за вмістом гумусу, реакцією ґрунтового розчину та забезпеченістю рухомими формами елементів живлення. У навчальних і довідкових матеріалах підкреслюється, що опідзолені чорноземи трапляються на добре дренованих вододілах Лісостепу й мають морфологічні ознаки елювіації (опідзолення) в профілі [11].

Для практики удобрення важливим є те, що ефективність NPK-удобрення проявляється не ізольовано, а в системі “грунт—рослина—погода—технологія”. Дослідження, проведені в умовах Правобережного Лісостепу, показують, що тривале застосування різних доз і співвідношень мінеральних добрив у короткоротаційних сівозмінах змінює агрохімічні властивості чорнозему опідзоленого (зокрема, показники забезпеченості елементами живлення), а це впливає на формування продуктивності польових культур [12].

Не менш суттєвим є вплив удобрення на гумусний стан ґрунту. У публікаціях Уманської наукової школи відзначено, що довготривале внесення добрив у польових сівозмінах здатне змінювати якісний склад гумусу чорнозему опідзоленого, що має значення для буферності, поживного режиму та стабільності родючості [13].

У сучасних системах удобрення дедалі більше уваги надають не лише валовим запасам елементів, а й їх доступності для рослин у критичні фази розвитку. Тому обов’язковою складовою наукового обґрунтування норм удобрення є агрохімічна діагностика (визначення рухомих форм Р і К, мінеральних форм N тощо) та оцінка їхніх сезонних коливань у ґрунті [6; 12].

1.3. Вплив норм і систем удобрення на продуктивність і якість зерна ячменю ярого

Узагальнення наукових джерел свідчить, що найстійкіші прибавки врожайності ячменю ярого зазвичай забезпечує повне мінеральне удобрення (NPK) із належною збалансованістю елементів. Водночас оптимальні норми є зонально й ґрунтово-специфічними та залежать від погодних умов року, попередника і рівня окультуреності ґрунту [3; 14].

Дані польових досліджень (у т.ч. у зоні Лісостепу) підтверджують, що азотна складова у складі NPK найчастіше визначає величину врожайної відповіді, оскільки інтенсивно впливає на кущіння та формування продуктивного стеблостою. Разом із тим у спеціальних роботах

наголошується, що ефект азоту зростає на фонах достатнього фосфорного й калійного забезпечення, а за їх дефіциту “азотна віддача” знижується [7; 8].

В експериментах, виконаних на базі Уманського НУ садівництва (чорнозем опідзолений Правобережного Лісостепу), показано, що варіанти з удобренням істотно змінюють засвоєння і винесення N, P і K урожаєм ячменю ярого, що є важливою підставою для розрахунку балансу поживних речовин у сівоzmіні та оцінки довготривалої родючості ґрунту [4; 15].

Окремий напрям досліджень стосується впливу підживлення азотом на показники якості зерна. Показано, що кореневе підживлення мінеральним азотом може підвищувати вміст сирого протеїну та змінювати структурні показники якості корму, але водночас потребує оптимізації доз і строків, щоб не отримати зниження технологічних властивостей або економічної ефективності [16].

Для сучасних технологій є актуальним і позакореневе живлення (мікроелементи, карбамідні підживлення тощо), яке розглядають як інструмент оперативної корекції живлення за стресових погодних умов або при дефіциті окремих елементів. У наукових публікаціях наведено, що позакореневі підживлення можуть позитивно впливати на стан посівів і елементи продуктивності, однак результат значною мірою залежить від фази внесення та погодних умов [17; 18].

Дослідження мікроелементного живлення ярих зернових підкреслюють, що застосування мікроелементів може забезпечувати прирости врожайності й поліпшення фізіологічних процесів, особливо на ґрунтах із проявами дефіцитів або за умов стресу (посуха, різкі коливання температур) [19].

Водночас у практичних рекомендаціях (у т.ч. методичних матеріалах) акцентується, що внесення добрив має бути технологічно обґрунтованим: важливі спосіб і строки внесення, розподіл N між основним внесенням та підживленнями, поєднання з обробітком ґрунту, а також урахування ризику втрат азоту та потенційного полягання [5; 20].

Оцінюючи ефективність систем удобрення, в літературі підкреслюють необхідність переходу від “разових” рішень до системного підходу, який включає: (1) прогнозовану врожайність, (2) агрохімічну діагностику ґрунту, (3) забезпечення балансу елементів у сівозміні, (4) економічну доцільність і (5) екологічні наслідки [2; 12].

Дослідження щодо балансу NPK у ґрунті за різних систем удобрення ячменю (включно з варіантами із залишенням побічної продукції) показують, що за відсутності внесення добрив баланс основних елементів живлення часто є від’ємним, тоді як застосування фосфорних добрив у певних нормах може забезпечувати додатний баланс P, але для N і K це досягається складніше та потребує продуманої системи [21].

Практичний аспект балансу пов’язаний також із винесенням елементів живлення врожаєм і потребою “програмованого повернення” поживних речовин у ґрунт. У методичних і довідкових матеріалах наголошується, що норми удобрення мають узгоджуватися з рівнем вилучення елементів урожаєм та запланованою врожайністю, інакше короткострокова прибавка може супроводжуватися довготривалим зниженням родючості [22; 23].

У контексті довготривалих дослідів важливою є стабільність урожайної відповіді на добрива у різні роки. Публікації, що аналізують багаторічні дані, підтверджують: вплив удобрення може бути статистично значущим і водночас різним за силою прояву залежно від гідротермічних умов року, що особливо актуально для Лісостепу з його міжрічною мінливістю зволоження [24; 25].

Наукові результати з різних регіонів також підтверджують загальну закономірність: збільшення доз NPK підвищує врожайність до певної межі, після чого економічна або агрономічна віддача може знижуватися, а ризики погіршення якості чи підвищених втрат поживних речовин — зростати [26; 27].

Крім того, сучасні підходи до управління фосфорним живленням акцентують на ефективності використання ґрунтового та добривного фосфору

й на тому, що навіть за достатнього N і K фосфор може залишатися лімітуючим фактором урожайності залежно від рівня доступних форм P у ґрунті [28].

У прикладних джерелах (зокрема, матеріалах наукових установ) наведено виробничі узагальнення щодо ефективності добрив під ячмінь ярий залежно від попередника та фону живлення, що може бути використано при формуванні рекомендацій для господарств Правобережного Лісостепу [29].

З урахуванням інтенсивності технологій у низці робіт також аналізують позакореневі підживлення з позицій енергетичної/біоенергетичної ефективності, підкреслюючи, що ефект підживлень найбільш виправданий тоді, коли вони доповнюють (а не замінюють) збалансоване ґрунтове удобрення та виконуються у критичні фази розвитку культури [18; 30].

Загалом літературні джерела дають підстави розглядати систему удобрення ячменю ярого на чорноземі опідзоленому як багатокомпонентне рішення: базове NPK-удобрення (за результатами ґрунтової діагностики) + за потреби підживлення (переважно азотне) + мікроелементи/позакореневі обробки як інструмент корекції за погодних стресів, з обов'язковим контролем економічної доцільності й балансу поживних речовин у сівозміні [2; 3; 12].

РОЗДІЛ 2

ЯРИЙ ЯЧМІНЬ ЯК ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Народногосподарське значення ячменю ярого

Ячмінь ярий належить до багатофункціональних культур — його використовують як фуражну, продовольчу та технічну. Особливо важливе значення він має як основна сировина для пивоваріння. Зерно ячменю характеризується високою поживною цінністю: містить до 76% вуглеводів, близько 12% білка, 7–11% пентозанів, 1,7–2% сахарози, 3,8–5,5% клітковини, 1,6–2% жиру, 2–3% золи, а також ферменти й вітаміни (каротин, вітаміни групи В, D, E). Білки ячменю відзначаються помірною розчинністю та прийнятним амінокислотним складом: у 1 кг зерна міститься близько 3,5 г лізину, 1,7 г триптофану, 2,0 г метіоніну, 1,9 г цистину.

У харчовій промисловості з ячменю виробляють перлову та ячмінну крупи, а борошно інколи додають до пшеничного під час випікання хліба [32].

Для пивоварної галузі найбільш придатними є дворядні сорти з добре виповненим, вирівняним зерном (маса 1000 зерен 40–45 г), зі зниженою плівчастістю (8–10%), підвищеним умістом крохмалю (не менше 62–65%) і невисоким умістом білка (не більше 9–10%).

Окрім солоду та пива, зерно ячменю використовують для виготовлення сурогатів кави й солодових екстрактів, що знаходять застосування у кондитерській, спиртовій та фармацевтичній промисловості. У народній медицині відвари ячмінного зерна вживають як засіб, що сприяє зниженню рівня глюкози при діабеті та проявляє протизапальні властивості при захворюваннях дихальних шляхів і травного тракту. Також застосовують припарки чи ванни із солоду при окремих хворобах шкіри.

З ячменю отримують антибіотичну речовину гордеїн. Як кормова культура ячмінь є високопоживним джерелом енергії та дієтичним компонентом раціонів для різних видів і вікових груп тварин та птиці. Особливо широко його використовують у відгодівлі свиней, оскільки за такої

годівлі сало формується щільне, зернисте, з добрими смаковими якостями. У комбікорми подрібнений ячмінь зазвичай вводять у межах 30–50% (за масою), а для беконної відгодівлі — 60–70%.

За даними вчених [33], 100 кг зерна ячменю відповідають 120 кормовим одиницям. Значну кормову цінність має і солома: 100 кг соломи становлять 36 кормових одиниць. Ячмінь використовують і на зелений корм, який відзначається високим умістом перетравного протеїну — близько 150 г на кормову одиницю.

Нині світові площі посівів ячменю становлять приблизно 72 млн га. Найбільше його вирощують у США (6 млн га), Канаді (5 млн га), Туреччині (3,5 млн га), Індії (3 млн га). В Україні ярий ячмінь займає понад 3,5 млн га: культуру вирощують у всіх природно-кліматичних зонах, проте найбільші площі зосереджені у Степу та Лісостепу.

2.2. Ботанічна і біологічна характеристика ячменю ярого

Культурний ячмінь належить до роду *Hordeum*, який у природі представлений приблизно 30 видами [32]. В Україні найбільш поширені два підвиди ярого ячменю: шестирядний (*Hordeum vulgare*) та дворядний (*Hordeum distichum*), у якого плодоносними є лише середні колоски, тоді як бокові — неплідні.

Культурний ячмінь (*Hordeum sativum*) — однорічна рослина. Під час проростання зерна формується 4–7 зародкових корінців. Стебло — порожниста соломину з 5–7 вузлами, заввишки 50–130 см. Листки відносно широкі, язичок короткий. Важливою діагностичною ознакою є великі вушка, які щільно охоплюють соломину й заходять одне за одне; завдяки цьому на початку вегетації ячмінь легко відрізнити від вівса та пшениці. Суцвіття — колос, стрижень якого складається з прямих члеників; на кожному уступі розміщено по три одноквіткові колоски.

Колоскові луски вузькі, лінійні, переходять у тонкий короткий остюк, а зовнішні квіткові луски формують довгий остюк (шорсткий або гладенький).

Існують також безості форми. У пливчастих різновидів квіткові луски зростаються із зернівкою.

У межах культурного ячменю виділяють три підвиди:

1. Дворядний (*Hordeum distichum*) — на кожному уступі стрижня розвивається лише середній колосок; бокові залишаються безплідними.
2. Багаторядний (*Hordeum vulgare*) — усі колоски плідні; підвид загалом відзначається підвищеною посухостійкістю. За будовою колоса розрізняють правильно шестирядні (шестигранні) та неправильно шестирядні (чотирьохрядні) форми.
3. Проміжний (*Hordeum intermedium*) — у колосі на різних уступах може бути від одного до трьох плідних колосків; поширений обмежено.

Підвиди поділяють на різновиди за сукупністю морфологічних ознак: пливчастість зерна, щільність і забарвлення колоса (жовтий, чорний), тип остюків (гладенькі, зазублені, фуркатні). В Україні найбільші площі займають різновиди нутанс (здебільшого дворядний) і палідум (багаторядний). Для них характерні пливчає жовте зерно та зазублені остюки: у нутанса зерно розміщується у двох рядах, у палідума — у шести. До нутанса належать переважно ярі сорти, а до палідум — озимі та дворучки [33].

За біологічними властивостями ярий ячмінь відносно маловимогливий до тепла: насіння починає проростати вже за 1–2°C, а сходи та молоді рослини витримують приморозки до 3–4°C, інколи — до 7–9°C. Оптимальні умови росту зазвичай складаються при температурі близько 18°C, однак культура доволі добре переносить і спеку, витримуючи підвищення температури до 38–40°C, що пояснює можливість її вирощування у південних регіонах.

Серед зернових культур першої групи ячмінь вважають одним із найпосухостійкіших: транспіраційний коефіцієнт становить близько 403 (коливання 300–450). Для проростання насіння потрібно 45–50% вологи від його маси, тобто менше, ніж у пшениці та вівса. Водночас на початку вегетації коренева система розвивається недостатньо потужно, і рослини гірше

переносять весняну посуху; тому затримка із сівбою може призвести до нерівномірних сходів і зрідження посівів.

Надмірне зволоження ґрунту культура переносить погано: на заболочених, недостатньо пухких ґрунтах із близьким заляганням ґрунтових вод урожайність різко знижується. Так само ячмінь слабо росте на легких піщаних ґрунтах і сильно пригнічується на кислих торфовищах (при рН 6) [32]. Біологічною особливістю є й висока чутливість до елементів живлення, що пов'язують із високими темпами росту та відносно слабким розвитком кореневої системи.

Ячмінь — рослина довгого дня і серед зернових належить до найбільш скоростиглих культур: окремі сорти досягають за 75 днів. Тому його можна вирощувати й у північніших районах. У південних та південно-західних регіонах, де світловий день коротший, тривалість вегетації збільшується до 105–115 днів.

Культура є переважно самоzapильною: цвітіння та запилення здебільшого відбуваються ще до виходу колоса, хоча голозерні та рихлоколосі плівчасті форми можуть проявляти схильність до відкритого цвітіння. Налив і досягання зерна триває в середньому 20–25 днів. Запізнення зі збиранням підвищує втрати через ламкість стебла і колоса та погіршує якість зерна [32].

2.3. Характеристика сортів ячменю ярого

Характеристика сорту ячменю ярого Кріссі

Оригіратором сорту ячменю ярого KWS Кріссі (KWS Krissi) є компанія KWS; у ряді описів сорту уточнюється як KWS Lochow GmbH (Німеччина).

Кріссі – сучасний високопродуктивний сорт ячменю ярого дворядного типу, який належить до інтенсивних сортів універсального напрямку використання. Рекомендований для вирощування в умовах Лісостепу та Степу України, зокрема на родючих ґрунтах типу чорнозему опідзоленого, за умови дотримання оптимальної агротехніки та збалансованого удобрення.

Сорт характеризується середньораннім строком досягання. Вегетаційний період залежно від погодних умов становить у середньому 75–90 діб, що дає змогу уникати негативного впливу пізньовесняних і ранньолітніх посух та ефективно використовувати запаси ґрунтової вологи.

Рослини сорту Кріссі формують міцне, добре виповнене стебло середньої висоти, що зумовлює підвищену стійкість до вилягання навіть за умов інтенсивного мінерального живлення. Колос дворядний, циліндричної форми, середньої щільності, з добре вирівняним зерном. Остюки довгі, еластичні, міцно прикріплені до колоса.

Зерно крупне, плівчасте, жовтого забарвлення, з високими показниками вирівняності. Маса 1000 зерен зазвичай становить 42–48 г, що є важливою ознакою високої технологічної якості. Сорт характеризується помірним умістом білка та підвищеним умістом крохмалю, завдяки чому придатний як для фуражного використання, так і для солодової переробки за дотримання відповідних технологічних вимог.

Кріссі відзначається доброю адаптивною здатністю до ґрунтово-кліматичних умов Правобережного Лісостепу, характеризується достатньою посухостійкістю та стійкістю до короткочасних високих температур у період трубкування–колосіння. Сорт має підвищену толерантність до основних хвороб ячменю, зокрема до борошнистої роси та гельмінтоспоріозу, що знижує потребу в інтенсивному фунгіцидному захисті.

У виробничих і дослідних умовах сорт Кріссі формує стабільно високий рівень урожайності, добре реагує на внесення мінеральних добрив і є придатним для використання в дослідженнях, спрямованих на оцінку впливу різних систем удобрення на продуктивність ячменю ярого.

Характеристика сорту ячменю ярого Фламенко (LG Flamenco)

ЛГ Фламенко (LG Flamenco) — сучасний сорт ячменю ярого дворядного типу, орієнтований на інтенсивні технології вирощування та отримання стабільних урожаїв у виробничих умовах.

Господарське призначення. Сорт позиціонується як придатний для зернового використання; у наукових публікаціях, присвячених технологічній оцінці, LG Flamenco розглядають у контексті солодової/пивоварної якості (за оптимального протеїну в зерні отримували високий вміст екстракту в солоді).

Стиглість і морфологічні ознаки. За наведеними реєстраційними/довідковими даними, сорт внесено до реєстру в Україні у 2022 році, орієнтовна тривалість вегетації — близько 81 доби, рослини відносно низькорослі (прибл. 58–60 см), що є важливою передумовою кращої стійкості посівів до вилягання за підвищеного азотного живлення.

Агрономічні властивості. У матеріалах компанії LG Seeds наголошується на дворядному типі колоса, належності до певної групи стиглості та толерантності до хвороб, а також рекомендованій зональності вирощування (центрально-західна частина України).

Практичні акценти для технології. ЛГ Фламенко доцільно вирощувати на вирівняних за родючістю полях, з контролем азотного живлення (щоб уникати надмірного підвищення білка, якщо мета — солодові кондиції) та за стандартного захисту від комплексу листових хвороб відповідно до фітосанітарного стану року. Узагальнений підхід до селекції та лінійки ячменю Limagrain з акцентом на толерантність до біотичних стресів наведено на рівні компанії-розробника.

РОЗДІЛ 3.

УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Характеристика ґрунту

Дослідну роботу щодо оцінювання дії різних норм мінеральних добрив під ячмінь ярий виконували на чорноземі опідзоленому, який у структурі землекористування господарства займає 75,2% площі.

Чорноземні ґрунти належать до відносно молодих: їх формування відбувалося у післяльодовиковий час і тривало орієнтовно 10–12 тис. років [45]. У верхній частині профілю гумусові сполуки мають вік близько 1 тис. років, тоді як у глибших шарах — до 7–8 тис. років.

У межах ареалу чорноземів складаються сприятливі гідротермічні умови для розкладання органічних решток і перебігу гуміфікації. Навесні та у першій половині літа, коли в орному шарі ще достатньо вологи і температурний режим є оптимальним, інтенсивно розкладається органічна маса, сформована попереднього року. Улітку за поєднання високих температур із дефіцитом ґрунтової вологи активність мікробіологічних процесів знижується, а мінералізація сповільнюється або тимчасово припиняється. Саме в цей період із продуктів напіврозпаду синтезуються високомолекулярні сполуки, відбуваються їх конденсація та полімеризація.

Восени, коли вологість ґрунту зростає, біологічна активність знову посилюється, однак триває лише до настання стійкого похолодання. У зимовий період спостерігається денатурація гумусних речовин, які вступають у тісні зв'язки з мінеральною частиною ґрунту. Паралельно відбувається накопичення біофільних елементів — азоту, фосфору, сірки, кальцію, заліза, марганцю та інших макро- і мікроелементів.

Важливим чинником профільних перетворень є міграція карбонатів, яка визначається водним, тепловим і повітряним режимами. Улітку під час випаровування вологи з нижніх горизонтів до поверхні піднімається розчин, збагачений гідрокарбонатами кальцію $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. У цей час активізуються

окисні процеси, середовище насичується вуглекислим газом, який частково розчиняє навіть CaCO_3 , переводячи його у розчинний стан. Якщо ранньою весною спостерігається промивання талою водою і певна частина $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ вимивається вниз, то її обсяг зазвичай менший за кількість, що накопичується в літній період.

За дернового ґрунтоутворення формується одна з найцінніших для чорноземів ознак — крупнозерниста структура. Її поява зумовлена накопиченням гумусу, клейких органічних речовин та нейтральною реакцією середовища, а також дією тонких коренів трав, мікроорганізмів, комах, дощових черв'яків і ґрунтових тварин, які розпушують масу, перемішують її та збагачують продуктами життєдіяльності.

Чорноземи опідзолені за сукупністю властивостей займають проміжне положення між темно-сірими лісовими ґрунтами та типовими чорноземами. Вважають, що вони сформувалися під трав'янистою рослинністю в умовах помірно-континентального клімату за непромивного типу водного режиму на карбонатних лесах. Водночас певний час ці ґрунти перебували під лісовим покривом, унаслідок чого з'явилися ознаки слабого опідзолення — зокрема ілювіальні горизонти. У профілі чітко простежуються риси як дернового, так і підзолистого процесів: глибока та рівномірна гумусованість, сліди діяльності землерийів до 2 м, виражений елювіальний горизонт із крем'ярковою присипкою в нижній частині, горіхувата структура ілювіального горизонту та наявність слідів коренів деревної рослинності. Карбонати вимиті на глибину понад 110 см.

Для опідзолених чорноземів характерне поєднання ознак типових чорноземів і темно-сірих опідзолених ґрунтів. У них спостерігається профільна диференціація, властива сірим лісовим ґрунтам: добре помітні елювіальний та ілювіальний горизонти, білувата крем'янка присипка в гумусному шарі, ущільнення середньої частини профілю та глибока вилугуваність карбонатів.

Загалом чорноземи опідзолені відзначаються високою родючістю і є ґрунтами універсального призначення. Вони добре акумулюють воду, поступово й рівномірно забезпечують нею рослини, придатні під більшість сільськогосподарських культур. Їхній загальний бонітет становить 66–80 балів.

Морфологічні ознаки чорнозему опідзоленого:

He (0–43 см) — гумусово-акумулятивний, слабо елювіований горизонт темно-сірого (майже чорного) забарвлення; добре виражений і рівномірно гумусований. Орний шар **0–27 см** має розпилено-грудкувату будову, у межах **27–43 см** переважає зернисто-горіхувата структура. Ґрунт міцний, крупнопиловато-важкосуглинковий, щільний і вологий; добре пронизаний ходами, на агрегатах помітна присипка **SiO₂**. Перехід до наступного горизонту поступовий.

Нрі (44–71 см) — верхній перехідний, слабкоелювіальний шар, гумусу містить менше; забарвлення буровато-сіре; структура зернисто-горіхувата. За гранулометричним складом важкосуглинок, щільний і вологий; відзначається значною кількістю коренів трав, наявні червоточини та капроліти. Помітні плями ґрунтоутворювальної породи, на агрегатах є натіки півтораокислів; межа з нижчим горизонтом помітна.

PhI (72–105 см) — нижній перехідний горизонт, слабогумусований і слабкоілювіований; колір сірувато-бурий; структура крупногоріхувата. Важкосуглинковий, щільний, вологий; трапляються червоточини та капроліти. На структурних окремостях спостерігаються колоїди півтораокислів у вигляді «лакової» помазки. Перехід до нижчого шару фіксується зміною забарвлення.

P₁(h) (106–136 см) — порода слабкоілювіована, бурувато-палевого відтінку; структура грудочкувато-призматична. Масив щільний і вологий; видно включення гумусу та колоїдів. У нижній частині з'являються карбонати. Межа виражена чітко.

Рк (136–200 см) — материнська порода: карбонатний лес жовто-палевого кольору, важкосуглинковий, із призматичною структурою; неущільнений. Карбонати трапляються у формі прожилок, «цвілі» та трубочок.

3.2. Погодні умови проведення досліджень

Клімат Правобережного Лісостепу України належить до помірно континентального типу: літо тут переважно тепле, а зима — помірно холодна. Річна сума атмосферних опадів у середньому становить 586 мм, причому 65–70% їх припадає на теплий сезон. Середньорічна температура повітря коливається в межах +8,5...+9,5 °С, тоді як упродовж вегетації середні значення зазвичай становлять +16...+18 °С.

Для ячменю ярого ключовими є метеорологічні умови квітня–червня, адже саме в цей проміжок проходять найвідповідальніші етапи онтогенезу: поява сходів, кущення, вихід у трубку та формування генеративних органів. Загалом погодні характеристики року досліджень (рис. 1–3) відповідали типовим для регіону, що дало змогу об’єктивно оцінити вплив позакореневого підживлення марганцем на ріст і продуктивність культури. Коливання температури та розподіл опадів у критичні фази розвитку в цілому сформували умови, достатні для закладання врожаю.

Веgetаційний період 2025 року вирізнявся нерівномірністю зволоження, що чітко відображено на графіку місячних сум опадів порівняно з багаторічними показниками. Посів ячменю ярого, як правило, проводять наприкінці березня — на початку квітня. У березні 2025 р. випало лише 12,5 мм опадів, тобто майже утричі менше від норми (36 мм). Нестача вологи погіршувала зволоження верхнього шару ґрунту, який є вирішальним для набубнявіння й проростання насіння (рис. 1).

У квітні сума опадів становила 26,9 мм, що також не досягало середньобагаторічного рівня (41 мм). Отже, під час формування сходів ячмінь ярий розвивався за умов помірного водного дефіциту, що потенційно могло

зумовлювати зниження польової схожості, неоднорідність появи рослин та ослаблення первинної кореневої системи. Водночас відсутність перезволоження сприяла кращому аераційному режиму орного шару та активізації мікробіологічних процесів.

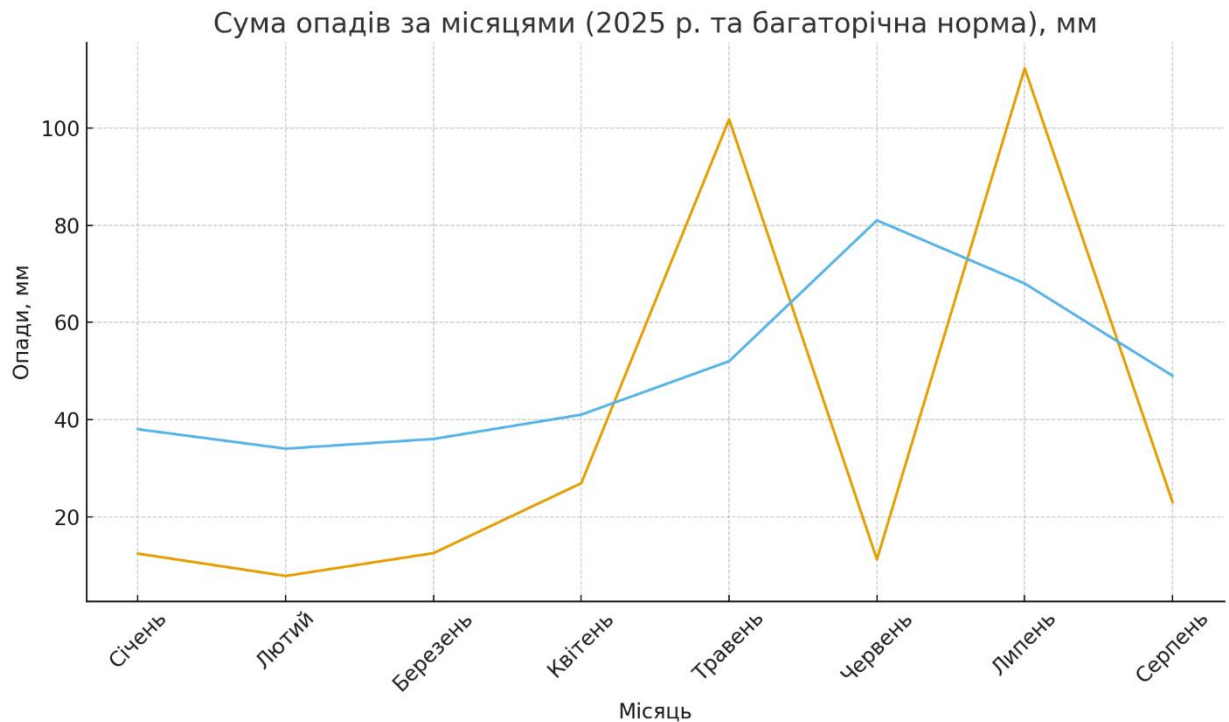


Рис. 1 Сума опадів за даними метеостанції Умань, мм

Фаза куцання має визначальне значення для майбутньої врожайності, оскільки саме тоді закладається кількість продуктивних стебел. У травні 2025 р. зафіксовано 101,8 мм опадів — майже вдвічі більше за норму (52 мм). Таке зволоження стимулювало ріст вторинних пагонів, формування вузлових коренів і посилювало засвоєння елементів мінерального живлення. В окремі декади надлишок опадів міг призводити до тимчасового перезволоження орного шару, ризику ущільнення, нестачі кисню в ризосфері та зниження активності ґрунтової мікрофлори. Проте в цілому травневі умови були сприятливими для інтенсивного куцання й закладання потенціалу продуктивного стеблостою.

Червень є критичним щодо формування колоса, кількості квіток і потенційної озерненості. У 2025 р. в червні випало лише 11,2 мм опадів, що є

надзвичайно низьким показником порівняно з нормою 81 мм. Різка нестача вологи у фазі виходу в трубку могла негативно відбитися на диференціації квіткових зачатків, довжині колоса та потенційній кількості зерен.

Саме в цей період здійснювали позакореневе внесення марганцю, яке за дефіциту ґрунтової вологи набуває особливої ваги: мікроелемент швидко надходить через листову поверхню, підтримує фотосинтетичні процеси та сприяє підвищенню стійкості рослин до абіотичного стресу.

Липень 2025 р. відзначився дуже високою кількістю опадів — 112,3 мм, що істотно перевищило норму (68 мм). Такі умови загалом сприяли наливу зерна: поліпшували транспорт асимілянтів до зернівки, формували передумови для зростання маси 1000 зерен і накопичення крохмалю. Разом із тим надмірне зволоження за підвищених температур могло підвищувати ризик розвитку грибних хвороб, зменшувати фотосинтетичну активність за тривалої хмарності та частково провокувати вилягання. Попри це, для виповненості зернівки липневі опади переважно мали позитивний ефект.

Отже, водний режим 2025 року був контрастним: дефіцит вологи спостерігався навесні та особливо в червні, тоді як у травні й липні переважало надлишкове зволоження. Така мінливість могла обмежувати реалізацію генетичного потенціалу культури в період формування генеративних органів. Водночас рясні опади в фазі наливу частково компенсували негативний вплив посушливих відрізків, забезпечивши формування достатньої маси зернівки. За подібних умов позакореневі підживлення марганцем є агрономічно виправданими, оскільки дозволяють оперативно коригувати мінеральне живлення, підвищувати стійкість до стресів і підтримувати процеси фотосинтезу та наливу.

У березні 2025 р. середньомісячна температура становила 6,7 °С, що на 4,2 °С вище багаторічної норми (2,5 °С). Раннє й стійке потепління прискорило досягнення ґрунтом фізичної стиглості, дало змогу проводити сівбу у ранні строки та активізувало мікробіологічні процеси. За наявності вологи у

верхньому шарі такі температури сприяли дружному проростанню й появі сходів.

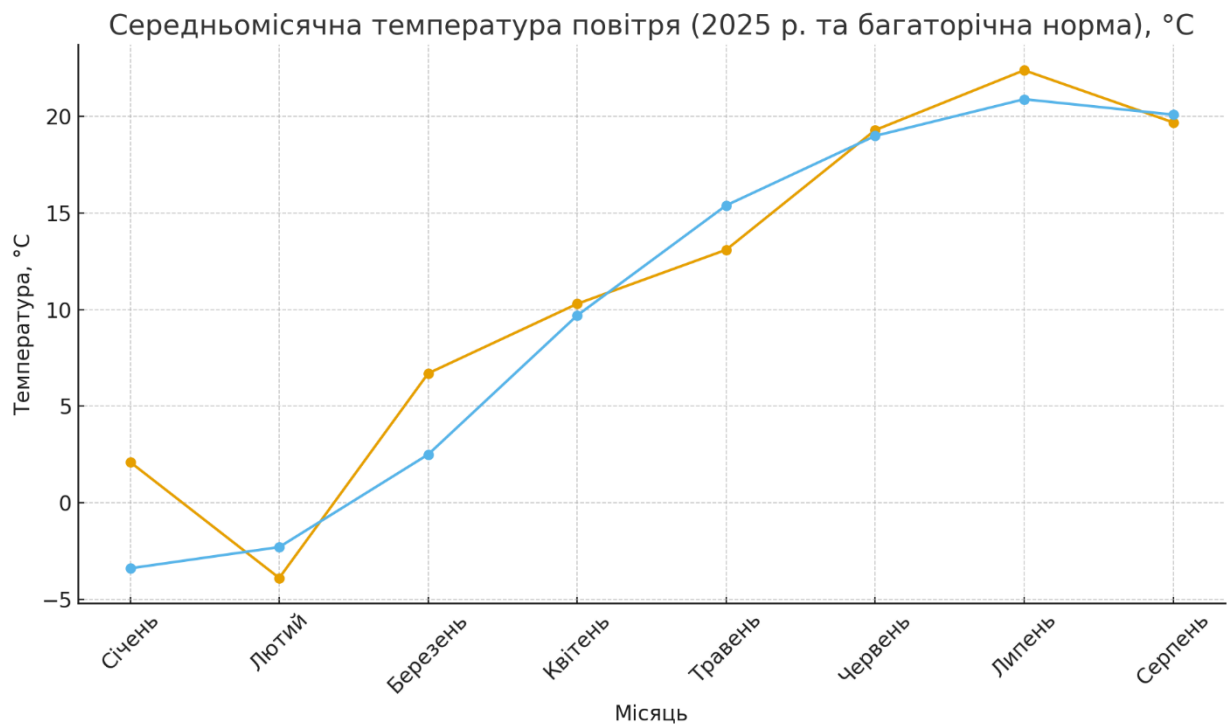


Рис. 2 Середньомісячна температура повітря за даними метеостанції Умань, °C

У квітні середня температура дорівнювала 10,3 °C, дещо перевищуючи норму (9,7 °C). Цей режим є загалом сприятливим для формування кореневої системи й стартового розвитку рослин; інтенсивність фотосинтезу підтримувалась на рівні, достатньому для наростання листкової поверхні.

У травні зафіксовано зниження середньомісячної температури до 13,1 °C за багаторічної норми 15,4 °C, тобто спостерігався дефіцит –2,3 °C. Це могло дещо стримувати темпи куцання, проте у поєднанні з достатнім зволоженням створювало умови для розвитку потужної кореневої системи та формування продуктивного стеблостою.

У червні середня температура становила 19,3 °C, практично відповідаючи нормі (19,0 °C). Такий фон близький до оптимального для проходження фаз виходу в трубку, формування колоса та цвітіння, отже

температурні умови червня загалом сприяли реалізації потенціалу озерненості.

Липень характеризувався підвищеним тепловим режимом: середньомісячна температура досягла 22,4 °С, що на 1,5 °С вище норми (20,9 °С). Подібні умови за достатньої вологи є сприятливими для наливу зерна, тому температурний фон липня загалом сприяв формуванню виповненої, повноцінної зернівки.

Таким чином, поєднання опадів і температури у 2025 році можна оцінити як переважно придатне для формування врожайності ячменю ярого.

3.3. Схема досліду і методика проведення досліджень

Застосування добрив у сучасному землеробстві повинно ґрунтуватися на нормативах, які б давали змогу ефективно управляти мінеральним живленням рослин, визначати оптимальні дози добрив і розрахунки потреби сільського господарства в добривах на розширене відтворення ґрунтової родючості і одержання запланованого високоякісного врожаю.

Дослідження проводяться в 10-ти пільній польовій сівозміні зерно-буякового типу, висівали ячмінь ярий таких сортів: Кріссі і Фламенко.

Схема досліду

1. Контроль без добрив
2. NPK по 30 кг/га
3. NPK по 45 кг/га
4. NPK по 60 кг/га
5. NPK по 75 кг/га

Розмір дослідної ділянки 140 м², облікова площа 100 м². Форма – прямокутна. Розміщення ділянок трьохярусне, повторність – трьохкратна.

Добрива на дослідних ділянках вносились вручну у вигляді аміачної селітри, суперфосфату гранульованого і калію хлористого в розрахункових дозах рано навесні під передпосівну культивацію.

В процесі досліджень за рослинами проводили фенологічні спостереження, вимірювання та лабораторні аналізи. Проводились також аналізи ґрунту при сівбі ячменю і при його збиранні.

Розміщення ділянок

1	2	3	4	5
3	4	5	1	2
5	1	2	3	4

У відібраних, згідно програми досліджень, зразках ґрунту визначали:

– вміст гумусу – за методом Тюріна в модифікації Нікітіна (ГОСТ 26213–91);

– вміст лужногідролізованого азоту – за методом Корнфілда;

– вміст у ґрунті рухомих сполук фосфору і калію – за методом Чирікова в модифікації ЦІНАО – ГОСТ 26204–91;

– водневий показник (рН) сольової витяжки ґрунту – у водній суспензії та в 0,1 М розчині хлориду калію за допомогою стандартного електрода за ГОСТ 26484–85;

Появу сходів визначали підрахунком кількості рослин на 1 м² в 3-х кратній повторності на кожній ділянці і виводили середнє;

– Кількість продуктивних стебел – підрахунком під час колосіння ячменю;

– Ріст рослин у висоту вимірювали у фазі колосіння мірною лінійкою;

– Довжину колоса – мірною лінійкою.

– Кількість зерен в колосі – підрахунком з 10 рослин;

– Масу зерна з колоса, 1000 зерен – зважуванням на технічних вагах;

– Вміст сирого протеїну визначали за вмістом загального азоту і множенням на коефіцієнт 5,7;

- Урожайність визначали при суцільному обмолоті кожної ділянки окремо комбайном, зважуванням зерна і виводили середнє;
- Економічну ефективність добрив визначали розрахунково-аналітичним методом за технологічною картою.

3.4. Агротехніка ячменю ярого в досліді

В нашому досліді за сівозміною ячмінь розміщується після цукрових буряків, під які вносять по 40 т/га гною і по 90 кг NPK. Після збирання цукрових буряків проводять зяблеву оранку на глибину 22–25 см.

Весняний обробіток ґрунту під ячмінь складається з ранньовесняного дворазового боронування важкими боронами і культивації на глибину загортання насіння – 6–8 см. Починали весняний обробіток при настанні його фізичної спілості.

Одночасно з культивацією і боронуванням вносили мінеральні добрива у формі аміачної селітри, суперфосфату гранульованого та калію хлористого.

Сіяли ячмінь відсортованим, очищеним, кондиційним насінням високих репродукцій. Перед сівбою насіння протруювали вітаваксом (3–3,5 кг/т) із застосуванням плівкоутворювачів ПВС (0,5 кг/т). Спосіб сівби звичайний рядковий з міжряддям 15 см. Створюємо постійні технологічні колії, перекриваючи висівні апарати сошників у середній сівалці СЗ–4,0.

Норма висіву ячменю залежить від погодних умов, стану ґрунту, способу сівби, якості насіння та інших факторів. В середньому норма висіву складає 4,5 млн. зерен на 1 га або 160 кг/га.

Глибина загортання насіння ячменю становить 4–5 см. Для підвищення польової схожості і дружнього проростання насіння проводимо післяпосівне коткування посівів кільчасто-шпоровими котками ЗККШ–6.

У період вегетації посіви обприскували проти хвороб та шкідників згідно загально прийнятих рекомендацій щодо вирощування ячменю ярого.

Збираємо ячмінь у фазі повної стиглості прямим комбайнуванням при вологості зерна 15–18%.

РОЗДІЛ 4

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Забезпеченість ґрунту і рослин поживними речовинами залежно від удобрення

Забезпеченість ґрунту рухомими сполуками фосфору та калію на момент сівби є одним із ключових чинників формування дружних сходів, розвитку кореневої системи та стартових темпів росту ячменю ярого. Тому оцінка вмісту P_2O_5 і K_2O за різних норм мінерального удобрення дає змогу обґрунтувати ефективність застосованих доз і їхній вплив на поживний режим ґрунту. Про вплив добрив на вміст рухомих форм фосфору і калію в орному шарі ґрунту під час сівби свідчать дані, наведені в таблиці 1.

Таблиця 1.

**Вміст P_2O_5 і K_2O під час сівби ячменю залежно від удобрення, мг/кг
(2025р.)**

Варіанти	P_2O_5	Забезпеченість	K_2O	Забезпеченість
Контроль	86	середня	70	середня
$N_{30}P_{30}K_{30}$	96	середня	80	середня
$N_{45}P_{45}K_{45}$	101	підвищена	80	підвищена
$N_{60}P_{60}K_{60}$	106	підвищена	90	підвищена
$N_{75}P_{75}K_{75}$	111	підвищена	95	підвищена

Дані таблиці характеризують вміст P_2O_5 і K_2O в ґрунті під час сівби ячменю ярого у 2025 році залежно від норми внесених добрив. На контрольному варіанті без удобрення вміст рухомого фосфору становив 86 мг/кг, а калію — 70 мг/кг, що відповідало середньому рівню забезпеченості за обома елементами. Внесення мінімальної дози $N_{30}P_{30}K_{30}$ спричинило підвищення вмісту P_2O_5 до 96 мг/кг, а K_2O — до 80 мг/кг; при цьому оцінка забезпеченості залишалася **середньою**, що вказує на помірний вплив невеликої норми добрив на запас доступних форм фосфору й калію в орному шарі.

Зі збільшенням норми удобрення до $N_{45}P_{45}K_{45}$ вміст P_2O_5 зріс до 101 мг/кг, а K_2O утримувався на рівні 80 мг/кг. Важливо, що саме з цього варіанта забезпеченість ґрунту обома елементами оцінювалася як підвищена, тобто відбувся перехід від середнього до вищого рівня поживного режиму. Подальше підвищення дози до $N_{60}P_{60}K_{60}$ забезпечило зростання P_2O_5 до 106 мг/кг і K_2O до 90 мг/кг, що також відповідало підвищеній забезпеченості. Максимальні значення зафіксовано за внесення $N_{75}P_{75}K_{75}$: вміст рухомого фосфору досяг 111 мг/кг, а калію — 95 мг/кг, при збереженні підвищеної оцінки забезпеченості.

У цілому простежується чітка тенденція: із наростанням норм NPK збільшується концентрація доступних форм фосфору і калію в ґрунті. Приріст P_2O_5 відносно контролю становив від +10 мг/кг ($N_{30}P_{30}K_{30}$) до +25 мг/кг ($N_{75}P_{75}K_{75}$), тоді як для K_2O — від +10 до +25 мг/кг відповідно. Це свідчить, що застосування підвищених доз добрив (починаючи з $N_{45}P_{45}K_{45}$) формує більш сприятливий запас доступних P_2O_5 і K_2O на старті вегетації, що є важливою передумовою для кращого укорінення рослин, активнішого кушення та подальшої реалізації продуктивного потенціалу ячменю ярого.

Азот є провідним елементом мінерального живлення ячменю ярого, який визначає інтенсивність ростових процесів, формування листкової поверхні та продуктивного стеблостою. Особливо важливою є забезпеченість рослин азотом у фазі виходу в трубку, коли відбувається активний ріст надземної маси та закладаються передумови формування колоса і майбутньої врожайності.

Наведені в таблиці 2 дані відображають рівень забезпеченості ячменю ярого азотом у фазі трубкування залежно від норм мінерального удобрення у 2025 році. На контрольному варіанті без внесення добрив азотне живлення рослин оцінювалося як низьке, що відповідало 2 балам. Аналогічний рівень забезпеченості зафіксовано і за застосування мінімальної дози $N_{30}P_{30}K_{30}$, що свідчить про недостатність цієї норми азоту для повного покриття потреб культури в критичний період росту.

Дані про забезпеченість ячменю азотом в період трубкування залежно від норм удобрення наведені в таблиці 2.

Таблиця 2.

**Забезпеченість ячменю азотом у фазі трубкування залежно від
удобрення (2025 р.)**

Варіанти досліду	Забезпеченість	Бал
Контроль	низька	2
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	низька	2
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	середня	3
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	підвищена	4
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	підвищена	4

Підвищення норми удобрення до N₄₅P₄₅K₄₅ забезпечило покращення азотного режиму рослин: забезпеченість ячменю азотом зросла до середнього рівня, що відповідало 3 балам. Це вказує на більш сприятливі умови для розвитку листкового апарату та підтримання активних процесів асиміляції у фазі трубкування.

За внесення вищих доз мінеральних добрив — N₆₀P₆₀K₆₀ та N₇₅P₇₅K₇₅ — забезпеченість рослин азотом оцінювалася як підвищена (4 бали). За таких умов створювалися оптимальні передумови для інтенсивного росту стебел, формування добре розвиненого листкового апарату та повнішої реалізації потенціалу продуктивності культури. Водночас відсутність подальшого зростання бальної оцінки між варіантами N₆₀ і N₇₅ свідчить про наближення азотного живлення до оптимального рівня, за якого додаткове підвищення дози не призводило до істотного покращення забезпеченості.

Узагальнюючи, результати таблиці демонструють чітку залежність між нормою азотного удобрення та рівнем азотного живлення ячменю ярого у фазі трубкування. Недостатня забезпеченість азотом на контролі та за мінімальної дози N₃₀P₃₀K₃₀ могла обмежувати інтенсивність росту і формування

продуктивного стеблостою, тоді як застосування норм $N_{45}-N_{75}$ забезпечувало середній і підвищений рівні азотного живлення, що є необхідною умовою для формування високої врожайності ячменю ярого.

4.2. Вплив норм мінеральних добрив на ріст рослин ячменю

Структура врожаю ячменю ярого формується під впливом умов мінерального живлення і відображає здатність культури реалізовувати біологічний потенціал у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах. Основними її елементами є висота рослин, продуктивне кущіння, кількість продуктивних пагонів, морфологічні показники колоса та маса зернівки. Аналіз цих показників дає змогу оцінити ефективність різних норм мінеральних добрив (табл. 3).

Таблиця 3

Вплив норм мінеральних добрив на структуру врожаю сортів ячменю ярого

Показники	Варіанти дослідів				
	Контроль	$N_{30}P_{30}K_{30}$	$N_{45}P_{45}K_{45}$	$N_{60}P_{60}K_{60}$	$N_{75}P_{75}K_{75}$
Висота рослин	75	77	77	81	81
	79	82	84	84	86
Коефіцієнт продуктивного кущіння	1,3	1,35	1,42	1,47	1,48
	1,4	1,46	1,51	1,52	1,52
К-ть продуктивних пагонів, шт./м"	467	482	504	517	520
	480	495	515	517	525
Довжина колоса, см	6,7	6,8	6,85	6,93	7,1
	7,0	7,2	7,2	7,27	7,4
К-ть зерен у колосі, шт.	19,8	21,3	21,6	22,0	22,2
	21,0	21,0	21,9	22,7	22,8
Маса 1000 зерен, г	45,20	45,5	45,7	46,0	46,2
	51,5	51,7	52,1	52,3	52,3

Примітка: над рисою – Кріссі, під рисою – Фламенко

Загалом простежується чітка тенденція до покращення більшості показників зі зростанням норм NPK. Висота рослин на контрольному варіанті

становила 75–79 см, тоді як застосування добрив сприяло її збільшенню. За норм $N_{60}P_{60}K_{60}$ і $N_{75}P_{75}K_{75}$ рослини досягали 81–86 см, що свідчить про інтенсифікацію ростових процесів за умов кращого мінерального живлення. Водночас надмірного витягування стебел не спостерігалось, що є позитивною ознакою з огляду на стійкість до вилягання.

Коефіцієнт продуктивного кушіння на контролі коливався в межах 1,3–1,4. Із підвищенням доз добрив цей показник поступово зростав і на варіантах $N_{60}P_{60}K_{60}$ та $N_{75}P_{75}K_{75}$ досягав 1,47–1,52. Це вказує на активніше формування продуктивних пагонів і краще використання потенціалу кушіння за оптимального азотного живлення.

Аналогічна закономірність простежується і щодо кількості продуктивних пагонів на 1 м². На контрольному варіанті їх налічувалося 467–480 шт./м², тоді як за внесення підвищених норм добрив цей показник зростав до 517–525 шт./м². Збільшення густоти продуктивного стеблостою є одним із ключових чинників підвищення врожайності ячменю ярого.

Показники довжини колоса також реагували на рівень удобрення. На контролі вони становили 6,7–7,0 см, а за максимальних норм NPK зростали до 7,1–7,4 см. Подовження колоса супроводжувалося збільшенням кількості зерен у колосі: з 19,8–21,0 шт. на контролі до 22,2–22,8 шт. на варіантах $N_{60}P_{60}K_{60}$ і $N_{75}P_{75}K_{75}$. Це свідчить про поліпшення умов формування генеративних органів за достатнього забезпечення елементами живлення.

Маса 1000 зерен на неудобреному фоні становила 45,2–51,5 г. Із підвищенням норм мінеральних добрив вона поступово зростала і на варіантах із найбільшими дозами досягала 46,2–52,3 г. Це вказує на кращу виповненість зернівки та інтенсивніший налив зерна за оптимізованого поживного режиму.

У цілому результати таблиці свідчать, що застосування мінеральних добрив позитивно впливає на всі основні елементи структури врожаю ячменю ярого. Найбільш виражений ефект спостерігається за норм $N_{60}P_{60}K_{60}$ і $N_{75}P_{75}K_{75}$, які забезпечували формування високого продуктивного стеблостою, більших колосів і добре

виповненого зерна, що створювало передумови для отримання підвищеної врожайності.

4.2. Урожайність ячменю залежно від доз мінеральних добрив

Урожайність ячменю залежить від багатьох факторів, головними з яких є кількість рослин на одиниці площі, їх продуктивність, сприятливі погодні умови, якість насіння, рівень агротехніки, удобрення тощо.

Дані таблиці 4 характеризують урожайність сортів ячменю ярого Кріссі та Фламенко залежно від норм мінеральних добрив у 2025 році. На контрольному варіанті без внесення добрив урожайність сорту Кріссі становила 25,0 ц/га, тоді як сорт Фламенко сформував значно вищий показник — 41,0 ц/га, що свідчить про його більший початковий продуктивний потенціал за умов обмеженого мінерального живлення.

Таблиця 4

Урожайність ячменю залежно від норм мінеральних добрив, ц/га

Варіанти дослідів	Сорт			
	Кріссі	± до контролю	Фламенко	± до контролю
Контроль	25,0	—	41,0	—
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	28,0	3,0	44,7	3,7
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	29,7	4,7	46,9	5,9
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	41,2	6,2	48,2	7,2
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	42,0	7,0	49,3	8,3
НІР _{0.95}	1,4		1,3	

Застосування мінімальної дози N₃₀P₃₀K₃₀ забезпечило приріст урожайності обох сортів порівняно з контролем. Так, у сорту Кріссі урожайність зросла до 28,0 ц/га, що відповідало додатковому збору +3,0 ц/га, тоді як у сорту Фламенко вона досягла 44,7 ц/га з приростом +3,7 ц/га. Це

свідчить про позитивну реакцію сортів навіть на помірний рівень мінерального удобрення.

Подальше підвищення норми добрив до $N_{45}P_{45}K_{45}$ сприяло зростанню урожайності до 29,7 ц/га у сорту Кріссі (+4,7 ц/га до контролю) та до 46,9 ц/га у сорту Фламенко (+5,9 ц/га). Така тенденція підтверджує, що збільшення доз NPK створює сприятливіші умови для формування продуктивного стеблостою та реалізації потенціалу обох сортів.

Найвищі показники врожайності отримано за внесення підвищених норм мінеральних добрив. На варіанті $N_{60}P_{60}K_{60}$ урожайність сорту Кріссі становила 41,2 ц/га, що перевищувало контроль на 6,2 ц/га, тоді як у сорту Фламенко вона досягла 48,2 ц/га з приростом +7,2 ц/га. Максимальні значення зафіксовано за внесення $N_{75}P_{75}K_{75}$: 42,0 ц/га у сорту Кріссі та 49,3 ц/га у сорту Фламенко, що відповідало приросту +7,0 і +8,3 ц/га відповідно.

Величина $НРР_{0,95}$ становила 1,4 ц/га для сорту Кріссі та 1,3 ц/га для сорту Фламенко, що свідчить про статистичну достовірність різниці між більшістю варіантів удобрення і контролем. Отже, підвищення норм мінеральних добрив зумовлювало істотне зростання урожайності обох сортів, при цьому сорт Фламенко характеризувався вищою абсолютною продуктивністю, а сорт Кріссі — вираженою позитивною реакцією на інтенсифікацію мінерального живлення.

Загалом результати таблиці підтверджують доцільність застосування підвищених норм NPK (не нижче $N_{60}P_{60}K_{60}$) для отримання високої врожайності ячменю ярого в умовах Правобережного Лісостепу України.

4.3. Окупність мінеральних добрив урожаєм ячменю

При розробці системи удобрення любой сільськогосподарської культури важливо встановити оптимальні норми і співвідношення поживних елементів. Оцінку ефективності системи удобрення культур у сівозміні проводять за урожайними показниками. Основою для такої оцінки системи удобрення є приріст урожаю за рахунок застосування добрив. Цей приріст порівнюють з нормативами окупності добрив додатковою продукцією тієї чи іншої культури.

Науковими установами на основі довготривалих досліджень встановлені нормативи окупності одиниці мінеральних добрив приростом урожайності сільськогосподарських культур залежно від погодних умов, які дають змогу визначити рівень рентабельності застосування добрив у господарстві. Так, окупність 1 кг діючої речовини добрив урожаєм ярого ячменю для умов Черкаської області є 3,7 кг. Дані наших досліджень наводяться в таблиці 5.

Таблиця 5

Окупність мінеральних добрив приростом урожаю ячменю, кг/кг

Варіант досліджу	Норми добрив, д.р. кг/га	Приріст урожаю від мінеральних добрив, кг/га		Окупність добрив, кг/кг	
		Кріссі	Фламенко	Кріссі	Фламенко
Контроль	—	—	—	—	—
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	90	300	370	3,3	4,1
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	135	470	590	3,5	4,4
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	180	620	720	3,4	4,0
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	225	700	830	3,1	3,7

Як видно з таблиці, ячмінь ярий досліджуваних сортів добре реагує на мінеральні добрива і щедро віддячує їм урожаєм зерна, де окупність одиниці діючої речовини мінеральних добрив складає 3,1–3,5 в сорту Кріссі і 3,7–4,4 кг

зерна в Фламенко, що відповідає нормативним даним регіону вирощування ярого ячменю.

Нами встановлена різниця між варіантами з різними дозами мінеральних добрив і приростом урожайності. Проте інтенсивність приросту врожаю зі збільшенням дози добрив, затухає. Слід відмітити, що погодні умови в 2025 році досліджень не зовсім відповідали біологічним вимогам ячменю. Тому дія мінеральних добрив проявилася не повністю.

4.5. Якість зерна ячменю ярого залежно від доз мінеральних добрив

Відомо, що умови живлення зернових культур, в тому числі і ячменю ярого, впливають не тільки на врожайність, але і на якість зерна, його фізичні і хімічні властивості. Внесення різних доз мінеральних добрив створює різні умови живлення і поживні речовини використовуються рослинами по-різному залежно від рівня родючості ґрунту, погодних умов, а також біологічних особливостей сортів.

Цінність пивоварного зерна в основному оцінюється оптимальним вмістом в ньому білка, кількість якого обумовлюється наявністю в ньому азоту. За ДСТУ 3769-98 пивоварне зерно ячменю мусить мати вміст білка – 11,0–11,5% [40].

Результати аналізів на вміст азоту в зерні сортів ячменю ярого з дослідних варіантів наводяться в таблиці 6.

Як видно з таблиці, вміст азоту в зерні ячменю в деякій мірі залежить від норм мінерального живлення, тобто забезпечення рослин основними елементами поживи. В зерні ячменю з варіантів з високими нормами добрив вміст загального азоту перевищує його кількість у зерні з контрольного варіанту в сорту Аскольд на 0,12–0,15%, а в сорту Скарлет на 0,18–0,21%.

Таблиця 6

Вплив мінеральних добрив на вміст азоту в зерні ячменю, %

Варіанти дослідів	Сорт			
	Кріссі	± до контролю	Фламенко	± до контролю
Контроль	2,04	—	1,92	—
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	2,08	0,04	1,97	0,05
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	2,11	0,07	1,99	0,07
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	2,16	0,12	2,10	0,18
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	2,19	0,15	2,13	0,21

Такий наچه б незначний приріст азоту в зерні ячменю, очевидно, матиме певний вплив на такі господарсько цінні показники якості зерна, як вміст білка (табл. 7).

Таблиця 7

Вміст білка в зерні ячменю залежно від доз мінеральних добрив, %

Варіанти дослідів	Сорт			
	Кріссі	± до контролю	Фламенко	± до контролю
Контроль	11,6	—	10,9	—
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	11,8	0,2	11,2	0,3
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	12,0	0,4	11,3	0,4
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	12,3	0,7	12,0	1,1
N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	12,5	0,9	12,1	1,2

У зерні ячменю з варіантів за високих доз мінеральних добрив вміст білка підвищувався на 0,7–1,2% порівняно до контрольного варіанту. Спостерігається зростання вмісту білка в зерні ячменю у варіантах зі збільшенням доз мінеральних добрив в обох досліджуваних сортів. Ми бачимо, що у варіанті без застосування добрив зерно обох сортів має добрі пивоварні якості і вміст білка не перевищував допустимий рівень. Підвищення

дози добрив достовірно збільшувало вміст білка в зерні ячменю сортів. При цьому допустимий вміст білка в зерні ячменю (ДСТУ 3769–98) зафіксований лише у сорту Скарлет у варіантах $N_{30}P_{30}K_{30}$ і $N_{45}P_{45}K_{45}$. Вміст білка в зерні сорту Кріссі перевищував допустимий рівень за ДСТУ.

За результатами досліджень можна зробити висновок про те, що зерно сорту Фламенко, отримане у варіантах без добрив та при застосуванні низьких доз мінеральних добрив за сприятливих погодних умов 2025 р., мало допустимий вміст білка для пивоваріння – в межах 11,5%. Внесення мінеральних добрив в дозі ($N_{60}P_{60}K_{60}$ і $N_{75}P_{75}K_{75}$) сприяє формуванню зерна з високим вмістом білка в досліджуваних сортах, який перевищує вимоги стандарту до пивоварного ячменю. Це зерно може бути використане на продовольчі та кормові цілі. Отже, оптимальним з погляду якісних показників слід вважати варіант із внесенням мінеральних добрив в дозі ($N_{45}P_{45}K_{45}$). За такого співвідношення мінеральних елементів удобрення не тільки досягається висока продуктивність сорту ячменю ярого Фламенко, а й забезпечуються хороші показники пивоварної цінності зерна.

РОЗДІЛ 5

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ПІД ЯЧМІНЬ ЯРИЙ

Важливою характеристикою застосування мінеральних добрив у виробничих умовах є їх економічна ефективність. За основу її визначення беруть приріст урожаю, який отримують за рахунок внесення мінеральних добрив, а також нормативи окупності добрив додатковою продукцією.

Економічна оцінка застосування мінеральних добрив є важливим етапом обґрунтування доцільності їх використання у технології вирощування ячменю ярого. Поряд із приростом урожайності вирішального значення набувають витрати на добрива, вартість отриманої продукції, рівень умовно-чистого прибутку та рентабельність виробництва, що дозволяє визначити найбільш економічно вигідні норми удобрення для конкретних сортів.

В умовах ринкової економіки і приватної власності на землю важливе значення надається інтенсивним сортам і гібридам, різним формам організації і оплати праці, хімізації і механізації.

В наших дослідках наведені розрахунки економічної ефективності застосування різних доз мінеральних добрив під ячмінь. До уваги ми взяли величину врожайності на варіантах досліду, приріст врожаю від застосування добрив, матеріально-грошові затрати на 1 га посіву, в т.ч. додаткові, собівартість 1 ц зерна, вартість валової продукції і умовно чистий дохід, рівень рентабельності. Всі ці розрахунки проведені на основі даних технологічної карти в цінах 2025 року. Дані розрахунків приводяться в таблиці 8.

Дані таблиці 8 характеризують економічну ефективність різних доз мінеральних добрив під сорти ячменю ярого Кріссі та Фламенко. Для сорту Кріссі застосування добрив забезпечувало зростання урожайності від 38,0 до 42,0 ц/га залежно від норми NPK.

Таблиця 8

Економічна ефективність застосування різних доз мінеральних добрив під ячмінь ярий

Сорт	Варіант дослід	Урожайність, ц/га	Приріст, ц/га	Витрати на застосування добрив на 1 га, грн	Ціна реалізації, грн. 1ц	Вартість валової продукції, грн	Умовно-чистий прибуток, грн	Рівень рентабельності, %
Кріссі	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	38,0	3,0	23260	700	26600	3340	14
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	39,7	4,7	24720	700	27790	3070	12
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	41,2	6,2	26170	700	28840	2670	10
	N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	42,0	7,0	28960	700	29400	440	2
Фламенко	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	44,7	3,7	23310	700	31290	7980	34
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	46,9	5,9	24770	900	42210	17440	70
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	48,2	7,2	26220	700	33740	7520	29
	N ₇₅ P ₇₅ K ₇₅	49,3	8,3	29020	700	34510	5490	18

Найменші витрати на удобрення зафіксовано на варіанті $N_{30}P_{30}K_{30}$ – 23 260 грн/га, за якого умовно-чистий прибуток становив 3340 грн/га, а рівень рентабельності – 14%. Зі збільшенням дози добрив до $N_{45}P_{45}K_{45}$ і $N_{60}P_{60}K_{60}$ урожайність зростала, однак через підвищення витрат рентабельність знижувалася відповідно до 12% і 10%.

Найвища урожайність сорту Кріссі (42,0 ц/га) отримана за внесення $N_{75}P_{75}K_{75}$, проте значні витрати на добрива (28960 грн/га) зумовили різке зменшення умовно-чистого прибутку до 440 грн/га, а рівень рентабельності становив лише 2%. Це свідчить про економічну недоцільність застосування надвисоких норм мінеральних добрив для даного сорту за наявних цінових умов.

Сорт Фламенко характеризувався вищими показниками економічної віддачі порівняно з сортом Кріссі. За внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$ урожайність становила 44,7 ц/га, умовно-чистий прибуток — 7 980 грн/га, а рентабельність досягала 34%. Найвищі економічні показники зафіксовано на варіанті $N_{45}P_{45}K_{45}$, де за урожайності 46,9 ц/га та ціни реалізації 900 грн/ц вартість валової продукції становила 42 210 грн/га, умовно-чистий прибуток — 17 440 грн/га, а рівень рентабельності — 70%.

Подальше підвищення норм добрив до $N_{60}P_{60}K_{60}$ і $N_{75}P_{75}K_{75}$ забезпечувало додатковий приріст урожайності сорту Фламенко, однак зростання витрат на удобрення призводило до зниження економічної ефективності: рентабельність зменшувалася до 29% і 18% відповідно, а умовно-чистий прибуток скорочувався.

Узагальнюючи результати, можна зробити висновок, що економічно найбільш доцільними нормами мінеральних добрив є $N_{30}P_{30}K_{30}$ для сорту Кріссі та $N_{45}P_{45}K_{45}$ для сорту Фламенко, які забезпечували оптимальне співвідношення між витратами, приростом урожайності та рівнем рентабельності. Застосування вищих норм добрив підвищувало валову продукцію, однак не завжди було виправданим з економічної точки зору.

РОЗДІЛ 6.

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

6.1. Організація техніки безпеки, виробничої санітарії та гігієни праці під час польових робіт у дослідках з ячменем ярим

Польові роботи, передбачені методикою досліджень із вивчення впливу норм мінеральних добрив (внесення NPK, сівба, догляд за посівами, позакореневі підживлення мікроелементами, обліки та збирання врожаю), належать до робіт підвищеної небезпеки через використання техніки, агрегатів, мінеральних добрив, роботу на відкритому повітрі та вплив фізичних факторів виробничого середовища. Організація охорони праці на цих етапах базується на вимогах Закону України «Про охорону праці» та галузевих «Правил охорони праці у сільськогосподарському виробництві» (НПАОП 01.0-1.02-18) [36].

Організаційні заходи та відповідальність. Відповідно до законодавчих вимог роботодавця (або керівник базового господарства/підрозділу) зобов'язаний забезпечити безпечні й нешкідливі умови праці, організувати систему управління охороною праці, призначити відповідальних осіб за безпечне виконання робіт, забезпечити працівників засобами індивідуального захисту (ЗІЗ), проводити навчання та інструктажі. Перед початком сезонних робіт здійснюють:

- первинний/повторний інструктаж з охорони праці на робочому місці;
- перевірку допуску до робіт із технікою та обприскувачами (за потреби – медогляд/навчання);
- ознайомлення з технологічними картами робіт і вимогами безпеки під час внесення добрив та обприскування.

Безпека під час роботи з тракторами та агрегатами (обробіток ґрунту, сівба, внесення добрив). До керування технікою допускають осіб, які пройшли

навчання, інструктаж і мають відповідні навички. Перед виїздом у поле проводять технічний огляд: справність гальм, рульового керування, освітлення/сигналізації, захисних кожухів, кріплення навісних і причіпних машин. Під час агрегування забороняється перебування людей між трактором і машиною без надійного фіксування техніки; усі регулювання та очищення робочих органів виконують лише після повної зупинки двигуна і відключення приводів. На полі встановлюють безпечні маршрути руху, дотримуються швидкісних режимів, виключають виконання ремонтів «на ходу», не допускають перевезення людей на підніжках, крилах та агрегатах [37-38].

Безпечне поводження з мінеральними добривами (NPK) і мікродобривами. Мінеральні добрива є хімічними речовинами, що можуть подразнювати шкіру та слизові оболонки, спричиняти пилове навантаження, а за порушення правил зберігання – утворювати небезпечні суміші. Тому їх транспортування, зберігання та внесення здійснюють із дотриманням галузевих правил охорони праці. Склади повинні бути сухими, вентильованими, із чітким маркуванням і роздільним зберіганням партій. Під час завантаження/розвантаження та роботи з сипкими формами обов'язкові ЗІЗ: респіратор/маска від пилу, захисні окуляри, рукавички, спецодяг; після завершення — гігієнічні процедури (миття рук, обличчя, за потреби – душ). Забороняється прийом їжі та паління у зоні роботи з добривами; місця відпочинку й харчування організовують поза виробничою ділянкою [39].

Безпека під час позакореневих підживлень і застосування засобів захисту рослин. Якщо у технології досліду передбачено обприскування (в т.ч. мікродобривами, а за потреби — пестицидами), виконання робіт здійснюють лише препаратами, дозволеними до застосування, із дотриманням вимог Закону України «Про пестициди і агрохімікати». До робіт допускають навчених працівників, які забезпечені комплектом ЗІЗ (комбінезон/фартух, рукавички, окуляри/щиток, респіратор відповідного класу, гумове взуття). Під час приготування робочого розчину дотримуються інструкції виробника,

запобігають розбризкуванню, уникають переливів, використовують мірний інвентар. Обприскування проводять у безвітряну або маловітряну погоду, з урахуванням напрямку вітру, щоб виключити знесення аерозолі на людей, дороги, водойми та суміжні ділянки. Після робіт — знезараження/промивання обладнання у відведеному місці, прання спецодягу окремо від побутових речей, санітарна обробка працівників [40].

Виробнича санітарія та гігієна праці у польових умовах. Під час весняно-літніх робіт працівники зазнають впливу метеофакторів (підвищена температура, сонячна радіація, вітер), пилу, шуму та вібрації. Оцінювання умов праці та профілактика професійних ризиків здійснюють із врахуванням гігієнічних підходів і державних санітарних норм щодо фізичних факторів, зокрема вібрації. Практично це передбачає:

- раціональний режим праці/відпочинку (перерви, чергування операцій);
- забезпечення питного режиму та місця відпочинку у тіні;
- використання спецодягу за сезоном, головних уборів, сонцезахисних засобів;
- обмеження часу роботи з технікою, що створює значне вібраційне навантаження, та контроль справності сидіння/амортизаторів;
- застосування засобів захисту органів слуху при підвищеному шумі (за потреби).

Пожежна безпека та перша допомога. На період виконання польових робіт забезпечують наявність у техніці первинних засобів пожежогасіння, аптечки, справного зв'язку. Під час заправки ПММ двигун глушать, заправку проводять у спеціально визначених місцях, виключають відкритий вогонь. Усі працівники повинні бути проінструктовані щодо порядку дій у разі травмування, отруєння, теплового удару, а також щодо алгоритму виклику екстрених служб та надання домедичної допомоги.

Отже, дотримання вимог законодавства з охорони праці та галузевих правил під час внесення добрив, обприскування, механізованих операцій і

обліків у дослідах з ячменем ярим є необхідною умовою мінімізації виробничих ризиків, попередження травматизму та збереження здоров'я виконавців робіт.

6.2. Вплив упровадження рекомендованих заходів на якість продукції та навколишнє природне середовище

Рекомендовані для виробництва елементи технології (оптимізація норм мінеральних добрив за результатами досліду та застосування позакореневих підживлень мікроелементами за потреби) мають оцінюватися не лише за рівнем урожайності, а й за впливом на якість зерна та екологічну безпеку агроєкосистеми. Загальні вимоги щодо запобігання негативному впливу господарської діяльності на довкілля визначає Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» [41].

Вплив на якість зерна. Рівень мінерального живлення, насамперед азотного, є одним із основних чинників формування якісних показників зерна ячменю (вміст білка й крохмалю, натура, крупність, маса 1000 зерен) [42]. Наукові дані свідчать, що інтенсифікація технології та застосування мінеральних і мікродобрив здатні змінювати показники якості зерна, а також співвідношення «урожайність — білок/крохмаль», що особливо важливо для продовольчого та солодового використання. З практичної точки зору це означає:

- збалансовані норми NPK сприяють підвищенню виповненості зернівки (маса 1000 зерен, натура) за рахунок кращого забезпечення рослин елементами живлення;
- надмірні дози азоту можуть підвищувати білок, але за солодової спрямованості інколи потребують стримування, щоб не виходити за технологічно прийнятні межі;

- позакореневі підживлення мікроелементами (наприклад, Mn) у стресові періоди можуть підтримувати фотосинтетичну активність і позитивно впливати на налив зерна, що відображається на його вирівняності та крупності.

Екологічні аспекти застосування добрив. Основні потенційні ризики від інтенсифікації удобрення пов'язані з: (1) можливим вимиванням нітратів у ґрунтові води, (2) поверхневим зливом фосфатів у водойми, (3) підкисленням ґрунту за систематичного внесення високих норм азотних добрив, (4) непродуктивними втратами поживних елементів і зростанням енергетичних витрат. Саме тому екологічно доцільним є підхід «точно стільки, скільки потрібно культурі», що водночас підтверджується економічними розрахунками (надвисокі норми не завжди окупні) [43].

Щоб зменшити екологічне навантаження і зберегти родючість ґрунту, рекомендований захід (оптимальні норми добрив) доцільно реалізовувати через такі практики:

- внесення добрив за результатами агрохімічного аналізу ґрунту і запланованого врожаю (балансовий підхід);
- розподіл азотних доз у часі (основне внесення + підживлення) з урахуванням фаз розвитку, щоб підвищити коефіцієнт використання N і знизити ризик втрат;
- недопущення внесення добрив перед зливами/по мерзлоталому ґрунту, підтримання ґрунтозахисних заходів (мінімізація змиву);
- впровадження буферних смуг біля водних об'єктів та дотримання польової гігієни під час заправки техніки.

Безпечне поводження з агрохімікатами та відходами. У разі використання агрохімікатів і (за потреби) пестицидів необхідно дотримуватися вимог профільного законодавства щодо їх застосування, зберігання та запобігання забрудненню довкілля. Окремої уваги потребують залишки тари та промивних вод: відповідно до рамкових вимог Закону України «Про управління відходами» необхідно організувати роздільний збір, тимчасове безпечне зберігання та передачу відходів уповноваженим суб'єктам

(залежно від класу небезпеки/категорії відходу). Це мінімізує ризики потрапляння залишків препаратів у ґрунт і воду, а також підвищує загальну екологічну відповідальність технології вирощування [44].

Отже, впровадження рекомендованих норм мінеральних добрив у поєднанні з обґрунтованими позакореновими підживленнями здатне забезпечити підвищення врожайності та стабілізацію якості зерна ячменю ярого, а за дотримання правил застосування агрохімікатів і належного поводження з відходами — зменшити негативний вплив на навколишнє природне середовище та відповідати принципам екологічно безпечного землеробства

ВИСНОВКИ

1. У 2025 році на момент сівби вміст рухомих форм фосфору та калію в ґрунті зростав зі збільшенням норм удобрення: P_2O_5 — від 86 мг/кг (контроль) до 111 мг/кг ($N_{75}P_{75}K_{75}$), K_2O — від 70 до 95 мг/кг. При цьому рівень забезпеченості на контролі та за $N_{30}P_{30}K_{30}$ оцінювався як середній, а починаючи з $N_{45}P_{45}K_{45}$ — як підвищений, що створювало кращі стартові умови живлення.

2. У фазі трубкування забезпеченість ячменю азотом була низькою на контролі та за $N_{30}P_{30}K_{30}$ (2 бали), середньою за $N_{45}P_{45}K_{45}$ (3 бали) і підвищеною за $N_{60}P_{60}K_{60}$ та $N_{75}P_{75}K_{75}$ (4 бали). Це підтверджує, що підвищені норми NPK формують оптимальніший азотний режим у період інтенсивного росту.

3. Зростання норм мінеральних добрив позитивно впливало на елементи структури врожаю обох сортів: збільшувалися висота рослин (до 81–86 см), коефіцієнт продуктивного кушіння (до 1,47–1,52), кількість продуктивних пагонів (до 517–525 шт./м²), довжина колоса (до 7,1–7,4 см), кількість зерен у колосі (до 22,2–22,8 шт.) і маса 1000 зерен (до 46,2–52,3 г). Найстабільніші та найвищі значення цих показників формувалися за норм $N_{60}P_{60}K_{60}$ – $N_{75}P_{75}K_{75}$.

4. Урожайність сортів ячменю ярого зростала зі збільшенням дози добрив. Для сорту Кріссі вона підвищилася з 25,0 ц/га на контролі до 42,0 ц/га за $N_{75}P_{75}K_{75}$, а для сорту Фламенко — з 41,0 до 49,3 ц/га відповідно. Приріст до контролю становив +3,0...+7,0 ц/га (Кріссі) та +3,7...+8,3 ц/га (Фламенко), що підтверджує високу реакцію обох сортів на покращення мінерального живлення.

5. Економічний аналіз показав, що збільшення доз добрив не завжди супроводжується підвищенням прибутковості. Для сорту Фламенко найкращі економічні показники забезпечив варіант $N_{45}P_{45}K_{45}$, за якого зафіксовано найвищий умовно-чистий прибуток (17440 грн/га) і рівень рентабельності

(70%). Підвищення дози до $N_{60}P_{60}K_{60}$ і $N_{75}P_{75}K_{75}$ збільшувало урожайність, однак супроводжувалося зниженням рентабельності до 29% і 18%.

Отже, у господарствах Правобережного Лісостепу України при вирощуванні ячменю ярого на чорноземі опідзоленому доцільно застосовувати диференційовані норми мінеральних добрив залежно від сорту та економічної доцільності. Для сорту Кріссі рекомендується норма $N_{30}P_{30}K_{30}$, яка забезпечує оптимальне поєднання приросту врожайності та рівня рентабельності за наявних виробничих витрат. Для сорту Фламенко економічно найбільш ефективною є норма $N_{45}P_{45}K_{45}$, що забезпечує високий урожай і максимальний умовно-чистий прибуток.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Господаренко Г. М. Агрохімія : підручник. Київ : ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2018. 560 с. agrochem.udau.edu.ua
2. Система удобрення сільськогосподарських культур у землеробстві початку ХХІ століття : монографія / за ред. С. А. Балюка, М. М. Мірошніченка. Київ, 2016. 400 с. dSPACE.pdau.edu.ua+1
3. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур : підручник. 5-те вид., виправ. і допов. Львів : НВФ «Українські технології», 2020. 806 с. fri.vin.ua+1
4. Господаренко Г. М., Мартинюк А. Т., Бойко В. П. Засвоєння і винесення основних елементів живлення ячменем ярим за різного удобрення. Вісник Уманського національного університету садівництва. 2020. № 2. С. 56–61. DOI: 10.31395/2310-0478-2020-2-56-61.
5. Система удобрення сільськогосподарських культур у землеробстві початку ХХІ століття : монографія / за ред. С. А. Балюка, М. М. Мірошніченка. Київ : Альфа-стевія, 2016. 400 с.
6. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур : підручник. 5-те вид., виправл. і допов. Львів : НВФ «Українські технології», 2020. 806 с.
7. Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. Київ : Нічлава, 2003. 316 с.
8. Основи наукових досліджень в агрономії : методичні поради. Умань : УНУС, 2021. (обсяг за PDF). [Електронний ресурс]. URL: <https://www.udau.edu.ua/assets/files/zbirniki/methodical/Metod.-vkazivki-2010.pdf>
9. Міщенко Ю. Г., Прасол В. І., Давиденко Г. А. та ін. Методика наукових досліджень в агрономії : навчальний посібник. Суми : СНАУ, 2024. 103 с.
10. Гавриленко В. С. Формування основних елементів структури урожаю ячменю голозерного ярого залежно від удобрення. Таврійський

науковий вісник. 2023. № 134. С. 24–31. [Електронний ресурс]. URL: https://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/134_2023/4.pdf

11. Гавриленко В. С. та ін. Баланс основних елементів живлення у ґрунті під посівами ячменю голозерного ярого залежно від удобрення. Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. 2023. Вип. 4. С.
12. Забезпеченість рослин ячменю ярого елементами живлення... Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2010. № 4. С. 45-48.
13. Панфілова А. В. Вирощування сортів ячменю ярого за різних рівнів мінерального живлення (матеріали). 2019. С. 210–212.
14. Стасіневич О. Ю. Врожайність зерна ячменю ярого за дії факторів удобрення (матеріали). 2015. С. 87-91
15. Каленська С. М., Бачинський О. В., Шевчук О. Я. та ін. Ячмінь ярий, озимий: технологія вирощування. Київ : Держспоживстандарт України, 2007. 31 с.
16. Щерба М. М. Вплив удобрення на формування продуктивності ячменю ярого в короткоротаційних сівозмінах. 2023. С. (за PDF).
17. Уваренко К. (та ін.). Ячмінь ярий (*Hordeum vulgare* L.)... (стаття у PDF). Вісник аграрної науки. 2021. № 1. С. (за PDF).
18. Кирильчук А. М. Стан та шляхи збільшення виробництва зерна (економіка технологій вирощування ячменю ярого). Таврійський науковий вісник. 2023. № 131. С. 102–110.
19. Шкатула Ю. М. та ін. (матеріали) Позакореневі підживлення ячменю... Сільське господарство та лісівництво. 2022. № 24. С. 54-58.
20. П'ятенко Д. О. Оптимізація агротехніки вирощування ячменю ярого... : Дніпро, 2022. (обсяг за PDF). [Електронний ресурс].
21. Боб'юк М. Ф. Технологія вирощування ячменю ярого залежно від впливу позакореневих підживлень : кваліфікаційна робота. Тернопіль : ЗУНУ, 2024. 66 с.

22. Ковальчук М. О. (Кваліфікаційна робота) Технологія вирощування ячменю ярого... 2023. (обсяг за PDF). [Електронний ресурс].
23. Панчишин В. З. (фрагмент/розділ) Енергетична ефективність вирощування ячменю ярого... 2022. С. (за PDF). [Електронний ресурс]. URL: <https://eprints.zu.edu.ua/38192/1/4%20%D1%80%D0%BE%D0%B7%D0%B4%D1%96%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B0.pdf>
24. Мілютенко Т. Б. (та ін.).. 2014. С. (за PDF). [Електронний ресурс]. URL: https://bioenergy.gov.ua/sites/default/files/articles/39_21.pdf
25. Lenartowicz T. et al. Yield Stability and Adaptability of Spring Barley (*Hordeum vulgare* L.). *Agronomy*. 2024. Vol. 14, No. 9. Article 1963. P. (за статтею). [Electronic resource]. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4395/14/9/1963>
26. Wijata M. et al. Yield and Yield Components Stability of Winter Wheat and Spring Barley in Long-Term Experiment in Poland. *Sustainability*. 2025. Vol. 17, No. 10. Article 4577. P. (за статтею). [Electronic resource]. URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/17/10/4577>
27. Syers J. K., Johnston A. E., Curtin D. Efficiency of soil and fertilizer phosphorus use. Rome : FAO, 2008. 108 p. [Electronic resource]. URL: <https://www.fao.org/4/a1595e/a1595e00.pdf>
28. Dospělový (заміна на GRDC) GRDC. Barley: Nutrition (GrowNotes). 2017. (pages in PDF). [Electronic resource]. URL: https://grdc.com.au/_data/assets/pdf_file/0033/369258/Grownote-Barley-West-5-Nutrition.pdf
29. Sanina N. V. et al. The productivity and spring barley grain quality depending on fertilization... *BIO Web of Conferences*. 2020. Vol. 27. P. (за статтею/PDF). [Electronic resource]. URL: https://www.bio-conferences.org/articles/bioconf/full_html/2020/11/bioconf_fies-20_00049/bioconf_fies-20_00049.html
30. Sainju U. M. Reduced nitrogen rate sustains malt barley yield and quality in malt barley–pea rotation. *Agronomy Journal*. 2024. Vol. 116(6). P. 3021–

3032. DOI: 10.1002/agj2.21717. [Electronic resource]. URL: <https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/agj2.21717>
31. Tymoshenko I. I., Maischuk Z. M., Kosylovych H. O. Основи наукових досліджень в агрономії : навч. посібник. Львів, 2004. 121 с.
32. Бабич А.О. Світові земельні, продовольчі і кормові ресурси / А.О. Бабич. К.: Аграрна наука. 1996. С. 222–226.
33. Рослинництво: Підручник / [Зінченко О.І., Салатенко В.Н., Білоножко М.А. та Ін.]; під ред. О.І. Зінченка. К.: Аграрна освіта, 2001. 591 с.
34. Майстер А.А. Елементи інтенсивної технології вирощування ярого ячменю в зоні Полісся України / А.А. Майстер, Л.П. Салей, О.А. Майстер Вісник ДАУ „Агроекологія і радіоекологія”, 2002. № 1. 32–35.
35. Козлов М.В., Плішко А.А. Агрохімічне забезпечення високопродуктивних технологій вирощування зернових культур / М.В. Козлов, А.А. Плішко – К.: Урожай, –1991, – С. 189.
36. Про охорону праці : Закон України від 14.10.1992 № 2694-XII // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/2694-12>
37. Про затвердження Правил охорони праці у сільськогосподарському виробництві : наказ Мінсоцполітики України від 29.08.2018 № 1240 (НПАОП 01.0-1.02-18) // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/z1090-18>
38. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу : наказ МОЗ України (чинна редакція) // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/z0472-14>
39. Загальні та локальні вібрації (ДСН 3.3.6.039-99) // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/va039282-99>

40. Про охорону навколишнього природного середовища : Закон України від 25.06.1991 № 1264-XII. База даних «Законодавство України». Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/1264-12>
41. Про пестициди і агрохімікати : Закон України від 02.03.1995 № 86/95-ВР. База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/86/95-%D0%B2%D1%80>
42. Про управління відходами : Закон України від 20.06.2022 № 2320-IX // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/2320-20>
43. Гирка А. Д. Формування врожайності та якості зерна ячменю ярого за впливу регуляторів росту, мікродобрив і мінеральних добрив (наук. стаття) [електронний ресурс]. URL: <https://institut-zerna.com/library/magazine1/14.pdf>
44. Петриченко В. Ф. та ін. Вплив факторів інтенсифікації на якість зерна ячменю ярого в умовах Лісостепу Правобережного: Таврійський науковий вісник. 2019. Вип. 105. С. 74–78.