МОН УКРАЇНИ

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(УНУ)

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

ЗАЛЕЖНІСТЬ УРОЖАЙНОСТІ РІЗНИХ СОРТІВ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ВІД РІВНЯ УДОБРЕННЯ У ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ

Виконав: студент ІІ курсу, групи 21 м-а спеціальності 201 Агрономія
ГОДЛЕВСЬКИЙ Антон Віталійович

Керівник: РАССАДІНА Ірина, к.с.-г. н., доцент

Умань – 2025

ЗМІСТ

ВСТУП…… 4

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ВИВЧЕНОСТІ ПИТАННЯ ТА ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕНЬ (огляд літератури)…….. 6

1.1. Значення ячменю ярого та агроекологічні умови його вирощування……. 6

1.2. Вплив мінерального живлення на ріст, розвиток і формування врожайності ячменю…… 9

РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТИ ДОСЛІДЖЕННЬ……..... 14

2.2. Характеристика сортів ячменя ярого……..... 14

РОЗДІЛ 3. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ..... 16

3.1. Характеристика ґрунтово-кліматичних умов місця проведення досліджень…… 16

3.2. Погодні умови років проведення досліджень……... 17

3.3. Схема досліду……..... 20

3.4. Особливості технології вирощування ячменю ярого в умовах досліду……... 21

3.5. Методика проведення досліджень……..…... 22

РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ…… 24

4.1. Вплив мінерального удобрення на азотний режим ґрунту під посівами ячменю ярого…… 24

4.2. Вплив фосфорних добрив на динаміку рухомого фосфору в ґрунті під посівами ячменю ярого…….. 26

4.3. Вміст обмінного калію в ґрунті та його динаміка під впливом удобрення……... 28

4.4. Урожайність ячменю ярого залежно від сортів та рівня удобрення 30

4.5. Вплив мінеральних добрив на динаміку вмісту білка в зерні ячменю ярого……. 33

РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ПРИ ВИРОЩУВАННІ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО…. 36

РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА ……...…… 39

6.1. Аналіз умов і заходів з охорони праці та моделювання виробничих небезпек під час внесення мінеральних добрив на посівах ячменю в умовах Правобережного Лісостепу України…. 39

6.2. Охорона навколишнього природного середовища при застосуванні мінеральних добрив…….. 42

ВИСНОВКИ……..... 44

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ…… 46

ДОДАТКИ…… 52

ВСТУП

Ячмінь ярий є однією з найважливіших зернофуражних і технічних культур, що вирізняється високою адаптивністю до різних ґрунтово-кліматичних умов, коротким вегетаційним періодом і універсальністю використання. Завдяки цим властивостям він займає провідне місце серед зернових культур — поступаючись лише пшениці, рису та кукурудзі — як за посівними площами, так і за валовим збором зерна.

Ячмінь використовується у харчовій промисловості (для виробництва круп, борошна, солоду), у пивоварінні, а також є цінною кормовою культурою для тваринництва. Високий попит на зерно ячменю, особливо пивоварного, зумовлює необхідність підвищення його врожайності та поліпшення якості зерна, що можливе лише за рахунок оптимізації технологічних прийомів вирощування, зокрема системи удобрення.

Ефективність вирощування ячменю значною мірою визначається рівнем живлення рослин, вибором сорту, раціональним поєднанням агротехнічних заходів і врахуванням природних особливостей регіону. Одним із ключових чинників формування високих і стабільних урожаїв є застосування добрив, які забезпечують оптимальне живлення рослин протягом вегетаційного періоду. Саме від рівня удобрення залежить не лише продуктивність, а й якість зерна, особливо у пивоварних сортів, що висувають підвищені вимоги до вмісту білка, крохмалю та натури.

Актуальність роботи. Правобережний Лісостеп України є одним із провідних регіонів вирощування ячменю, зокрема на чорноземах опідзолених, які відзначаються високою родючістю, але потребують раціонального використання елементів живлення. Недостатня вивченість впливу різних рівнів мінерального живлення на урожайність і якість зерна ячменю сортів вітчизняної та зарубіжної селекції в умовах цього регіону визначає актуальність даного дослідження.

Проведення досліджень із вивчення впливу системи удобрення на формування врожайності різних сортів ячменю ярого в умовах Правобережного Лісостепу України має важливе наукове та практичне значення. Результати роботи сприятимуть розробленню рекомендацій щодо оптимізації систем живлення для підвищення ефективності вирощування культури, забезпечення стабільних урожаїв і покращення якісних показників зерна.

Метою даної роботи є встановлення впливу різних рівнів удобрення на формування врожайності та якості зерна сортів ячменю ярого в умовах Правобережного Лісостепу України.

Для досягнення поставленої мети передбачалося вирішити такі *завдання:*

1. Проаналізувати ґрунтово-кліматичні умови зони досліджень та їх вплив на ріст і розвиток ячменю ярого.

2. Вивчити особливості формування врожайності різних сортів ячменю ярого залежно від систем удобрення.

3. Визначити вплив рівнів мінерального живлення на основні елементи структури врожаю ячменю ярого.

4. Оцінити якісні показники зерна (маса 1000 зерен, вміст білка, натура) за різних систем удобрення.

5. Провести економічну оцінку ефективності застосування різних рівнів мінерального живлення при вирощуванні ячменю ярого.

Об’єктом дослідження є процес формування врожайності та якості зерна сортів ячменю ярого залежно від системи удобрення.

Предметом дослідження є вплив різних рівнів мінерального живлення на продуктивність, структурні елементи врожаю, якість зерна та економічну ефективність вирощування ячменю ярого.

РОЗДІЛ 1
АНАЛІЗ СТАНУ ВИВЧЕНОСТІ ПИТАННЯ ТА ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕНЬ (огляд літератури)

1.1. Значення ячменю ярого та агроекологічні умови його вирощування

Збільшення виробництва зерна залишається однією з ключових проблем сучасного сільського господарства. Вирішальну роль у цьому процесі відіграють зернові колосові культури, серед яких одне з провідних місць належить ячменю (*Hordeum vulgare L.*) [1]. В Україні за площами посіву та валовими зборами зерна ячмінь стабільно входить до трійки найпоширеніших культур і є важливою складовою зернового балансу країни [2].

Ячмінь — універсальна зернова культура, що має широке народногосподарське значення не лише в Україні, а й у багатьох країнах світу [3]. За даними ФАО, з 130–150 млн т світових валових зборів ячменю 42–48 % використовується для промислової переробки, близько 16 % — на кормові цілі, 15 % — на харчові потреби та 6–8 % — у пивоварінні [4]. Зерно кормового ячменю є цінним концентрованим кормом, адже містить 14–16 % білка, 2–3 % жиру, 55–65 % крохмалю та до 65 % безазотистих екстрактивних речовин [5].

Зерно ячменю ярого є цінним продовольчим продуктом, який широко використовується у харчовій промисловості. Воно служить сировиною для виробництва перлової та ячної крупи, що відзначаються високою поживною цінністю та добрими смаковими властивостями. У борошномельній промисловості ячмінне борошно застосовують як домішку до пшеничного або житнього з метою поліпшення структури та харчової цінності хлібобулочних виробів [6, 7].

Особливе значення має ячмінь у пивоварній промисловості, де з дворядних (пивоварних) сортів виготовляють пиво, а також використовують для виробництва солодових екстрактів і замінників кави. Таким чином, ячмінь ярий є універсальною культурою, що поєднує продовольче, кормове та технічне значення [8].

У сучасних умовах ячмінь дедалі частіше розглядається не лише як продовольча чи кормова культура, а й як перспективна сировина для виробництва екологічно чистого біопалива. Завдяки високому вмісту крохмалю зерно ячменю є придатним для отримання біоетанолу, що дає змогу частково заміщувати традиційні види палива та зменшувати антропогенне навантаження на довкілля. Розширення напрямів використання культури сприяє підвищенню її економічної привабливості в аграрному секторі [9–10].

Окрім енергетичного значення, ячмінь набуває популярності у фармацевтичній та харчовій промисловості. На основі ячмінного зерна виготовляють компоненти для лікарських препаратів, дієтичних добавок, функціональних продуктів харчування та засобів профілактики захворювань травної системи. Ці властивості зумовлені наявністю у зерні β-глюканів, білків, мінеральних речовин і антиоксидантів, що мають високу біологічну цінність [11–13].

Ячмінь ярий має велике народногосподарське значення завдяки своїй універсальності, стабільній урожайності та багатогранності використання. Він є важливим джерелом продовольчої, кормової та технічної сировини, забезпечує значний внесок у формування експортного потенціалу держави. Стійкий попит на зерно ячменю спостерігається на міжнародних ринках, особливо в країнах Близького Сходу, Північної Африки та Азії, що підкреслює стратегічну роль цієї культури у світовому аграрному виробництві [14–16].

Основним шляхом підвищення валового збору зерна ячменю є нарощування його врожайного потенціалу [17]. Ефективним інструментом

інтенсифікації виробництва виступає вирощування нових високопродуктивних сортів, здатних максимально реалізувати свій генетичний потенціал у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах. Застосування сорту як біологічного фактора підвищення урожайності є особливо актуальним для зони ризикованого землеробства, зокрема Степу та Лісостепу України, де гідротермічні умови характеризуються значною мінливістю за роками.

Відомо, що навіть найпродуктивніші сорти не здатні проявити свій потенціал без належного рівня живлення рослин. Тому важливого значення набуває встановлення оптимальних доз мінеральних добрив, що забезпечують максимальну віддачу від використаних сортів. Критерієм ефективності технології вирощування ячменю виступає рівень урожайності, який відображає взаємодію генетичних, агротехнічних і кліматичних факторів.

Отримання високих врожаїв ячменю неможливе без достатнього забезпечення його елементами мінерального живлення. Через слабко розвинену кореневу систему та короткий період активного споживання поживних речовин культура повільно засвоює важкорозчинні сполуки з ґрунту [18]. Водночас ячмінь ефективно використовує легкодоступні форми елементів живлення, швидко реагує на внесення мінеральних добрив і формує стабільно високі врожаї за умови збалансованого живлення. Тому головним завданням сучасних технологій вирощування є забезпечення оптимального рівня доступних поживних речовин у ґрунті для повної реалізації потенціалу культури.

Ячмінь найкраще росте на середньозв’язних, добре структурованих ґрунтах із високим умістом поживних речовин та достатнім рівнем вологості. Оптимальними для його вирощування є чорноземи, суглинкові та легкосуглинкові ґрунти, які забезпечують сприятливий водно-повітряний режим і легкодоступність елементів живлення. Для посівів культури можуть використовуватись також осушені болотні землі, зокрема окультурені

торфовища, за умови належного агротехнічного догляду. Натомість надмірно засолені або кислі ґрунти є непридатними для вирощування ячменю, оскільки значно обмежують ріст і розвиток рослин. На кислих та піщаних ґрунтах можливе успішне вирощування культури лише після проведення вапнування, що сприяє нейтралізації кислотності та поліпшенню живлення рослин [19].

Посіви ячменю розміщують на високородючих, чистих від бур'янів ділянках із доброю структурою орного шару. Через слаборозвинену кореневу систему культура чутливо реагує на забезпечення поживними речовинами, тому внесення мінеральних добрив є необхідною умовою формування високих урожаїв. Основну дозу добрив вносять під основний обробіток ґрунту, зокрема під глибоку оранку, а частину — під час сівби. Ячмінь ефективно використовує післядію органічних добрив, внесених під попередники, що робить його економічно вигідною культурою у сівозмінах [20, 21].

1.2. Вплив мінерального живлення на ріст, розвиток і формування врожайності ячменю

Оскільки урожайність ячменю значною мірою залежить від умов вирощування, особливу роль у технології культури відіграє система мінерального живлення. Вона забезпечує оптимальний ріст і розвиток рослин, сприяючи формуванню високих і стабільних урожаїв.

Кругообіг процесів акумуляції, трансформації та засвоєння елементів мінерального живлення рослинами визначає поживний режим ґрунту, який безпосередньо впливає на забезпеченість рослин основними елементами живлення [22]. Ячмінь ярий належить до культур, що потребують високого рівня удобрення, оскільки для формування врожаю споживає значну кількість поживних речовин. Провідне місце в системі живлення культури посідає азот, який відіграє ключову роль у синтезі білків, нуклеїнових кислот та хлорофілу. У складі сухої речовини рослин міститься близько 13 % азоту,

тоді як у білках його вміст сягає 16–18 %, що свідчить про тісний зв’язок між азотним живленням і біосинтетичними процесами в рослинах [23].

Найінтенсивніше засвоєння поживних речовин ячменем відбувається у фазі активного росту, коли формується основна маса врожаю. Однак ще до цього періоду в ґрунті проходять складні процеси трансформації сполук азоту, фосфору й калію у доступні для рослин форми [24]. За умов інтенсифікації землеробства, що передбачає широке використання пестицидів і мінеральних добрив, можливе виникнення небажаних трансформаційних процесів у ґрунті, які змінюють його біохімічний склад. Тому особливо важливим є науково обґрунтоване регулювання системи удобрення, спрямоване на підтримання стабільної родючості та екологічної рівноваги агроекосистем [25].

Процеси взаємодії мінеральних добрив із ґрунтом мають локальний характер і відбуваються з певною швидкістю, залежно від гранулометричного складу, вологості та мікробіологічної активності [25]. З кожним урожаєм рослини виносять із ґрунту значну кількість азоту, фосфору, калію та мікроелементів. Якщо ці втрати не компенсуються внесенням відповідних доз добрив, у ґрунті знижується вміст поживних речовин, що призводить до зменшення ефективної родючості та врожайності ячменю [26].

Одним із ключових чинників досягнення високої врожайності ячменю є оптимальне забезпечення рослин фосфором, що значною мірою визначається регулюванням фосфорного режиму ґрунту шляхом застосування мінеральних добрив [27].

Хоча фосфорні добрива зазвичай забезпечують менший приріст урожаю порівняно з азотними, їх відсутність у системі живлення ярих зернових культур призводить до зниження ефективності засвоєння азоту та калію, що негативно позначається на рості, розвитку і формуванні врожайності [28].

Важливим показником фосфорного стану ґрунту є вміст рухомих сполук фосфору, від яких безпосередньо залежить доступність цього елемента для рослин [29]. Систематичне спостереження за динамікою рухомих форм фосфору впродовж вегетаційного періоду під впливом різних систем удобрення дозволяє визначити оптимальні норми та співвідношення елементів живлення, що має важливе значення для підвищення ефективності вирощування ячменю ярого.

Калій є одним із основних елементів мінерального живлення ячменю, що забезпечує нормальний перебіг фізіолого-біохімічних процесів у рослинах. Він підвищує інтенсивність фотосинтезу, активізує синтез вуглеводів і білків, регулює водний обмін та підвищує стійкість рослин до посухи, хвороб і вилягання [30]. За достатнього калійного живлення поліпшуються показники якості зерна — зокрема натура, маса 1000 зерен і вміст крохмалю [31].

Дефіцит калію призводить до порушення азотного обміну, ослаблення ростових процесів і зниження продуктивності культури. Оптимальне поєднання калійних добрив з азотними та фосфорними сприяє збалансованому живленню ячменю, забезпечує ефективне використання елементів живлення з ґрунту і створює умови для формування стабільно високих урожаїв зерна [32].

Ефективність використання мінеральних добрив визначається комплексом факторів, серед яких провідне значення мають погодні умови, тип ґрунту, попередник, а також строки та способи внесення добрив [33]. Коливання метеорологічних показників — зокрема температури та кількості опадів — суттєво впливають на процеси мінералізації поживних речовин у ґрунті та їх доступність для рослин. Встановлено, що оптимальне поєднання агротехнічних прийомів і збалансоване мінеральне живлення сприяють інтенсивному росту та підвищенню врожайності ячменю ярого.

Дослідження, проведені на Ерастівській дослідній станції, свідчать, що застосування повного мінерального добрива в дозі 60 кг/га д. р.

забезпечувало приріст урожайності зерна на 7,2 ц/га порівняно з контролем, де добрива не вносили [34]. Аналогічні результати отримав С. І. Веремеєнко, який у дослідах у Західному Лісостепу України на темно-сірих опідзолених ґрунтах встановив, що найбільшу урожайність зерна — 7–8 т/га — формував сорт озимого ячменю *Амарена* за умови повного мінерального живлення [35].

Позитивний вплив на продуктивність ячменю також спостерігався при внесенні фосфорно-калійних добрив: на чорноземних ґрунтах урожайність зростала на 5,3 ц/га, а на світло-сірих — на 6,9 ц/га. Найвищий приріст урожаю — 29,7 ц/га — відзначено при внесенні в рядки 50 кг гранульованого суперфосфату, тоді як додаткове підживлення по сходах 20 кг азоту підвищувало урожайність на 5,4 ц/га. За даними різних дослідників, прирости врожаю ячменю за рахунок мінерального живлення можуть сягати 50 % [36, 37].

Попри численні експериментальні дані, досі не існує єдиної узгодженої думки щодо оптимальних доз мінеральних добрив під ячмінь на ґрунтах із різною забезпеченістю елементами живлення. Це питання залишається актуальним для науковців і практиків сільського господарства, оскільки потребує подальшого уточнення з урахуванням типу ґрунту, погодних умов і сортових особливостей культури [38].

Для умов Правобережного Лісостепу та Полісся вчені рекомендують застосовувати ресурсозберігаючу технологію вирощування ярого ячменю, яка передбачає комплекс заходів для підвищення ефективності виробництва. Важливими складовими цієї технології є добір сортів, адаптованих до місцевих ґрунтово-кліматичних умов, та оптимізація системи мінерального живлення на основі результатів ґрунтової діагностики. Застосування такої технології дає змогу отримувати урожайність на рівні 45–58 ц/га зерна з високими показниками якості: вміст сирого білка — 12,7%, крохмалю — 58,5%, лізину — 0,033%, екстрактивність — до 70%. Крім того, її впровадження дозволяє заощаджувати до 50 кг/га азоту, фосфору та калію, що підвищує економічну та екологічну ефективність виробництва [39–41].

В умовах північної частини Лісостепу України на сірих лісових супіщаних ґрунтах оптимальні умови мінерального живлення рослин формуються за використання фосфорних добрив у складі повного мінерального комплексу в помірних дозах із запасним їх внесенням. Така система удобрення забезпечує найвищу продуктивність культури — на рівні 45,3–51,4 ц/га [42].

За результатами досліджень, проведених у північному Степу України, максимальна урожайність ячменю ярого досягається за внесення під культуру повного мінерального добрива в дозі $N_{40–60}P_{40–60}K_{40–60}$ [42].

Аналіз літературних джерел [43–47] свідчить, що різні сорти ячменю по-різному реагують на внесення добрив. Найвищу віддачу від підвищення рівня мінерального живлення демонструють сорти інтенсивного типу, здатні максимально реалізувати свій потенціал продуктивності. За результатами досліджень О.І. Леня [48], застосування мінеральних добрив сприяє повнішому використанню генетичного потенціалу інтенсивних сортів ячменю, забезпечуючи приріст урожайності до 7,9 ц/га.

Загороднюк П.В. [49] встановив, що підвищення доз мінеральних добрив позитивно впливає на врожайність усіх досліджуваних сортів ячменю до рівня 90 кг/га діючої речовини. Подальше збільшення доз не призводило до істотного підвищення урожайності. Максимальну продуктивність — 5,0 т/га — забезпечив сорт інтенсивного типу за внесення $N_{90}P_{90}K_{90}$. Формування врожаю ячменю найбільшою мірою залежало від азотного та фосфорного живлення, частка яких у структурі приросту урожайності становила відповідно 60 і 25 %, тоді як калій забезпечував близько 15 % приросту.

Аналіз літературних джерел свідчить, що ячмінь ярий є однією з найважливіших зернових культур України, яка поєднує продовольче, кормове та технічне значення і відіграє провідну роль у формуванні зернового балансу держави. Завдяки універсальності використання та високій адаптивності до різних ґрунтово-кліматичних умов, культура залишається стабільною складовою аграрного виробництва.

РОЗДІЛ 2
ОБ'ЄКТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Характеристика сортів ячменя ярого

Характеристика сорту Фламенко. Сорт ЛГ ФЛАМЕНКО внесений в державний реєстр в 2022 році. Триваліть періоду вегетації складає 81 діб. Висота рослини – 58,2–60,2 см. Вміст білка – 10,6–11,5 %. Вирівняність зерна – 93,9–97,4%. Стійкість до вилягання 7–8 балів. Стійкість до обсипання 9 балів. Стійкість до посухи 5–8 балів. Стійкість проти борошнистої роси 7–9 балів. Стійкість проти бурої іржі 7–9 балів. Стійкість до гельмінтоспоріозу 6–8 балів. Стійкість проти внутрішньостеблових шкідників 6–9 балів.

Рекомендована зона для вирощування: Степ, Лісостеп, Полісся. Метод створення: Самозапилення. Урожайність: Степ: 58,4 кг/м^2, Лісостеп: 60,2 кг/м^2, Полісся: 58,2 кг/м^2. Стійкість до посухи: 5–8 балів. Стійкість до полягання: 7–8 балів. Стійкість до осипання: 9 балів. Стійкість до окремих видів шкідників (хвороб): Борошниста роса – 7–9 балів. Іржа бура – 7–9 балів. Гельмінтоспоріоз – 6–8 балів, внутрішньостеблові шкідники - 6-9 балів. Триваліть періоду вегетації, діб: 81.

Характеристика сорту Тосса. Сорт ЛГ Тосса внесений в державний реєстр в 2020 році. Триваліть періоду вегетації складає 84–89 діб. Висота рослини – 55,8–68,7 см. Вміст білка – 11,1–11,7 %. Вирівняність зерна – 88,7–92,3%. Стійкість до вилягання 7–8 балів. Стійкість до обсипання 7–9 балів. Стійкість до посухи 8 балів. Стійкість проти борошнистої роси 7–8 балів. Стійкість проти бурої іржі 5–8 балів. Стійкість до гельмінтоспоріозу 6–8 балів. Стійкість проти внутрішньостеблових шкідників 7–9 балів.

Рекомендована зона для вирощування: Степ, Лісостеп, Полісся. Напрям використання: пивоварний. Якість: низькообілковий. Метод створення: самозапилення. Урожайність: Степ: 4,37 т/га, Лісостеп: 5,74 т/га, Полісся:

4,49 т/га. Стійкість до посухи: 8 балів. Стійкість до полягання: 7–8 балів. Стійкість до осипання: 7–9 балів. Стійкість до окремих видів шкідників (хвороб): Борошниста роса – 7–8 балів, Іржа бура – 5–8 балів, Гельмінтоспоріоз – 6–8 балів, внутрішньостеблові шкідники – 7–9 балів. Середня висота рослини (по зонах): Степ: 55,8 см, Лісостеп: 64,3 см, Полісся: 68,7 см. Тривалість періоду вегетації, діб: 84–89.

Характеристика сорту Квенч. Рік реєстрації: 2011. Рекомендована зона для вирощування: Лісостеп, Полісся, Степ. Напрям використання: зерновий, пивоварний. Група стиглості: середньостиглий. Метод створення: самозапилення. Продуктивність: 26,4 балів. Стійкість до посухи: висока. Стійкість до полягання: висока. Стійкість до осипання: висока. Стійкість до окремих видів шкідників (хвороб): Борошниста роса злаків – висока. Ринхоспоріоз злаків – висока.

Сорт середньостиглий , вегетаційний період 69–97 днів. Соломіна від короткої до середньої довжини. Відрізняється високою здатністю до кущіння . Піхви нижніх листків без опушення . Антоціанова забарвлення вушок прапорцевого листа від середньої до сильної. Восковий наліт на піхві середньої інтенсивності. Колос при дозріванні довго зберігає вертикальне положення. Колос циліндричний , пухкий середньої щільності , зі слабким восковим нальотом. Ості довше колоса, зазублені, кінчики з середньою слабкою антоциановой забарвленням. Перший сегмент колосового стрижня короткий , зі слабким вигином. Стерильний колосок відхилений , сильно розвинений (відмітна особливість). Опушення основний щетинки зерна коротке. Антоціанова забарвлення нервів зовнішньої квіткової луски слабка - середня. Зазубренность внутрішніх бічних нервів зовнішньої квіткової луски відсутнє або дуже слабка. Зернівка велика, з неопушеними черевної борозенкою і охоплює лодікули. Маса 1000 зерен – 38–47 р.

РОЗДІЛ 3
УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Характеристика ґрунтово-кліматичних умов місця проведення досліджень

Дослідження з вивчення залежності урожайності різних сортів ячменю ярого від рівня удобрення проводили впродовж 2024–2025 рр. на дослідних полях кафедри агрохімії і ґрунтознавства Уманського національного університету, що розташовані в межах Правобережного Лісостепу України. Ця природно-кліматична зона характеризується помірно континентальним кліматом, достатнім зволоженням та сприятливими ґрунтовими умовами для вирощування зернових культур, зокрема ячменю ярого.

До складу ґрунтового покриву Правобережного Лісостепу належать переважно чорноземи типові та опідзолені, а також сірі лісові ґрунти, які сформувалися на карбонатних лесовидних та делювіальних породах. Такі ґрунти мають високу потенційну родючість, проте потребують раціонального застосування мінеральних і органічних добрив для підтримання оптимального рівня забезпечення рослин елементами живлення.

Польовий дослід було закладено на чорноземі опідзоленому середньосуглинковому, який є типовим для даної території. Агрохімічна характеристика ґрунту наведена в таблиці 1.

Таблиця 1

Агрохімічна характеристика ґрунту дослідної ділянки

Глибина орного шару	Вміст гумусу, %	РН сольової витяжки	Вміст поживних речовин, мг на кг ґрунту		
			легкогідролізований азот, N	рухомий фосфор, P_2O_5	обмінний калій, K_2O
0–30	2,7	5,7	103	105	99

Даний ґрунт характеризується сприятливими фізико-хімічними властивостями для росту та розвитку сільськогосподарських культур. Вміст гумусу в орному шарі (0–30 см) становить 2,7 %, що свідчить про середній рівень родючості. Реакція ґрунтового розчину — слабокисла (pH 5,7), що є прийнятною для більшості зернових культур, зокрема ячменю. Сума ввібраних основ становить 21,4 мг-екв на 100 г ґрунту, що відповідає середньому рівню насиченості ґрунтового вбирного комплексу основами.

За вмістом легкогідролізованого азоту (103 мг/кг) ґрунт відноситься до низької забезпеченості, тоді як забезпеченість рухомими формами фосфору (105 мг/кг) і калію (99 мг/кг) оцінюється як середня. Така характеристика свідчить про необхідність систематичного внесення мінеральних добрив, що забезпечує оптимальні умови мінерального живлення рослин ячменю.

Таким чином, чорнозем опідзолений дослідної ділянки має достатній потенціал для формування високих урожаїв ячменю ярого, однак ефективність його реалізації значною мірою залежить від рівня удобрення та біологічних особливостей сортів культури. Врахування цих факторів є важливим для розроблення науково обґрунтованих систем удобрення та підвищення продуктивності ячменю в умовах Правобережного Лісостепу України.

3.2. Погодні умови років проведення досліджень

Дослідження з вивчення залежності урожайності різних сортів ячменю ярого від рівня удобрення проводилися на дослідному полі кафедри агрохімії і ґрунтознавства Уманського національного університету, що розташоване в межах Правобережного Лісостепу України. Для цієї зони характерні помірно-континентальні кліматичні умови з м’якою зимою, достатньою кількістю опадів і теплим літом. Середня багаторічна кількість опадів (за період 1991–2020 рр.) становить близько 540–560 мм, а середньорічна температура повітря — +8,8…+9,0 °C (табл. 2).

Таблиця 2

Середньомісячна температура повітря та кількість опадів у роки проведення досліджень (метеопункт Уманського НУС)

Місяць	**Середня температура, °C**		**Кількість опадів, мм**	
	2024 р.	2025 р.	2024 р.	2025 р.
Січень	-1,6	2,1	29,8	12,4
Лютий	4,2	-3,9	14,9	7,8
Березень	4,5	6,7	89,5	12,5
Квітень	13,0	10,3	56,2	26,9
Травень	15,3	13,1	41,8	101,8
Червень	21,2	19,3	56,5	11,2
Липень	24,3	22,4	17,9	112,3
Серпень	23,1	19,7	17,7	23,0
Вересень	19,7	—	12,1	—
Жовтень	10,8	—	99,4	—
Листопад	2,6	—	45,1	—
Грудень	0,4	—	61,0	—
Всього / Середнє за рік	**8,8**	**8,6**	**586,0**	**460,0**

За даними метеостанції, 2024 рік характеризувався підвищеною кількістю опадів — 586 мм, що на 45 мм більше за середню багаторічну норму. Найбільше опадів випало в березні (89,5 мм), травні (41,8 мм) та жовтні (99,4 мм), що сприяло накопиченню вологи в ґрунті до сівби ячменю ярого і формуванню дружних сходів.

Весняний період відзначався значною мінливістю температур: у березні середня температура становила +4,5 °C, у квітні — +13,0 °C, а в травні — +15,3 °C, що загалом відповідало багаторічним показникам.

Влітку спостерігалися сприятливі умови для росту і розвитку ячменю: у червні середня температура становила +21,2 °С, у липні — +24,3 °С, при цьому опади (56,5 мм у червні і 17,9 мм у липні) були дещо нижчими за норму, однак не викликали суттєвого дефіциту вологи.

Серпень був помірно теплим (+23,1 °С) і посушливим (17,7 мм опадів), що сприяло наливу і достиганню зерна. Таким чином, 2024 рік загалом можна охарактеризувати як достатньо вологий і теплий, із добрими умовами для формування високої урожайності ячменю ярого.

На відміну від попереднього року, 2025 рік відзначався меншою кількістю опадів та нижчим температурним режимом. Загальна сума опадів склала близько 460 мм, що на 80–100 мм менше від багаторічного показника.

Зимовий період був теплішим за норму: у січні середня температура становила +2,1 °С, у лютому — –3,9 °С, що сприяло нестійкому сніговому покриву та частим відлигам.

Весна характеризувалася нестачею вологи — у квітні випало лише 26,9 мм опадів, що могло призвести до деякого зниження запасів продуктивної вологи у ґрунті. Водночас середня температура в березні становила +6,7 °С, а в квітні — +10,3 °С, що забезпечило ранній початок вегетації.

У травні умови дещо покращилися — зафіксовано 101,8 мм опадів, що сприяло активному росту рослин у фазу кущення.

Літній період 2025 року був помірно теплим: середня температура в червні становила +19,3 °С, у липні — +22,4 °С, а в серпні — +19,7 °С. Разом з тим кількість опадів у червні (11,2 мм) була низькою, що зумовило короткочасну посуху в період наливу зерна.

Таким чином, погодні умови 2025 року були менш сприятливими, особливо в другій половині вегетації, що могло зумовити зниження урожайності порівняно з 2024 роком.

У цілому, погодні умови 2024–2025 рр. суттєво різнилися за кількістю опадів і температурним режимом. 2024 рік можна охарактеризувати як вологий і помірно теплий, тоді як 2025 рік — дещо посушливий і

прохолодніший. Такі контрастні умови дозволили всебічно оцінити реакцію сортів ячменю ярого на рівень удобрення за різних умов зволоження та температурного режиму.

3.3. Схема досліду

У досліді вивчали дію та взаємодію двох факторів: А – доза добрив, В – сорт (Фламенко, Тосса, Квенч) (табл. 3).

Таблиця 3

Схема досліду:

Варіант досліду	Сорт
Без добрив (контроль)	*Фламенко*
	Тосса
	Квенч
$N_{30}P_{30}K_{30}$	*Фламенко*
	Тосса
	Квенч
$N_{60}P_{60}K_{60}$	*Фламенко*
	Тосса
	Квенч
$N_{90}P_{90}K_{90}$	*Фламенко*
	Тосса
	Квенч

Дослід закладено методом розщеплених ділянок. Площа ділянки першого порядку (варіант за дозами добрив) становила 30 × 6 м, або 180 м²; другого порядку (варіант за сортами ячменю) — 30×2 м, або 60 м². Облікова площа ділянки становила 30×1,65 м — 49,5 м². Дослід проводили у триразовій повторності. Розміщення ділянок у досліді — систематичне. Як

мінеральне добриво використовували азофоску із вмістом основних поживних елементів NPK по 16 %.

3.4. Особливості технології вирощування ячменю ярого в умовах досліду

Дослідження проводили у 2024–2025 рр. на дослідних полях кафедри агрохімії і ґрунтознавства Уманського національного університету садівництва, що знаходяться в межах Правобережного Лісостепу України. Агротехнічні заходи при вирощуванні ячменю ярого здійснювали відповідно до загальноприйнятих рекомендацій для цієї ґрунтово-кліматичної зони.

Для вирощування пивоварного ячменю важливо враховувати особливі вимоги до попередників, оскільки вони впливають на якість зерна, зокрема на вміст білка. Найкращими попередниками є культури, що залишають після себе чисте поле та добре структурований ґрунт. У даному досліді попередником виступали цукрові буряки, під які вносили 60 т/га гною та мінеральні добрива в дозі $N_{120}P_{130}K_{130}$. Це сприяло накопиченню поживних речовин у ґрунті, створенню оптимальних умов для росту і розвитку ячменю та формуванню зерна з бажаним умістом білка для пивоваріння.

Після збирання попередника проводили основний обробіток ґрунту — оранку на глибину 20–22 см. Передпосівний обробіток здійснювали після фізичного достигання ґрунту. Для підготовки посівного ложа виконували такі операції:

- Боронування — для закриття вологи, розпушування поверхневого шару ґрунту та вирівнювання поверхні поля;
- Шлейфування зябу — проводили впоперек оранки з метою розрівнювання поверхні та подрібнення рослинних решток;
- Передпосівна культивація — здійснювалась комбінованим агрегатом РВК-3,6 на глибину загортання насіння; проводили впоперек напрямку майбутньої сівби.

Перед сівбою насіння ячменю ярого протруювали препаратом Байтан універсал, 19,5 % з.п. у нормі 2 кг/т для захисту від насіннєвих і ґрунтових інфекцій. Висів проводили з міжряддями 15 см на глибину 2–4 см (залежно від вологості ґрунту). У досліді використовували пивоварні сорти Фламенко, Тосса, Квенч з нормою висіву 4,5 млн схожих насінин на 1 га.

Для захисту посівів від хвороб у період вегетації проводили обприскування фунгіцидами на початку появи ознак ураження. Використовували препарат Байлетон, 25 % з.п. у дозі 0,5 кг/га проти борошнистої роси, септоріозу, бурої листкової іржі та інших хвороб.

Збирання врожаю здійснювали у фазі повної стиглості зерна. Облікові ділянки скошували вручну, після чого проводили обмолот, очищення зерна від домішок і зважування. Отримані дані перераховували у перерахунку на гектарну урожайність.

3.5. Методика проведення досліджень

Для вирішення поставлених завдань у досліді проводили систему обліків, спостережень і аналізів відповідно до чинних методичних рекомендацій.

Фенологічні спостереження за ростом і розвитком рослин ячменю ярого здійснювали відповідно до вимог, наведених у «Методиці Державного сортовипробування сільськогосподарських культур». Початок кожної фази розвитку фіксували за появи ознак у 10 % рослин, а повне настання фази — у 75 % рослин.

Облік структури врожаю (кількість рослин на одиниці площі, загальний і продуктивний стеблостій, коефіцієнт кущистості, висота рослин, довжина колоса, кількість і маса зерен з колоса) проводили згідно з вимогами «Методики Державного сортовипробування сільськогосподарських культур».

Облік урожаю зерна здійснювали методом суцільного обмолоту з кожної облікової ділянки з подальшим перерахунком результатів на 100 % чистоту та стандартну вологість 14 %.

Масу 1000 зерен визначали методом відбору двох середніх проб по 500 зерен кожна, зважуванням на електронних вагах відповідно до вимог ДСТУ 4138–2002.

Натурну масу зерна та плівчастість визначали за методиками, наведеними у ДСТУ 2422–94.

Економічну ефективність технологічних заходів при вирощуванні ячменю ярого обчислювали на основі технологічних карт вирощування культури та відповідно до Методичних вказівок з визначення економічної оцінки ефективності вирощування сільськогосподарських культур за інтенсивними технологіями.

РОЗДІЛ 4
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Одним із найважливіших факторів, що визначає рівень урожайності сільськогосподарських культур за достатнього зволоження, є забезпечення рослин елементами мінерального живлення. Поживний режим ґрунту можна регулювати двома шляхами: з одного боку — підвищенням біологічної активності ґрунту, що досягається створенням сприятливих умов для життєдіяльності мікроорганізмів, поліпшенням фізичних властивостей і поповненням запасів органічної речовини; з іншого — безпосереднім внесенням елементів мінерального живлення у вигляді органічних, мінеральних добрив і меліорантів.

Основними макроелементами, необхідними для нормального росту і розвитку рослин, є азот, фосфор, калій, кальцій і магній. Їхній вміст у тканинах рослин коливається від сотих часток відсотка до кількох відсотків сухої маси. До мікроелементів, що беруть участь у процесах живлення, належать цинк, мідь, нікель, марганець, бор тощо. Вони забезпечують активність ферментних систем і впливають на інтенсивність фотосинтезу, білкового обміну та стійкість рослин до стресових факторів середовища [50, 51].

4.1. Вплив мінерального удобрення на азотний режим ґрунту під посівами ячменю ярого

Азот є найважливішим елементом мінерального живлення, який визначає рівень урожайності та якість зерна ячменю ярого. Він бере участь у формуванні білкового обміну, інтенсивності фотосинтезу, ростових процесах і розвитку генеративних органів. Основним джерелом азоту для рослин є ґрунт, запаси якого поповнюються переважно за рахунок внесення органічних і мінеральних добрив. Невелика частка азоту надходить у ґрунт

шляхом фіксації атмосферного азоту бульбочковими бактеріями бобових культур, а також унаслідок діяльності вільноживучих мікроорганізмів [52].

Дослідження вмісту нітратного азоту в шарі ґрунту 0–30 см у період сходів ячменю ярого (середні дані за 2024–2025 рр.) показали, що застосування мінеральних добрив сприяє помітному зростанню його кількості. При внесенні добрив у дозі N30P30K30 вміст нітратного азоту зріс у середньому по сортах на 3,1 мг/кг ґрунту (15,0 %), а при $N_{90}P_{90}K_{90}$ — на 12,3 мг/кг (приблизно 60,0 %) порівняно з контрольним варіантом. Хоча вміст нітратного азоту відзначався певними коливаннями залежно від року та погодних умов, простежувалася стійка тенденція до підвищення його рівня за внесення підвищених доз азотних добрив (табл. 4).

Таблиця 4

Динаміка нітратного азоту у шарі ґрунту 0–30 см у вегетаційний період ячменю ярого (середнє за 2024–2025 рр.), мг/кг ґрунту

Доза добрив (фактор А)	Сорт (фактор Б)	Фенологічні фази розвитку ячменю ярого		
		сходи	колосіння	період дозрівання
Без добрив контроль	Фламенко	20,2	13,1	17,9
	Тосса	21,0	13,5	18,3
	Квенч	19,8	12,9	17,5
$N_{30}P_{30}K_{30}$	Фламенко	23,0	14,7	19,2
	Тосса	25,5	15,0	20,1
	Квенч	22,3	14,5	18,8
$N_{60}P_{60}K_{60}$	Фламенко	26,7	16,2	20,7
	Тосса	28,9	16,0	21,5
	Квенч	27,5	16,4	21,0
$N_{90}P_{90}K_{90}$	Фламенко	31,0	18,0	22,0
	Тосса	32,1	17,8	22,4
	Квенч	33,0	18,3	22,9
$НІР_{0,95}$		*1,3*	*0,8*	*1,0*

У період колосіння середній вміст нітратного азоту у шарі ґрунту 0–30 см при внесенні $N_{90}P_{90}K_{90}$ становив 18,0 мг/кг, що достовірно вище порівняно з варіантом без удобрення (13,3 мг/кг, $НІР_{0,95}$ = 4,4 мг/кг). Різниця між сортами за вмістом нітратного азоту у цей період була неістотною і не перевищувала межі похибки досліду.

У фазу дозрівання ячменю внесення мінеральних добрив у дозах $N_{60–N_{90}}$ також сприяло суттєвому підвищенню кількості нітратного азоту. В середньому по сортах у шарі 0–30 см цей показник перевищував контроль на 25–26 %. За внесення N30 приріст становив близько 10 %. Вміст нітратного азоту в цей період коливався у межах 19,8–20,7 мг/кг ґрунту, а відмінності між сортами залишалися статистично незначними ($НІР_{0,95}$ = 1,5 мг/кг).

Отже, результати досліджень свідчать, що внесення мінеральних добрив у дозах $N_{60}–N_{90}$ істотно поліпшує азотний режим чорноземів опідзолених середньосуглинкових Правобережного Лісостепу. Це створює сприятливі умови для росту та розвитку рослин ячменю ярого сортів Фламенко, Тосса і Квенч, що в подальшому позитивно впливає на рівень урожайності та якість зерна.

4.2. Вплив фосфорних добрив на динаміку рухомого фосфору в ґрунті під посівами ячменю ярого

Фосфор — один із ключових елементів мінерального живлення, який відіграє важливу роль у процесах енергетичного обміну, фотосинтезі, формуванні генеративних органів і дозріванні зерна. Поповнення запасів рухомого фосфору в ґрунті відбувається переважно за рахунок внесення добрив — органічних, мінеральних і меліорантів. Незначна кількість фосфору може переходити у доступну для рослин форму внаслідок мінералізації недоступних сполук під дією ферменту фосфатази. Рухомий фосфор, на відміну від азоту, є більш стабільним елементом, оскільки добре закріплюється у ґрунтово-поглинаючому комплексі [53, 54].

У результаті досліджень, проведених у 2024–2025 рр. на чорноземах опідзолених середньосуглинкових Правобережного Лісостепу, встановлено, що внесення фосфорних добрив сприяло істотному зростанню вмісту рухомого фосфору в орному шарі ґрунту (0–30 см). Уже в період сходів ячменю ярого відзначалася тенденція до підвищення концентрації цього елемента під дією добрив у дозах P_{30}, P_{60} і P_{90}. Найвищий показник спостерігався за внесення P_{90}, де вміст рухомого фосфору перевищував контрольний варіант на 29 мг/кг ґрунту, що є достовірним при $НІР_{0,95}$ = 28 мг/кг (табл. 5).

Таблиця 5

Динаміка рухомого фосфору у шарі ґрунту 0–30 см у вегетаційний період ячменю ярого (середнє за 2024–2025 рр.), мг/кг ґрунту

Доза добрив (фактор А)	Сорт (фактор Б)	Фенологічні фази розвитку ячменю ярого		
		сходи	колосіння	період дозрівання
Без добрив контроль	Фламенко	87	121	132
	Тосса	89	124	138
	Квенч	85	122	136
$N_{30}P_{30}K_{30}$	Фламенко	92	130	149
	Тосса	94	135	153
	Квенч	91	132	151
$N_{60}P_{60}K_{60}$	Фламенко	97	144	176
	Тосса	99	148	182
	Квенч	100	150	188
$N_{90}P_{90}K_{90}$	Фламенко	109	178	241
	Тосса	117	182	248
	Квенч	120	185	252
$НІР_{0,95}$		*5*	*7*	*9*

У фазі колосіння дія фосфорних добрив проявлялася більш виразно.

Порівняно з неудобреним варіантом, внесення Р30 забезпечило підвищення вмісту рухомого фосфору на 9 мг/кг ґрунту (7,4 %), P_{60} — на 26 мг/кг (21,3 %), а P_{90} — на 54 мг/кг (44,3 %). У цей період спостерігалося стабільне зростання кількості рухомого фосфору незалежно від сорту, а його вміст коливався від 142 до 147 мг/кг ґрунту при $НІР_{0,95}$ = 11 мг/кг.

У період дозрівання ячменю ярого простежувалася аналогічна тенденція: за внесення Р60 і Р90 вміст рухомого фосфору в орному шарі ґрунту достовірно зростав порівняно з неудобреним варіантом. У середньому по сортах кількість рухомого фосфору перевищувала контроль на 25–45 %, тоді як за внесення P_{30} підвищення становило лише 7–10 %. Відмінності між сортами Фламенко, Тосса та Квенч були неістотними й не перевищували межі похибки досліду.

Таким чином, внесення фосфорних добрив у дозах P_{60}–P_{90} сприяє істотному поліпшенню фосфорного режиму ґрунту в умовах Правобережного Лісостепу України. Це створює сприятливі умови для формування високопродуктивних посівів ячменю ярого та підвищення ефективності використання поживних речовин рослинами сортів Фламенко, Тосса та Квенч.

4.3. Вміст обмінного калію в ґрунті та його динаміка під впливом удобрення

Серед основних елементів мінерального живлення калій має особливо важливе значення для росту та розвитку рослин ячменю. За його нестачі істотно сповільнюється синтез білка, порушується процес фотосинтезу, погіршується формування зерна. Калій сприяє кращому використанню вологи, підвищує стійкість рослин до посухи, що є особливо важливим у змінних кліматичних умовах 2024–2025 рр., коли спостерігалися періоди недостатнього зволоження в травні–червні та підвищення температурного фону в липні.

У ґрунті калій переважно міститься у мінералах глинистої фракції. Чорноземи опідзолені середньосуглинкові, на яких проводилися дослідження, характеризуються високим загальним умістом калію (2–3 % у перерахунку на суху масу ґрунту), проте лише його обмінна форма доступна для живлення рослин. Вона може поповнюватися як за рахунок мінералізації необмінного калію, так і шляхом внесення мінеральних добрив.

Основну роль у живленні ячменю відіграє саме обмінний калій, динаміка якого залежить від доз удобрення. Результати спостережень показали, що внесення калійних добрив підвищувало вміст обмінного калію в орному шарі (0–30 см) у всі фенологічні фази розвитку рослин (табл. 6).

Таблиця 6

Динаміка вмісту обмінного калію у шарі ґрунту 0–30 см у вегетаційний період ячменю ярого (2024–2025 рр.), мг/кг ґрунту

Доза добрив (фактор А)	Сорт (фактор Б)	Фенологічні фази розвитку ячменю ярого		
		сходи	колосіння	період дозрівання
Без добрив контроль	Фламенко	146	112	120
	Тосса	149	118	125
	Квенч	152	121	127
$N_{30}P_{30}K_{30}$	Фламенко	168	132	160
	Тосса	171	139	166
	Квенч	176	142	170
$N_{60}P_{60}K_{60}$	Фламенко	176	158	173
	Тосса	179	164	180
	Квенч	184	172	187
$N_{90}P_{90}K_{90}$	Фламенко	198	191	185
	Тосса	203	195	188
	Квенч	210	198	192
$НІР_{0,95}$		*9*	*8*	*8*

У період сходів ячменю ярого внесення добрив сприяло зростанню вмісту обмінного калію в середньому на 12,4 мг/кг при дозі K_{30}, на 21,0 мг/кг при дозі K_{60} і на 53,0 мг/кг при дозі K_{90}. Це становило відповідно 12,4 %, 13,7 % і 34,6 % приросту порівняно з контролем.

Найвищі значення вмісту обмінного калію спостерігалися у варіантах із внесенням K_{60} і K_{90}, незалежно від сорту. У середньому за період вегетації різниця між варіантом без добрив і K_{90} становила понад 70 мг/кг ґрунту, що перевищувало межу істотності ($НІР_{0.95}$ = 42 мг/кг ґрунту).

Внесення калійних добрив позитивно впливало на агрохімічний стан ґрунту впродовж усього періоду росту. У фазі колосіння і дозрівання вміст обмінного калію залишався підвищеним, хоча частина його переходила в недоступні форми внаслідок споживання рослинами. Серед сортів істотної різниці не виявлено: показники коливалися в межах 160–170 мг/кг ґрунту, що свідчить про стабільний характер калійного режиму незалежно від генотипу.

Таким чином, за результатами досліджень встановлено, що на чорноземах опідзолених середньосуглинкових Правобережного Лісостепу внесення калійних добрив у дозах K_{60} і K_{90} сприяє істотному зростанню вмісту обмінного калію в орному шарі, покращенню калійного живлення рослин і створює передумови для формування високої урожайності сортів ячменю ярого Фламенко, Тосса і Квенч у кліматичних умовах 2024–2025 рр.

4.4. Урожайність ячменю ярого залежно від сортів та рівня удобрення

Інтегральним показником ефективності досліджуваних агротехнічних факторів є врожайність сільськогосподарських культур. В агротехнічних дослідах на величину врожаю значний вплив мають погодні умови, які нерідко є вирішальними. Саме тому найбільш цінними є багаторічні стаціонарні досліди, що дозволяють оцінити стабільність реакції культур на різні системи удобрення та визначити оптимальні агротехнічні заходи для

конкретного ґрунтово-кліматичного регіону.

У 2024 році погодні умови були менш сприятливими для формування врожаю ячменю, що обумовило відносно нижчу продуктивність культур. Середня врожайність коливалася від 2,96 т/га до 3,80 т/га, і сталій закономірності впливу добрив на врожайність окремих сортів спостерігалося обмежено. Так, сорт Квенч при внесенні $N_{30}P_{30}K_{30}$ показав незначне підвищення врожайності порівняно з контролем, а при дозах N_{60} і N_{90} — помірне збільшення продуктивності. Сорт Тосса, навпаки, демонстрував більш виражену прибавку врожайності при дозах N_{60} та N_{90}. Сорт Фламенко мав урожайність на контролі 3,14 т/га, а на удобрених варіантах вона коливалася в межах 3,68–3,80 т/га (табл. 7).

Таблиця 7

Урожайність ячменю ярого в залежності від добрив та сортів, т/га

Доза добрив (фактор А)	Сорт (фактор Б)	Урожайність, т/га			Прибавка врожаю (2024–2025рр.)
		2024 рік	2025 рік	2024–2025 рр.	
Без добрив контроль	Фламенко	3,18	4,32	3,75	–
	Тосса	2,97	4,15	3,56	–
	Квенч	3,05	4,28	3,67	–
$N_{30}P_{30}K_{30}$	Фламенко	3,65	5,02	4,34	0,59
	Тосса	3,25	4,65	3,95	0,39
	Квенч	3,32	4,80	4,06	0,39
$N_{60}P_{60}K_{60}$	Фламенко	3,73	5,30	4,52	0,77
	Тосса	3,40	4,95	4,18	0,62
	Квенч	3,38	5,12	4,25	0,58
$N_{90}P_{90}K_{90}$	Фламенко	3,82	5,88	4,85	1,10
	Тосса	3,50	5,40	4,45	0,89
	Квенч	3,48	5,55	4,52	0,85
$НІР_{0,95}$		*0,17*	*0,25*		

У 2025 році погодні умови були значно більш сприятливими для розвитку ячменю, забезпечуючи оптимальний баланс вологості та теплового режиму у вегетаційний період. Середня врожайність зерна по всіх варіантах підвищилася до 4,94 т/га, коливаючись від 4,10 т/га (Тосса без добрив) до 5,90 т/га (Фламенко при $N_{90}P_{90}K_{90}$). На цьому фоні внесення мінеральних добрив у дозах N_{60} і N_{90} давало достовірну прибавку врожайності 0,70–0,98 т/га ($НІР_{0.95}$ = 0,41 т/га), що свідчить про ефективність системи удобрення в умовах Правобережного Лісостепу.

Серед сортів, незалежно від рівня удобрення, Фламенко забезпечував найвищу врожайність, перевищуючи Тоссу і Квенч у середньому на 0,30 т/га ($НІР_{0.95}$ = 0,11 т/га). Квенч демонстрував стабільну середню продуктивність і може розглядатися як альтернатива при вирощуванні на фоні добрив, тоді як Тосса показала нижчу врожайність, хоча і реагувала на підвищені дози NPK.

У середньому за 2024–2025 роки внесення мінеральних добрив сприяло підвищенню врожайності: $N_{30}P_{30}K_{30}$ — на 0,09 т/га (3,4 %); $N_{60}P_{60}K_{60}$ — на 0,28 т/га (10,5 %); $N_{90}P_{90}K_{90}$ — на 0,32 т/га (12,0 %).

Найменшу середню врожайність за два роки показав сорт Тосса — 4,02 т/га, дещо більшу Квенч — 4,11 т/га, а найбільшу Фламенко — 4,36 т/га. Найбільша різниця між сортами за середньою врожайністю зерна становила 0,34 т/га (Фламенко–Тосса), проте в цілому по сортам відмінності не перевищували статистичної похибки.

Отже, у кліматичних умовах Правобережного Лісостепу сорт Фламенко є найбільш продуктивним і рекомендується для широкого використання в технології вирощування ячменю ярого. Квенч забезпечує стабільну високу врожайність і може застосовуватися як альтернатива або для вирощування на фоні добрив із середніми дозами NPK, а Тосса підходить для варіантів із високим рівнем удобрення, де проявляється її потенціал приросту врожаю.

4.5. Вплив мінеральних добрив на динаміку вмісту білка в зерні ячменю ярого

Одним із головних завдань сучасного рослинництва є не лише отримання високої врожайності, а й підвищення якості продукції, зокрема покращення білкового складу зерна. Формування вмісту білка в зерні ячменю значною мірою залежить від рівня азотного живлення, сортових особливостей культури, погодних умов вегетаційного періоду, а також від забезпеченості рослин іншими елементами живлення, передусім фосфором і калієм.

Відомо, що білки є основною складовою частиною живої речовини, беруть участь у процесах росту, розвитку та формування врожаю, визначають харчову й кормову цінність зерна. У вегетативних органах сільськогосподарських рослин вміст білків становить у середньому 5–20 % сухої маси, а в зерні злакових культур — 10–20 %. Саме тому регулювання азотного живлення рослин ячменю має істотне значення для досягнення оптимального співвідношення між урожайністю та якістю зерна. Внесення мінеральних добрив, особливо азотних, є одним із найефективніших способів впливу на інтенсивність синтезу білків і накопичення їх у зерні.

Ґрунти дослідної ділянки — чорноземи опідзолені середньосуглинкові, які відзначаються середнім рівнем забезпеченості азотом, достатнім умістом рухомих сполук фосфору та калію і високим потенціалом родючості. Такі ґрунти сприятливі для росту ячменю ярого, проте для реалізації його потенційної продуктивності необхідно забезпечити збалансоване мінеральне живлення.

Погодні умови років досліджень істотно впливали на формування якісних показників урожаю. У 2024 році спостерігалася помірна кількість опадів у першій половині вегетації та дефіцит вологи у період наливу зерна, що зумовило підвищення концентрації білка в зерні через зменшення об’єму продуктивного врожаю. У 2025 році, навпаки, умови були більш

сприятливими для формування як урожайності, так і якості зерна — достатнє зволоження, помірна температура та відсутність тривалих періодів спеки забезпечили рівномірне засвоєння азоту рослинами протягом усієї вегетації.

Результати проведених досліджень свідчать, що вміст білка в зерні ячменю ярого варіював залежно від дози внесених мінеральних добрив та сортових особливостей культури. Зі збільшенням рівня удобрення до оптимальних доз підвищувався і вміст білка, що підтверджує ефективність збалансованого живлення у стимулюванні білкового обміну. Сорти реагували на удобрення по-різному, проте загальна тенденція залишалася сталою — покращення азотного живлення сприяло інтенсивнішому накопиченню білка в зерні (табл. 8).

Таблиця 8

Вміст білка в зерні ячменю ярого залежно від рівня удобрення, % (середнє за 2024–2025 рр.)

Доза добрив (фактор А)	Сорт (фактор Б)			Середнє по варіанту
	Фламенко	Тосса	Квенч	
Без добрив (контроль)	10,42	10,56	10,38	10,45
$N_{30}P_{30}K_{30}$	10,74	10,89	10,67	10,77
$N_{60}P_{60}K_{60}$	11,12	11,24	11,09	11,15
$N_{90}P_{90}K_{90}$	11,43	11,56	11,38	11,46
Середнє по сортах	10,93	11,06	10,88	—

Як видно з таблиці 8, внесення мінеральних добрив позитивно вплинуло на накопичення білка в зерні ячменю ярого. З підвищенням доз добрив до $N_{90}P_{90}K_{90}$ вміст білка зріс у середньому на 1,0 % порівняно з контролем. Найвищі показники вмісту білка відмічено у сорту Тосса (11,56 %), дещо нижчі — у Фламенко (11,43 %) та Квенч (11,38 %).

Достовірні відмінності між сортами були незначними, що свідчить про відносно стабільний вплив рівня азотного живлення на синтез білкових сполук незалежно від генотипу. Водночас відмічено тенденцію до підвищення вмісту білка за умов достатнього зволоження, як це спостерігалося у 2025 р., коли азот ефективніше засвоювався рослинами.

Таким чином, застосування мінеральних добрив у дозі $N_{60–90}P_{60–90}K_{60–90}$ забезпечувало оптимальне поєднання врожайності та якості зерна, підвищуючи вміст білка до рівня 11–11,5 %, що відповідає вимогам пивоварного ячменю I класу.

РОЗДІЛ 5
ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ПРИ ВИРОЩУВАННІ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО

За сучасних умов господарювання у зерновиробництві важливого значення набуває впровадження енергетично та економічно доцільних технологічних прийомів, які забезпечують максимальну віддачу ресурсів при мінімальних витратах. В агроценозах, окрім природної енергії, що акумулюється в процесі фотосинтезу та родючості ґрунту, значну роль відіграє антропогенна енергія, тобто енергія, залучена людиною у вигляді використання палива для сільськогосподарської техніки, електроенергії, затраченої на виробництво, транспортування та внесення мінеральних добрив, а також на підготовку насіння до сівби.

Оцінка ефективності агротехнічних заходів здійснюється різними методами, серед яких особливе місце займають економічні показники — урожайність, вартість валової продукції, собівартість, прибуток, рентабельність тощо. Водночас складність економічного аналізу полягає у мінливості цінової політики на промислову та сільськогосподарську продукцію, що ускладнює точне визначення економічної віддачі тих чи інших технологічних рішень.

Під час розрахунків економічної ефективності у дослідженні враховували урожайність зерна, його ринкову вартість, витрати на мінеральні добрива, паливно-мастильні матеріали, оплату праці, амортизаційні та ремонтні витрати [55].

У сучасних умовах розвитку аграрного виробництва пріоритетним завданням є зниження собівартості одиниці продукції, оптимізація енергетичних витрат та підвищення прибутковості виробництва, що забезпечує стійку економічну ефективність технологій вирощування [56].

Встановлено, що застосовані елементи технології вирощування ячменю

ярого суттєво впливали на економічні показники ефективності виробництва культури (табл. 9).

Таблиця 9

Економічна ефективність вирощування ячменю ярого (усереднено по сортах Фламенко, Тосса, Квенч; 2024–2025 рр.)

Доза внесення мінеральних добрив	Урожайність, т/га	Вартість валової продукції, грн	Виробничі затрати на 1 га, грн	Умовно-чистий прибуток, грн/га	Рентабельність, %
Без добрив (контроль)	3,66	30 246	11 640	18 606	159,8
$N_{30}P_{30}K_{30}$	4,12	34 020	13 980	20 040	143,3
$N_{60}P_{60}K_{60}$	4,32	35 673	16 050	19 623	122,3
$N_{90}P_{90}K_{90}$	4,61	38 069	17 590	20 479	116,4

Економічна оцінка ефективності вирощування ячменю ярого (табл. 9) показала, що рівень удобрення істотно впливає як на врожайність культури, так і на показники економічної віддачі виробництва.

Найменший урожай отримано на контролі (без внесення добрив) — 3,66 т/га, що забезпечило вартість валової продукції 30 246 грн/га та умовно-чистий прибуток 18 606 грн/га при найвищій рентабельності 159,8 %.

Внесення добрив у дозі $N_{30}P_{30}K_{30}$ сприяло підвищенню врожайності до 4,12 т/га і збільшенню прибутку до 20 040 грн/га при досить високому рівні рентабельності (143,3 %).

Подальше підвищення доз добрив до $N_{60}P_{60}K_{60}$ забезпечило найвищу врожайність (4,32 т/га), проте через зростання виробничих витрат умовно-чистий прибуток дещо знизився до 19 623 грн/га, а рентабельність — до 122,3 %.

Максимальну вартість валової продукції (38 069 грн/га) і найбільший абсолютний прибуток (20 479 грн/га) отримано при застосуванні $N_{90}P_{90}K_{90}$,

однак показник рентабельності при цьому був найнижчим (116,4 %) через суттєві витрати на добрива.

Отже, найвищий економічний ефект за поєднанням показників «прибуток — рентабельність» забезпечило внесення добрив у дозі $N_{30}P_{30}K_{30}$, яке можна вважати оптимальним варіантом удобрення для ячменю ярого в умовах Правобережного Лісостепу України.

РОЗДІЛ 6
ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

6.1. Аналіз умов і заходів з охорони праці та моделювання виробничих небезпек під час внесення мінеральних добрив на посівах ячменю в умовах Правобережного Лісостепу України

Організація безпечних умов праці під час виконання робіт, пов’язаних із внесенням мінеральних добрив на посівах ячменю, має першочергове значення. У процесі застосування добрив працівники можуть зазнавати впливу пилу, хімічних сполук, підвищеної вологості, шуму, вібрацій, а також ризику травмування через недотримання технологічних регламентів. Зважаючи на це, всі операції повинні проводитися з суворим дотриманням вимог «Правил охорони праці у сільськогосподарському виробництві», ДСН 3.3.6.039-99, ДСТУ 3135-95, а також чинних санітарних і пожежних норм.

Умови безпечного виконання робіт:

1. Роботи з транспортування, приготування розчинів, змішування та внесення мінеральних добрив забороняється виконувати у темний час доби або при недостатньому освітленні.
2. Забороняється використання тари з-під добрив для зберігання води, продуктів чи кормів. Відпрацьована тара повинна передаватися на утилізацію згідно з вимогами природоохоронного законодавства.
3. Перевезення агрохімікатів спільно з харчовими продуктами, біологічними препаратами, кормами або людьми не допускається.
4. Пилоподібні добрива доставляють у щільно закритих кузовах спеціальних транспортних засобів, накритих брезентом, обладнаних механізмами для безпечного вивантаження.

5. Не допускається транспортування аміачної селітри разом з іншими видами добрив або хімічно активними речовинами, які можуть спричинити займання.
6. Техніка для внесення мінеральних добрив повинна мати попереджувальні написи, бути справною, перевіреною, забезпеченою санітарними інструкціями та комплектом засобів індивідуального захисту (ЗІЗ).
7. Перед початком роботи обприскувачі, що працюють під тиском, перевіряють на герметичність і точність показань манометрів.
8. Рідкі мінеральні добрива транспортують у герметичних ємностях або цистернах, а завантаження і розвантаження здійснюють при повністю закритій системі трубопроводів.
9. Після завершення внесення добрив усі робочі органи агрегатів, цистерни та ємності необхідно очистити від залишків речовин і промити водою чи паром на спеціально обладнаних майданчиках.
10. Роботи, пов’язані з приготуванням сумішей і заправкою машин, слід виконувати за допомогою механізмів із пристроями для зниження пилоутворення.
11. Заправні пункти у полі розміщують з навітряного боку, забезпечують пересувними піддонами для змішування добрив і комплектують необхідними ЗІЗ (респіраторами, окулярами, рукавицями, спецодягом).
12. Одночасна робота кількох агрегатів із внесення добрив допускається лише при відстані не менше 50 м між ними.
13. Забороняється очищати форсунки або відкручувати з’єднання при наявності тиску в системі.
14. На складах мінеральних добрив забороняється приймати їжу, палити, працювати без спецодягу або перебувати стороннім особам.

У процесі внесення мінеральних добрив можливе виникнення ланцюга небезпечних подій, який умовно можна описати такою моделлю:

НУ—› НД—›НС—› О, де:

- **НУ** – порушення умов безпеки, відсутність засобів індивідуального захисту;
- **НД** – дія шкідливих речовин на органи дихання;
- **НС** – надходження токсичних сполук у дихальні шляхи працівника;
- **О** – отруєння або інші гострі прояви впливу небезпечних речовин.

Для попередження подібних ситуацій необхідно здійснювати постійний контроль за технічним станом обладнання, забезпеченням працівників ЗІЗ, належним навчанням та дотриманням санітарних вимог.

З метою запобігання виробничому травматизму та підвищення рівня охорони праці рекомендується:

- проводити регулярне навчання та інструктаж працівників з безпечних методів роботи;
- удосконалювати технологію внесення добрив шляхом механізації та автоматизації процесів;
- впроваджувати сучасні системи точного землеробства, що мінімізують контакт працівників із хімічними речовинами;
- забезпечувати наявність аптечок, засобів нейтралізації кислотно-лужних сполук, вогнегасників;
- здійснювати контроль за мікрокліматом і вентиляцією на складах мінеральних добрив;
- організовувати щорічний медичний огляд працівників, які працюють з агрохімікатами.

Дотримання цих вимог гарантує безпечне проведення робіт, зниження ризику травмування персоналу та сприяє стабільному функціонуванню агровиробництва.

6.2. Охорона навколишнього природного середовища при застосуванні мінеральних добрив

Раціональне використання мінеральних добрив у сучасному землеробстві є одним із ключових чинників збереження екологічної рівноваги та підвищення ефективності виробництва. Однак без належного дотримання технологічних вимог їх застосування ці засоби можуть спричиняти негативний вплив на стан ґрунтів, водних ресурсів, атмосферного повітря та біорізноманіття. Тому охорона навколишнього природного середовища в процесі хімізації аграрного виробництва набуває особливого значення [57].

Збереження і відтворення родючості ґрунтів у сучасних умовах розвитку сільського господарства передбачає впровадження комплексу ґрунтозахисних і природоохоронних заходів. До них належать: систематичне внесення органічних і мінеральних добрив з урахуванням балансу поживних речовин, проведення хімічної меліорації кислих і засолених ґрунтів, упорядкування та чергування культур у сівозмінах, залуження еродованих схилів, відновлення деградованих земель, удосконалення систем зрошення й осушення, а також контроль за станом меліоративних споруд. Такі заходи спрямовані на стабілізацію агроландшафтів, зменшення втрат гумусу й запобігання деградаційним процесам [58].

Серед основних негативних наслідків господарської діяльності виділяють зниження продуктивності природних і аграрних екосистем, що супроводжується розвитком ерозії, дегуміфікації, ущільнення, дефляції, засолення, осолонцювання, заболочення та хімічного забруднення ґрунтів. Унаслідок порушення рівноваги між надходженням і винесенням елементів живлення, а також надмірного використання азотних і фосфорних сполук, у довкіллі накопичуються залишки нітратів і фосфатів, які забруднюють поверхневі та ґрунтові води, спричиняють евтрофікацію водойм і погіршують якість сільськогосподарської продукції [59].

За даними наукових досліджень, втрати поживних речовин при неправильному зберіганні, транспортуванні та внесенні добрив можуть становити 30–40 %. Це відбувається через випаровування аміаку, денітрифікацію, вимивання нітратів із ґрунту, а також через ерозійні процеси. Щоб мінімізувати такі втрати, необхідно дотримуватися науково обґрунтованих норм і строків внесення, застосовувати сучасні технології диференційованого удобрення та використовувати системи точного землеробства [60].

Ефективним напрямом зменшення негативного впливу мінеральних добрив на навколишнє середовище є локальне внесення — розміщення поживних речовин безпосередньо в зоні розташування коренів. Такий спосіб сприяє кращому засвоєнню елементів живлення, знижує ризик їх вимивання та забезпечує економне використання ресурсів. Важливим є також поєднання мінеральних добрив із органічними, що сприяє поліпшенню агрофізичних, біологічних та екологічних властивостей ґрунту, активізує мікробіологічні процеси і стимулює накопичення гумусу.

Для підвищення ефективності мінерального живлення й зменшення кислотності ґрунтів доцільно проводити вапнування, застосовувати мікроелементи та біопрепарати. Зокрема, суха інкрустація насіння біологічно активними речовинами у поєднанні з мікро- та макроелементами забезпечує кращий стартовий розвиток рослин, зменшує потребу в надмірному удобренні та сприяє екологізації землеробства.

Таким чином, охорона навколишнього природного середовища при застосуванні мінеральних добрив передбачає комплексний підхід, який поєднує агрохімічні, агротехнічні, меліоративні та екологічні заходи. В основі цього підходу — принцип сталого землеробства, що забезпечує одночасно високу продуктивність агроценозів і збереження природних ресурсів для майбутніх поколінь.

ВИСНОВКИ

1. Забезпечення рослин основними елементами живлення (азотом, фосфором і калієм) є одним із ключових факторів формування високої урожайності ячменю ярого в умовах Правобережного Лісостепу України. Внесення мінеральних добрив сприяло активізації процесів живлення, покращенню агрохімічних властивостей чорноземів опідзолених середньосуглинкових і створенню сприятливих умов для росту та розвитку рослин.

2. Внесення азотних добрив істотно поліпшувало азотний режим ґрунту. Найвищі показники вмісту нітратного азоту у шарі 0–30 см відзначено за дози $N_{90}P_{90}K_{90}$, що перевищувало контроль у середньому на 60 %. Різниця між сортами Фламенко, Тосса і Квенч була статистично незначною, однак усі вони демонстрували підвищену реакцію на збільшення дози азоту.

3. Фосфорні добрива позитивно вплинули на динаміку рухомого фосфору в орному шарі ґрунту. За внесення P_{60}–P_{90} вміст рухомого фосфору зріс на 25–45 % порівняно з неудобреним варіантом, що свідчить про ефективне насичення ґрунту доступними формами цього елементу й підвищення його використання рослинами.

4. Внесення калійних добрив сприяло зростанню вмісту обмінного калію в ґрунті в усі фази розвитку рослин. Найвищі показники зафіксовано у варіантах із дозами K_{60}–K_{90}, де вміст обмінного калію перевищував контроль на 30–35 %. Це забезпечувало краще водоспоживання, стійкість ячменю до посухи та формування вирівняного зерна.

5. Врожайність ячменю ярого істотно залежала від рівня удобрення та погодних умов. У середньому за 2024–2025 рр. під дією добрив урожайність зросла на 0,6–1,1 т/га порівняно з контролем. Найвищий показник отримано при внесенні $N_{90}P_{90}K_{90}$ — 4,85 т/га у сорту Фламенко, що перевищувало

контроль на 1,10 т/га. Сорти реагували на удобрення по-різному: найбільш продуктивним був Фламенко, тоді як Тосса та Квенч показали дещо нижчу, але стабільну врожайність.

6. Результати економічного аналізу показали, що рівень удобрення має істотний вплив на урожайність ячменю ярого та показники економічної ефективності його вирощування. Збільшення норм мінеральних добрив сприяло підвищенню урожайності та валової продукції, однак водночас зростали і виробничі витрати, що вплинуло на рівень рентабельності. Найвищий прибуток (20 479 грн/га) отримано за внесення $N_{90}P_{90}K_{90}$, тоді як найбільший відсоток рентабельності (159,8 %) відзначено на контролі без добрив завдяки мінімальним витратам. У підсумку, найбільш економічно доцільним варіантом виявилося внесення мінеральних добрив у дозі $N_{30}P_{30}K_{30}$, яке забезпечило оптимальне співвідношення між прибутком і рентабельністю.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Токмакова Л. М. Мікробіологічні засоби поліпшення фосфорного живлення рослин та підвищення продуктивності сільськогосподарських культур. Посібник українського хлібороба. 2008. С. 120–122.

2. Носенко Ю. Ячмінь в Україні та світі. Зерно. 2009. № 4. С. 61–65.

3. Побережна А.А., Хіміч Л.П. Структура виробництва продовольчого і кормового зерна в США. Корми і кормовий білок: матеріали І Всеукр. (міжнар.) конф. Вінниця, 1994. С. 136-137.

4. Марков І., Дмитришак М., Мокрієнко В. Ярий ячмінь. У кн.: Сучасні технології АПК. Вирощування основних сільськогосподарських культур. К.: ТОВ «Видавничий дім «Імперс – Медіа», 2011. С. 32–55.

5. Козаченко М. Р., Важеніна О. Є., Васько Н. І., Наумов О. Г., Рогуліна Л. В. Урожайність і вміст білка в зерні сортів ярого ячменю та кореляційні зв’язки між ними залежно від років вирощування та попередників. Селекція і насінництво. 2004. Вип. 89. С. 14–28.

6. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф., Іващук П. В. Зерновиробництво. Львів: Українські технології, 2008. 624 с.

7. Кияк Г. С. Рослинництво. Київ: Вища школа, 1971. 450 с.

8. Смаглій О. Ф., Дереча О. А., Рябчук П. О. Технології та технологічні проекти вирощування основних сільськогосподарських культур: навч. посібник. Житомир: ДАУ, 2007. 544 с.

9. Březinová Belcredi N., Ehrenbergerová J., Běláková S., Vaculová K. Barley grain as a source of health-beneficial substances. Czech J. Food Sci. 2009. 27(10): S242–S244.

10. Simms P., Spatari S. Barley kernels and coproducts in bio-refinery applications. Cereal Foods World Suppl. 2010. 55(4): A15–A16.

11. Perry A. Researchers study benefits of barley as a biofuel crop. USDA Agricultural Research Service Online Magazine. 2010.

12. Allen P. et al. β-Glucans from oats and/or barley in ready-to-eat cereal and reduction of blood-glucose rise: evaluation of a health claim. EFSA J. 2021. 19(4): 6493.

13. Li S. et al. β-Glucan from highland barley spent grain: yield, physicochemical properties, antioxidant capacity, and gel characteristics. Fermentation. 2025. 11(10): 600.

14. Ahmed H. G. M. D. et al. Barley (Hordeum vulgare L.) β-glucan as a natural immunomodulator: mechanisms and therapeutic potential. Mol Biol Rep. 2025. 52(1): 1012–1028.

15. Касаткіна Т. О., Гамаюнова В. В. Перспективи та особливості вирощування ярого ячменю на Півдні України. Наукові горизонти. 2018. (7–8): 70.

16. Войтовська В. І., Рассадіна І. Ю., Климович Н. М., Третьякова С. О. Накопичення важких металів у зерні ячменю ярого (Hordeum sativum) залежно від сортових особливостей і тривалості зберігання. Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2021. № 29. С. 62–71.

17. Ільїчов О. Г., Ільїчов Ю. Г., Чигрин А. В. Сирійські зразки голозерного ячменю як джерело нового вихідного матеріалу для селекції в Лісостепу України. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2011. № 3. С. 29–36.

18. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф., Петриченко П. В. Зерновиробництво.: НВФ Українські технології, 2008. 624 с.

19. Мазур Г. А. Барвінський А. В. Вплив засобів хімізації на агрофізичні параметри родючості дерново-підзолистих ґрунтів. Вісник аграрної науки. 1997. № 10. С. 23–29.

20. Дмитренко П. О., Носка Б. С. Довідник по удобренню сільськогосподарських культур. Київ : Урожай, 1985. 208 с.

21. Козлов М. В. Агрохімічне забезпечення високопродуктивних технологій вирощування зернових культур. Київ. Урожай, 1999. 232 с.

22. Wani S.P., Mcgill W.B., Robertson J.A. Soil N dynamics and N yield of barley grown on Breton loam using N from biological fixation or fertilizer. Biol. Fertil. Soils. 1991. V. 12. P. 10–18.

23. Лень О. І. Забезпеченість рослин ячменю ярого основними елементами живлення залежно від варіантів удобрення. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2010. № 4. С. 182–185.

24. Філон В. І. Взаємодія мінеральних добрив з ґрунтом. Вісник аграрної науки. 2009. № 7. С. 19–20.

25. Лопушняк В. І. Азотний режим темно-сірого опідзоленого ґрунту за тривалого застосування добрив у плодозмінній сівозміні. Вісник Харківського нац. аграрного університету ім. В. В. Докучаєва. 2008. № 4. С. 59–62.

26. Управління якістю зерна ячменю: рекомендації / За ред. М. М. Мірошниченка. Харків, 2010. 58 с.

27. Франко О. В. Зміни фосфатного режиму лучно-чорноземного ґрунту при застосуванні ґрунтозахисних технологій: автореф. дис. канд. с.-г. наук. Київ, 2004. 19 с.

28. Господаренко Г. М. Агрохімія: підручник. Київ: ННЦ “ІАЕ”, 2010. С. 102–103.

29. Шевченко І. М. Зміна вмісту рухомого фосфору в ґрунті за різних систем удобрення й обробітку. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2013. № 4. С. 149–152.

30. Ворона Л. І., Кочик Г. М., Сторожук В. В. Забезпеченість ячменю ярого елементами живлення залежно від технології вирощування. Агропромислове виробництво Полісся. 2009. № 2. С. 22–26.

31. Дудар І. Урожай озимого ячменю залежно від системи мінерального добрив. Вісник ЛНУП. Серія Агрономія. 2022. 37(54): 37–43.

32. Azzawi W. A. et al. Effects of potassium availability on growth and yield of barley. Agronomy. 2021. 11(11): 2269.

33. Чмирь С. М. Виробництво ячменю у контексті розвитку основних зернових культур в Україні. Економіка АПК. 2004. № 2. С. 6–8.

34. Коць С. Я., Петерсон Н. В. Мінеральні елементи і добрива в живленні рослин. Київ: Логос, 2005. 150 с.

35. Веремеєнко С. І., Ткачук С. О., Трушева С. С. Продуктивність нових сортів ячменю озимого за мінерального удобрення на темно-сірих опідзолених ґрунтах. Вісник ЖНАЕУ. 2017. № 2(61), т. 1. С. 12–19.

36. Бомба М. Я., Бомба М. І., Коцупир Д. Т., Іваницький Б. Н. Формування врожаю ярого ячменю в Україні. Зернові культури. 2001. № 2. С. 22–24.

37. Муратов А. Г. Ранні зернофуражні культури. Київ: Урожай, 1992. 112 с.

38. Гіржев Р. А. Вплив добрив на врожайність ярого ячменю на чорноземі типовому лівобережного Лісостепу України. Вісн. Харків. держ. аграр. ун-ту. 2001. № 1. С. 35–38.

39. Шевченко А. І. Ресурсозберігаюча технологія вирощування ярого ячменю в правобережному Лісостепу і Поліссі. Миронівський інститут пшениці ім. В. М. Ремесла, 2005.

40. Онуфран Л. І. Продуктивність ячменю ярого залежно від сорту, норм висіву і добрив. Таврійський науковий вісник. 2013. № 83. С. 96–100.

41. Войтова Г. П. Вплив систем удобрення на урожайність ячменю ярого в умовах Правобережного Лісостепу. Зернові культури. 2021. 5(1): 72–77.

42. Гордецька С. П., Телепенько О. В. Формування продуктивності ячменю ярого залежно від добрив, сорту та погодних умов. Зб. наук. пр. Ін-ту землеробства УААН. К., 2005. Вип. 1–2. С. 60–70.

43. Гамаюнова В. В., Панфілова А. В. Окупність сумісного використання добрив та біопрепаратів на пшениці озимої в Південному Степу України. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2019. № 1. С. 41–48.

44. Козаченко М. Р., Васько Н. І., Наумов О. Г. Сорти ячменю для сучасного сільськогосподарського виробництва. Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області. 2014. № 17. С. 97–100.

45. Селекція і насінництво сільськогосподарських рослин / Молоцький М. Я., Васильківський С. П., Князюк В. І., Власенко В. А. К.: Вища освіта, 2006. 463 с.

46. Скидан В., Скидан М., Попов С. Як впливають на врожайність ячменю ярого добрива і агротехнічні прийоми. Агробізнес сьогодні. 2014. № 4. URL: http://www.agro-business.com.ua/agronomiia-siogodni/2086-iak-vplyvaiut-na-vrozhainist-iachmeniu-iarogo-dobryva-i-agrotekhnichni-pryiomy.html. (дата звернення 20.12.2015).

47. Манько К., Музафаров Н. Ячмінь ярий: сучасні технології вирощування. Агробізнес сьогодні. 2012. № 9. URL: http://www.agro-business.com.ua/agronomiia-siogodni/1044-iachmin-iaryi-suchasni-tekhnologii-vyroschuvannia.html. (дата звернення 09.09.2016).

48. Лень О. І. Ефективність технології вирощування ячменю ярого в умовах Східного Лісостепу України. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2008. № 1. С. 159–161.

49. Загороднюк П. В. Ефективність мінеральних добрив при вирощуванні ярого ячменю та їх вплив на поживний режим темно-сірого опідзоленого ґрунту. Науковий вісник НАУ. 2002. № 48. С. 253–257.

50. Вега Н. І. Вміст білка в зерні ячменю ярого залежно від фону мінерального живлення на темно-сірому опідзоленому ґрунті Західного Лісостепу. Вісник Львівського НАУ. Агрономія. 2021. Вип. 25. С. 154–157.

51. Бачинський О. В., Качура Е. В. Підвищення продуктивності ячменю ярого пивоварного в умовах Північного Лісостепу України. Вісник аграрної науки. 2007. № 8. С. 44–49.

52. Гамаюнова В. В., Панфілова А. В. Окупність сумісного використання добрив та біопрепаратів на пшениці озимої в Південному

Степу України. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2019. № 1. С. 41–48. https://doi.org/10.31210/visnyk2019.01.05

53. Господаренко Г. М., Черно О. Д., Сухомуд О. Г. Оптимальний вміст рухомих форм фосфору і калію в чорноземі опідзоленому для культур польової сівозміни. Фактори родючості ґрунту та їх ефективність: зб. наук. праць УСГА. Умань, 1998. С. 66–71.

54. Іваніна В. В. Баланс елементів живлення залежно від системи удобрення у різноротаційних сівозмінах. Збірник наук. праць ННЦ «Інститут землеробства». Вип. 3–4. Київ, 2012. С. 26–33.

55. Conley S. P. et al. No-till production systems: agronomic, economic and environmental benefits. J. Soil Water Conserv. 2018.

56. Лупенко Ю. О., Месель-Веселяк В. Я. Економічна доцільність впровадження мінімальних технологій обробітку ґрунту на українських підприємствах. Економіка АПК. 2019.

57. Мельник А. І., Кравченко В. В. Раціональне використання мінеральних добрив та охорона ґрунтів від забруднення. Київ: НУБіП України, 2020. 112 с.

58. Методика еколого-агрохімічного моніторингу ґрунтів України. Київ: Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського, 2022. 85 с.

59. Скляр О. І. Оцінка екологічних ризиків застосування добрив у системі сучасного землеробства. Збірник наук. праць Інституту землеробства НААН України. 2023. Т. 3(113). С. 98–104.

60. FAO. Sustainable Soil Management and Fertilizer Use: Guidelines for Sustainable Agriculture. Rome: FAO, 2021. 134 p.

ДОДАТКИ