МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ 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

ПРОДУКТИВНІСТЬ СОРТІВ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ У ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ

Виконав студент 2-го курсу, 23 м-а групи
МОСКАЛЕНКО Данило Сергійович

Керівники:
ЧЕРНО Олена Дмитрівна, кандидат с.-г. наук, доцент
САДОВСЬКИЙ Ігор Сергійович, викладач

Умань – 2025

ЗМІСТ

ВСТУП 3

РОЗДІЛ 1. НАУКОВІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ ТА ЯКОСТІ ЗЕРНА СОРТІВ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗА РІЗНИХ СИСТЕМ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ (огляд літератури) 6

РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕНЬ 13

2.1. Ботанічна характеристика пшениці озимої 13

2.2. Характеристика сортів пшениці озимої (Подолянка і Артіст) 13

РОЗДІЛ 3. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ 16

3.1. Характеристика ґрунтових умов досліду 16

3.2. Погодні умови року досліджень 17

3.3. Схема досліду та розміщення ділянок 19

3.4. Агротехніка вирощування пшениці озимої в досліді 21

3.5. Методика проведення досліджень 22

РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛЫДЖЕНЬ 23

4.1. Особливості росту і розвитку рослин пшениці озимої залежно від погодних умов та рівня мінерального живлення 23

4.2. Формування елементів структури врожаю 24

4.3. Урожайність зерна пшениці озимої 26

4.4. Якість врожаю пшениці озимою залежно від продуктивності сорту та удобрення 28

РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ РІЗНИХ ВАРІАНТІВ УДОБРЕННЯ НА РІЗНИХ СОРТАХ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ .. 32

РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА 36

6.1. Організація охорони праці, виробничої санітарії та техніки безпеки при виконанні польових робіт 36

6.2. Екологічна оцінка рекомендованих заходів та їх вплив на якість продукції 38

ВИСНОВКИ 40

ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ 42

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ 43

ДОДАТКИ 51

ВСТУП

Пшениця озима традиційно є однією з ключових зернових культур України, а її стабільна врожайність і якість зерна визначають не лише економічні результати окремих господарств, а й рівень продовольчої безпеки держави. Проте в останні роки технологія вирощування пшениці озимої в Правобережному Лісостепу дедалі частіше працює в умовах кліматичних зрушень: тепліші зими з періодичними відлигами, дефіцит продуктивної вологи навесні та на початку літа, хвилі спеки, нерівномірний розподіл опадів і зростання частоти стресових явищ [1, 2]. Усі ці зміни призводять до нестабільності живлення рослин упродовж вегетації, адже доступність елементів живлення в ґрунті прямо залежить від температурного режиму та зволоження, а інтенсивність поглинання поживних речовин визначається фізіологічним станом посіву [3].

Умови кліматичної нестійкості особливо загострюють питання коригування системи удобрення. За дефіциту вологи традиційні підходи до внесення добрив можуть втрачати ефективність: зменшується рухомість і засвоєння елементів живлення, зростають ризики непродуктивних втрат азоту, послаблюється реалізація потенціалу продуктивності навіть високоврожайних сортів. Водночас збільшується значення точного узгодження норм, строків і форм добрив із критичними фазами розвитку пшениці озимої та фактичними ресурсами вологи [3, 5]. У таких умовах система удобрення має не лише забезпечувати рівень продуктивності, а й виконувати адаптаційну функцію: підтримувати розвиток кореневої системи, підвищувати стійкість рослин до температурних і водних стресів, сприяти вирівнюванню продуктивності за контрастних років [3].

Сортовий фактор у цьому контексті набуває принципового значення. Різні сорти пшениці озимої відрізняються інтенсивністю росту, реакцією на азотне живлення, здатністю формувати продуктивний стеблостій, особливостями наливу зерна та чутливістю до посухи. Тому одна й та сама норма або схема

внесення добрив може давати різний ефект залежно від сорту, а за кліматичних коливань – ще більш контрастний результат [4]. Звідси випливає практична потреба: визначити, як саме змінюється продуктивність сортів пшениці озимої під впливом удобрення та які елементи системи живлення доцільно коригувати, щоб забезпечити стабільні врожаї та належні показники якості в умовах Правобережного Лісостепу [4, 5].

Актуальність теми зумовлена необхідністю адаптації технології вирощування пшениці озимої до сучасних проявів зміни клімату шляхом науково обґрунтованого коригування системи удобрення з урахуванням сортових особливостей [1, 3]. На сьогодні для виробництва особливо важливими є рішення, які дозволяють підвищити ефективність використання добрив, зменшити ризики втрат поживних речовин у нестійких погодних умовах і, головне, стабілізувати врожайність і якість зерна в роки з дефіцитом або надлишком вологи [3, 5].

Мета кваліфікаційної роботи – обґрунтувати напрями коригування системи удобрення для сортів пшениці озимої з метою підвищення та стабілізації їх продуктивності та якості зерна в умовах кліматичної мінливості Правобережного Лісостепу України.

Для досягнення мети передбачено розв’язати такі завдання:

1. дослідити вплив різних варіантів удобрення на врожайність сортів пшениці озимої;

2. оцінити зміни елементів структури врожаю та показників якості зерна залежно від системи мінерального живлення;

3. виявити сортову реакцію на рівні та поєднання елементів живлення;

4. визначити найбільш ефективні варіанти удобрення для умов регіону з урахуванням погодного чинника;

5. розробити практичні рекомендації щодо коригування удобрення для стабілізації продуктивності.

Предмет дослідження – сорти пшениці озимої та елементи системи удобрення (норми, співвідношення елементів, строки й технологічні прийоми

внесення), що впливають на врожайність і якісні показники зерна за кліматичної мінливості.

Наукова новизна полягає в уточненні закономірностей сортової реакції пшениці озимої на різні варіанти удобрення в умовах кліматичної мінливості Правобережного Лісостепу. Уперше для умов регіону обґрунтовано підходи до коригування системи мінерального живлення з урахуванням нестійкого зволоження та температурних стресів, що забезпечує підвищення ефективності використання елементів живлення і стабілізацію продуктивності та якості зерна [3–5].

Практична цінність роботи полягає у розробленні рекомендацій виробництву щодо коригування системи удобрення для конкретних сортів пшениці озимої з урахуванням сучасних кліматичних тенденцій регіону. Застосування отриманих результатів дозволить підвищити окупність добрив, краще узгодити живлення з критичними фазами розвитку культури, знизити ризики втрат врожаю у стресові періоди та забезпечити стабільні показники якості зерна [5].

Апробація результатів досліджень. Основні положення та результати кваліфікаційної роботи апробовано на IX Міжнародній науково-практичній конференції «Актуальні питання сучасної аграрної науки» (20 листопада 2025 р.), за результатами якої опублікована теза доповіді.

Отже, дослідження продуктивності сортів пшениці озимої залежно від удобрення в умовах Правобережного Лісостепу є своєчасним і практично значущим, а акцент на коригуванні системи живлення в контексті зміни клімату відповідає сучасним потребам адаптивного землеробства [1, 3, 4].

РОЗДІЛ 1. НАУКОВІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ ТА ЯКОСТІ ЗЕРНА СОРТІВ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗА РІЗНИХ СИСТЕМ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ (огляд літератури)

Пшениця озима є однією з основних продовольчих культур, що забезпечує національну продовольчу безпеку України, формуючи значну частку валового виробництва зерна та забезпечуючи отримання високоякісної продовольчої сировини [6].

Пшениця є однією з провідних зернових культур світу, оскільки її зерно містить вуглеводи, білки, вітаміни (переважно групи В) та фітохімічні сполуки, що мають важливе значення для повноцінного харчування і підтримання здоров'я людини [7].

Включення пшениці до сівозміни позитивно впливає на продуктивність інших культур, оскільки поліпшує, передусім, фітосанітарний стан ґрунту [8].

Ця культура забезпечує низку екологічних та виробничих переваг, значення яких складно переоцінити [9]. По-перше, включення пшениці до структури посівів диверсифікує джерела доходу господарства, зменшує залежність від коливань ринків кукурудзи та сої, а також формує додатковий (вторинний) потік надходжень за рахунок реалізації соломи [9]. По-друге, як озима культура, пшениця розширює можливості використання вегетаційного періоду та дає змогу впроваджувати подвійні або естафетні посіви, що дозволяє отримувати дві товарні культури протягом одного року [10].

За даними досліджень Іваніна В. В., Коротенко І. М. [11], розміщення сої після пшениці у сівозміні може забезпечувати приріст її врожайності приблизно на 5 %. Озимі культури загалом сприяють поліпшенню біологічної активності ґрунту, зменшенню ерозійних процесів і підвищенню стабільності ґрунтових агрегатів [12]. Унаслідок цього культури осіннього строку сівби здатні знижувати змивання фосфору, пов'язаного з твердими частинками, а також обмежувати вимивання нітратів у ґрунтові води [13].

Азотні добрива належать до найпоширеніших засобів інтенсифікації технології, які виробники застосовують для підвищення врожайності зерна [14]. Рекомендовані норми азоту, як правило, розраховують відповідно до запланованої урожайності, тому їх діапазон коливається в межах 80–130 кг/га [15]. На практиці ці величини часто коригують у бік збільшення, намагаючись посилити живлення посівів і забезпечити реалізацію потенціалу продуктивності. Водночас оптимізація строків азотних підживлень для озимих культур залишається предметом обговорення, оскільки серед дослідників і практиків досі немає узгодженого підходу до найефективнішого часу внесення [16].

Оптимальні норми мінеральних добрив здатні забезпечувати формування високої врожайності зерна, однак за перевищення науково обґрунтованих доз продуктивність може знижуватися через погіршення умов живлення та дисбаланс елементів у ґрунтовому середовищі [5, 17]. Попри те, що добрива є невід'ємною складовою сучасного землеробства, їх надмірне внесення підвищує ризик непродуктивних втрат поживних речовин і зменшує ефективність використання внесених елементів [17]. Водночас накопичення надлишкових кількостей поживних речовин у ґрунті та низький рівень засвоєння їх рослинами можуть зумовлювати небажані екологічні наслідки, зокрема забруднення компонентів довкілля і порушення функціонування агроекосистем [18]. Тому для підтримання стабільної продовольчої безпеки важливо встановлювати та підтримувати раціональний баланс елементів живлення в ґрунті, який забезпечує високий рівень урожайності без негативного впливу на ґрунтовий біоценоз [19].

Дослідження показали, що підвищення температури та зростання концентрації викидів є одними з ключових чинників, які визначатимуть зміну врожайності сільськогосподарських культур у прогнозованих умовах майбутнього клімату [2, 3, 20]. За оцінками, потепління впродовж 2021–2100 рр. може призвести до скорочення фенологічного періоду пшениці озимої на 2–16 діб і зниження врожайності зерна на 2,9–12,7 % порівняно з 1981–2020 рр. Водночас передбачається, що параметри розвитку кореневої системи (щільність довжини коренів і їх маса) можуть зростати відповідно на 1,2–10,9 % і 0,2–

24,1 % [21]. Отже, за умов підвищеної погодної мінливості першочергового значення набуває оптимізація мінерального живлення через встановлення збалансованого вмісту основних елементів у ґрунті, що дає змогу підтримувати стабільний рівень продуктивності посівів. Для пшениці озимої такий підхід є особливо актуальним, з огляду на її значну частку у структурі посівних площ і визначальну роль у забезпеченні зернового виробництва.

Встановлено, що для кожної агрокліматичної зони притаманний певний рівень прояву складових структури врожаю пшениці м'якої озимої [22]. Водночас, попри наявність загальних закономірностей формування елементів продуктивності в межах окремого регіону, їхня вираженість істотно варіює залежно від сорту [23]. Це зумовлено тим, що сорти неоднаково реагують на однакові умови вирощування, а реалізація генетично детермінованого потенціалу врожайності може відбуватися через різні компоненти структури врожаю (густота продуктивного стеблостою, кількість зерен у колосі, маса 1000 зерен тощо) [24].

Застосування добрив сприяє підвищенню врожайності та істотно впливає на формування елементів продуктивності рослин [25]. Зокрема, у процесі вирощування сорту 'Кольчуга' внесення N30P30 забезпечило збільшення кількості зерен у колосі з 24,9 до 27,0 шт., а маси зерна з одного колоса — з 0,88 до 1,00 г [26]. Аналогічну тенденцію зафіксовано і для сорту 'Заможність': за цієї системи удобрення кількість зерен у колосі зросла з 27,5 до 29,5 шт., а маса зерна з одного колоса — з 1,02 до 1,15 г відповідно [26].

Дослідженнями Фаніна та Литвиненка [27] встановлено, що дія азотних добрив на формування елементів продуктивності та структури врожаю є неоднозначною і суттєво залежить від сортових особливостей. Так, кількість продуктивних стебел у низьковрожайних сортів зростала з 512 шт./м² за внесення N60 до 609 шт./м² за N120, тоді як у високоврожайних — із 530 до 606 шт./м². Водночас маса зерна з одного колоса в низьковрожайних сортів майже не змінювалася (0,77 г), а у високоврожайних підвищувалася незначно — з 1,41 до

1,42 г; у менш сприятливих за погодними умовами роках цей показник, навпаки, знижувався (з 1,64 до 1,33 г).

Встановлено, що оптимальна висота рослин сортів пшениці озимої перебувала в межах 94,9–100,7 см, за якої формувався найвищий урожай зерна: від 7,09 т/га у сорту Сталева до 7,73 т/га у сорту Дума Одеська. Збільшення висоти досліджуваних сортів на 4,0–6,4 % призводило до зниження врожайності на 4,5–20,9 %. Також відмічено, що остисті сорти пшениці м'якої озимої забезпечували вищу врожайність порівняно з безостими формами, які характеризувалися більшою висотою рослин і нижчою стійкістю до вилягання. Разом із тим, у середньому стійкість до вилягання була вищою у безостих форм — на 0,4 бала порівняно з остистими, тоді як середній урожай зерна в остистих сортів був на 5,8 % більшим, ніж у безостих [28].

У системі удобрення пшениці озимої зазвичай застосовують азотні, фосфорні та калійні добрива [5, 29], а також мікродобрива й широкий спектр органічних та органо-мінеральних препаратів [30]. Водночас провідну роль у формуванні продуктивності пшениці озимої відіграє саме азотне живлення, оскільки забезпеченість азотом найбільшою мірою визначає інтенсивність ростових процесів і реалізацію врожайного потенціалу культури [31].

За даними [25], ефективність удобрення пшениці озимої значною мірою залежала від сорту. Ефективною була доза $N_{150}P_{120}K_{90}$, яка забезпечувала підвищення врожайності сорту Грома з 4,5 до 7,9 т/га, а сорту Безоста 100 — з 4,0 до 6,8 т/га. У дослідженні [32] результативним було внесення $N_{135}P_{20}K_{65}$: урожайність становила 4,5 т/га, вміст білка зростав до 13,4 %. Проте ці норми не можна прямо переносити на умови Правобережного Лісостепу через відмінність ґрунтово-кліматичних факторів.

Внесення мінеральних добрив не лише позитивно впливає на підвищення врожайності пшениці, але й істотно покращує якість зерна [33].

Сучасні сорти пшениці озимої характеризуються підвищеним потенціалом урожайності. Водночас для формування зерна з високим умістом білка рослини мають бути достатньо забезпечені азотом. Переважна частина сучасних сортів є

низькорослою та має менше співвідношення між вегетативною масою і зерном порівняно з високостебловими формами, що обмежує їхні можливості накопичення азоту у вегетативних органах. Тому за недостатнього азотного живлення наприкінці вегетації такі сорти не здатні забезпечити формування високоякісного зерна навіть за максимально можливого перерозподілу азоту з вегетативних органів у репродуктивні [34].

Встановлено, що ефективність удобрення істотно залежить від сортових особливостей, оскільки інтенсивність поглинання елементів живлення зумовлюється генетичною специфікою рослин [35]. За результатами низки досліджень маса 1000 зерен у більшості випадків змінювалася під впливом не лише дози азотних добрив, а й строків їх внесення; при цьому нерідко відмічали тенденцію до її зниження за окремих схем азотного живлення. Разом із тим, наведено й дані про позитивний вплив азотних добрив на цей показник. Так, Л. М. Кононюк [23] встановила, що маса 1000 зерен зростала з 38,1 до 40,4 г у варіанті $P_{90}K_{90}$ + N_{30}(II) + N_{60}(IV) + N_{30}(VII) за вирощування сорту Артеміда та з 39,2 до 41,1 г у сорту Єрмак. Найвищі значення маси 1000 зерен формувалися за внесення $P_{135}K_{135}$ + N_{60}(II) + N_{75}(IV) + N_{45}(VII): у сорту Артеміда — 42,5 г, у сорту Єрмак — 42,0 г [23].

За даними низки дослідників [14, 33, 34, 36], удобрення є вагомим чинником підвищення показників якості зерна пшениці озимої. Зокрема, застосування мінеральних добрив забезпечувало збільшення маси 1000 зерен, натури та склоподібності відповідно на 7, 9 і 8 % за умов достатнього зволоження (ГТК > 1), а також, незалежно від перебігу погодних умов, сприяло підвищенню вмісту білка й клейковини. Водночас вплив на якість клейковини не мав однозначного характеру.

Вміст білка є одним із ключових показників якості зерна пшениці, який значною мірою визначається рівнем азотного та сірчаного живлення, оскільки ці елементи беруть безпосередню участь у синтезі білкових сполук. Азотні добрива, як правило, підвищують загальний вміст білка в зерні, тоді як сірчані

добрива переважно впливають на його фракційний склад і якісні характеристики білкового комплексу [37].

Відомо, що ефективність застосування добрив визначається сукупністю ґрунтових і погодних чинників, зокрема типом ґрунту, його агрофізичними та агрохімічними властивостями, поживним режимом, перебігом метеорологічних умов упродовж вегетації, а також сортовою реакцією [38]. Так, за внесення 120 кг/га д. р. азотних добрив урожайність пшениці м'якої озимої коливалася в межах 7,3–9,4 т/га, тоді як уміст білка змінювався від 11,9 до 14,9 % залежно від погодних умов року. При цьому простежувалася закономірність: зі зростанням урожайності зерна, як правило, знижувався вміст білка [39]. Серед факторів, що зумовлюють рівень урожайності, погодні умови є найбільш мінливою складовою, яка значною мірою визначає результативність удобрення та реалізацію потенціалу культури [40].

Сучасні сорти пшениці озимої здатні формувати високий урожай зерна, однак для підвищення вмісту білка потрібне достатнє азотне живлення в період наливу зерна, оскільки саме тоді відбувається активне надходження азоту до зернівки (частково за рахунок ремобілізації з вегетативних органів) [41–42]. Тому в технології вирощування пшениці питання доз і строків азотного живлення є ключовим: ефективність азоту істотно залежить від строку внесення, форми, способу розміщення в ґрунті та погодних умов (насамперед зволоження) [43–45].

У дослідженнях [44, 45] показано, що за сприятливих умов зволоження та високого потенціалу продуктивності ефективнішою може бути "прогресивна" схема (роздрібне внесення/спліт, оптимізований спосіб внесення та/або інгібітори), яка підвищує одночасно врожайність і вміст білка без обов'язкового збільшення загальної норми азоту [47, 48]. Водночас за обмеження вологи та за різних ґрунтових умов оптимальні підходи до азотного живлення можуть суттєво відрізнятися, а результативність "високих норм" не є гарантованою.

Надмірне або неузгоджене з потребою культури внесення азоту підвищує ризики втрат (вимивання, газоподібні втрати тощо) та екологічних наслідків,

тому обґрунтування оптимальних доз і технологій внесення має розглядатися разом із завданням підвищення ефективності використання добрив [45–46]. Для умов України також підтверджено значну роль сортової реакції та системи удобрення в формуванні врожайності й якості зерна, що вимагає адаптації системи живлення до конкретних сортів і реальних погодних умов року [4, 5].

У науковій літературі наведено різні підходи до визначення норми азоту для першого весняного підживлення озимих. Частина дослідників вважає доцільним вносити 70–80 кг/га д. р. [49], інші рекомендують помірніші норми — 35–60 кг/га д. р. [50]. Водночас окремі автори пропонують диференціювати дозу залежно від густоти стояння рослин: за 250–350 рослин пшениці на 1 м² рекомендована норма становить 20–30 кг/га д. р. [51], а за густоти менше 250 шт./м² її доцільно підвищувати до 30–50 кг/га д. р. [52].

Проаналізовані літературні джерела свідчать, що якість зерна пшениці озимої формуються під дією цілого комплексу чинників, серед яких провідне місце займають сортові особливості, попередник, а також система мінерального живлення. Водночас узагальнені дані наукових праць не є однозначними: рекомендовані норми й строки внесення азоту суттєво відрізняються, а ефективність високих доз не завжди підтверджується за дефіциту вологи та підвищеної погодної мінливості; також суперечливо висвітлено вплив удобрення на окремі елементи структури врожаю та показники якості, зокрема клейковини. Загалом питання впливу мінерального живлення на продуктивність пшениці озимої вивчене достатньо, однак саме сортова реакція на різні схеми удобрення в умовах Правобережного Лісостепу за кліматичної мінливості висвітлена недостатньо та з помітними суперечностями у рекомендаціях щодо норм і строків азотних підживлень. У зв’язку з цим проведення досліджень є актуальним, оскільки дає змогу для умов Правобережного Лісостепу уточнити та науково обґрунтувати адаптивні підходи до удобрення конкретних сортів пшениці озимої, забезпечуючи раціональне використання добрив, стабілізацію врожайності й отримання зерна належної якості за нестійкого зволоження та кліматичних аномалій, що характерні для останніх років.

РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Ботанічна характеристика пшениці озимої

Пшениця озима (пшениця м'яка озима, Triticum aestivum L.) – однорічна злакова культура родини Тонконогові (Poaceae), яка восени формує сходи й елементи кущення, зимує переважно у фазі кущення і навесні відновлює вегетацію з подальшим формуванням генеративних органів та урожаю [53, 54]. Коренева система мичкувата: первинні (зародкові) корені формуються на початку розвитку, а основну роль у живленні відіграють вузлові корені, інтенсивність розвитку яких суттєво залежить від стартового забезпечення фосфором і калієм та зволоження ґрунту [53].

Стебло – соломина з вузлами та міжвузлями; листок складається з піхви та пластинки, має язичок і вушка. Суцвіття – складний колос, який складається з колосків; зерно – зернівка, у якій формуються показники якості (вміст білка/клейковини, натура тощо) [53, 54]. Критичними для формування врожайності є періоди кущення–виходу в трубку (закладання й збереження продуктивних стебел та елементів структури колоса) і наливу зерна (формування маси 1000 зерен та натури), що обґрунтовує увагу до забезпечення елементами живлення саме у ці фази [54].

2.2. Характеристика сортів пшениці озимої (Подолянка і Артіст)

Сорт пшениці м'якої озимої Подолянка придатний для вирощування за інтенсивною технологією із застосуванням загальноприйнятих для зони строків сівби та норм висіву. У технологічному плані сорт характеризується доброю реакцією на весняні азотні підживлення, що дає змогу цілеспрямовано регулювати продуктивність і показники якості зерна залежно від умов року [55, 56].

За морфобіологічними ознаками рослини середньорослі, висота становить 95–99 см. Стебло міцне, потовщене, соломина невиповнена; в період кущення опушення відсутнє. Листки темно-зеленого забарвлення. Колос конусовидної

форми, білий, середньої довжини, близько 11 см. Маса 1000 зерен варіює в межах 43,8–45,7 г, що свідчить про здатність формувати виповнене зерно за сприятливих умов наливу [56].

Сорт відзначається достатньою стійкістю до основних стресових чинників і хвороб. Стійкість до вилягання та холодостійкість оцінюються на рівні 7–8 балів, посухостійкість 8 балів, стійкість до хвороб 8 балів. Потенційна врожайність зерна становить до 70,3 ц/га [56].

За показниками якості зерна Подолянка формує високі хлібопекарські властивості. Загальна оцінка хліба становить 4,6–5,0 бала, вміст клейковини 32,0–35,8 %, вміст сирого білка 15,0–16,3 %, що дає підстави розглядати сорт як перспективний для отримання продовольчого зерна за оптимізованого азотного живлення [56].

Сорт пшениці м'якої озимої Артіст належить до зареєстрованих в Україні сортів DSV і в офіційних реєстраційних даних подається як сорт озимої м'якої пшениці. [66] За господарським призначенням Артіст відносять до групи цінних пшениць і вирізняють як безосту форму (lutescens) [57].

За темпами розвитку сорт характеризується середньораннім виходом у колос і швидким наливом зерна, що дає змогу завершувати формування зернівки до настання критично високих температур і зменшувати ризик щуплості у посушливі періоди достигання. Для сорту також відзначають інтенсивний весняний розвиток, який сприяє формуванню потужнішої кореневої системи та швидшому відновленню вегетації після зими [57].

За напрямом формування врожаю Артіст відносять до сортів компенсаційного типу, що проявляється у більш рівномірній виповненості колосів на рослині та кращій стабілізації структури врожаю за мінливих умов року [57]. Сорт характеризується низькою схильністю до вилягання і, відповідно, меншою потребою у застосуванні морфорегуляторів за відсутності надмірного азотного фону та за дефіциту вологи. Рекомендований для вирощування у зоні Лісостепу [57].

Фітосанітарні переваги сорту пов’язані зі стійкістю до комплексу хвороб, які можуть проявлятися у зимово весняний період, зокрема прикореневих гнилей та снігової плісняви, а також з підвищеною толерантністю до основних листкових хвороб і фузаріозу колоса [57]. За показниками якості Артіст формує зерно з високою натурою та виходом борошна і забезпечує стабільне число падіння, що має технологічне значення для продовольчого використання зерна. Орієнтовна рекомендована норма висіву, наведена в матеріалах дистриб’ютора, становить 4,5 млн схожих насінин на 1 га за ранніх строків, 5,0 млн за оптимальних і 5,5 млн за пізніх строків сівби [57].

РОЗДІЛ 3. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Характеристика ґрунтових умов досліду

Дослідження з вивчення продуктивності сортів залежно від систем удобрення проводили в умовах Правобережного Лісостепу України в господарстві ТОВ «Краснопілка» Уманського району, Черкаської області. Ґрунти господарства представлені в переважній більшості чорноземами опідзоленими. Для цього типу ґрунтів характерні потужний гумусовий горизонт, висока природна родючість, а реакція ґрунтового розчину переважно слабокисла або близька до нейтральної, що в цілому є сприятливим для вирощування озимої пшениці за умови належної агротехнології та достатнього зволоження [58 – 62].

Агрохімічну характеристику орного шару (0–30 см) формували за результатами визначення вмісту органічної речовини (гумусу), рухомих сполук фосфору і калію, а також pH. Вміст органічної речовини визначали відповідно до ДСТУ 4289. Рухомі сполуки фосфору і калію визначали за ДСТУ 4115. Реакцію ґрунтового середовища визначали за ДСТУ ISO 10390 [58–62].

Агрохімічний стан орного шару характеризувався низькою забезпеченістю легкогідролізованим азотом за методом Корнфілда на рівні 122–134 мг/кг ґрунту. Вміст рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Чирикова становив відповідно 96 мг/кг та 168 мг/кг, що відповідає середній і високій забезпеченості елементами живлення. Реакція ґрунтового середовища pH 5,7, що відповідає слабокислій реакції, яку визначають потенціометричним методом згідно з вимогами стандарту [61].

Отже, чорнозем опідзолений за сприятливих погодних умов і науково-обґрунтованого удобрення та належного захисту посіву здатний забезпечувати високу продуктивність районованих сортів пшениці озимої, що підтверджується підходами до оцінювання показників родючості ґрунтів та їх придатності для сільськогосподарського використання.

3.2. Погодні умови року досліджень

Оцінку погодних умов здійснювали за даними Метеостанції Умань та показниками середньомісячної температури повітря (рис.1), суми опадів (рис.2) і відносної вологості (рис.3) з порівнянням до середньобагаторічного рівня. За період від вересня 2024 р. до серпня 2025 р. середня температура становила близько 10,3 °С, що приблизно на 1,5 °С вище багаторічного рівня, тоді як сума опадів за цей період була меншою за норму приблизно на 60 мм, при цьому розподіл опадів був різко нерівномірним.

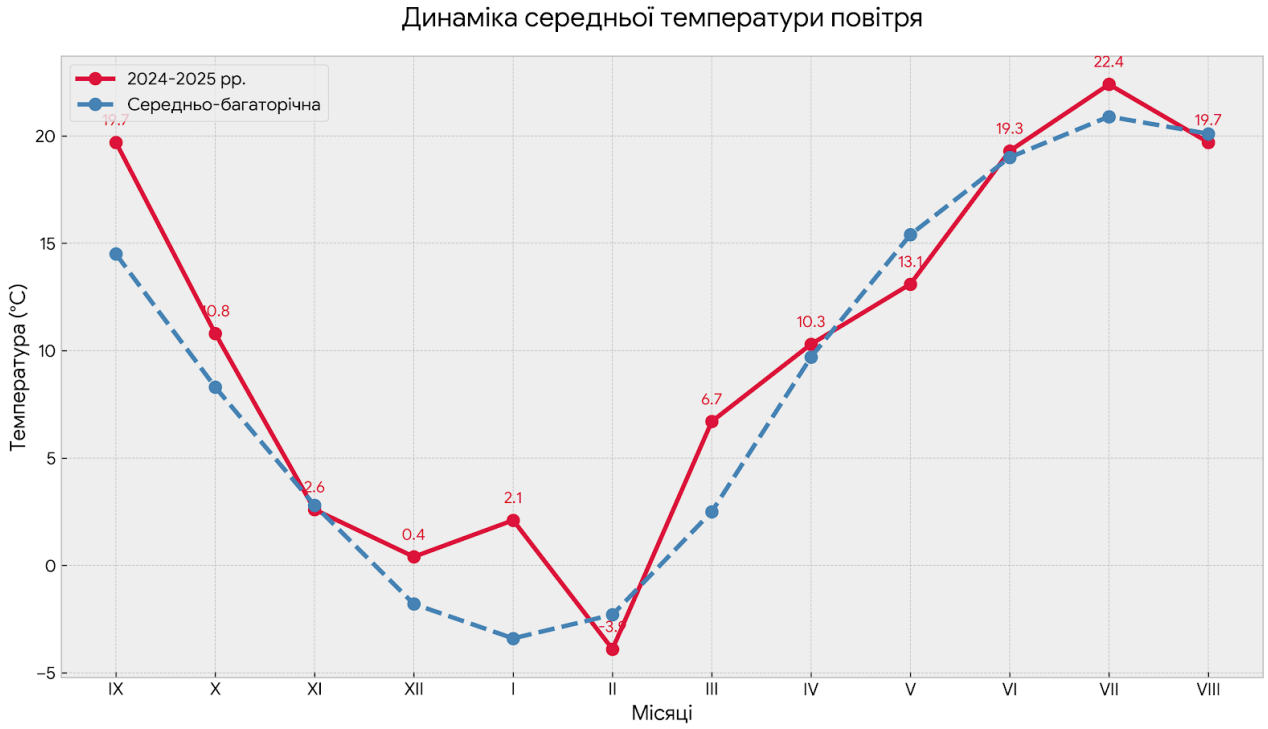


Рис.1. Середня температура повітря за 2024-2025 рр., °С

Умови сівби (2–3 декада жовтня 2024 р.) загалом були вологозабезпеченими, оскільки після посушливого вересня (12,1 мм опадів за норми 61 мм) у жовтні випало 99,4 мм, що істотно перевищувало багаторічні значення. Це сприяло дружним сходам і розвитку рослин восени, хоча надмірне зволоження в окремі строки могло ускладнювати якість виконання польових робіт.

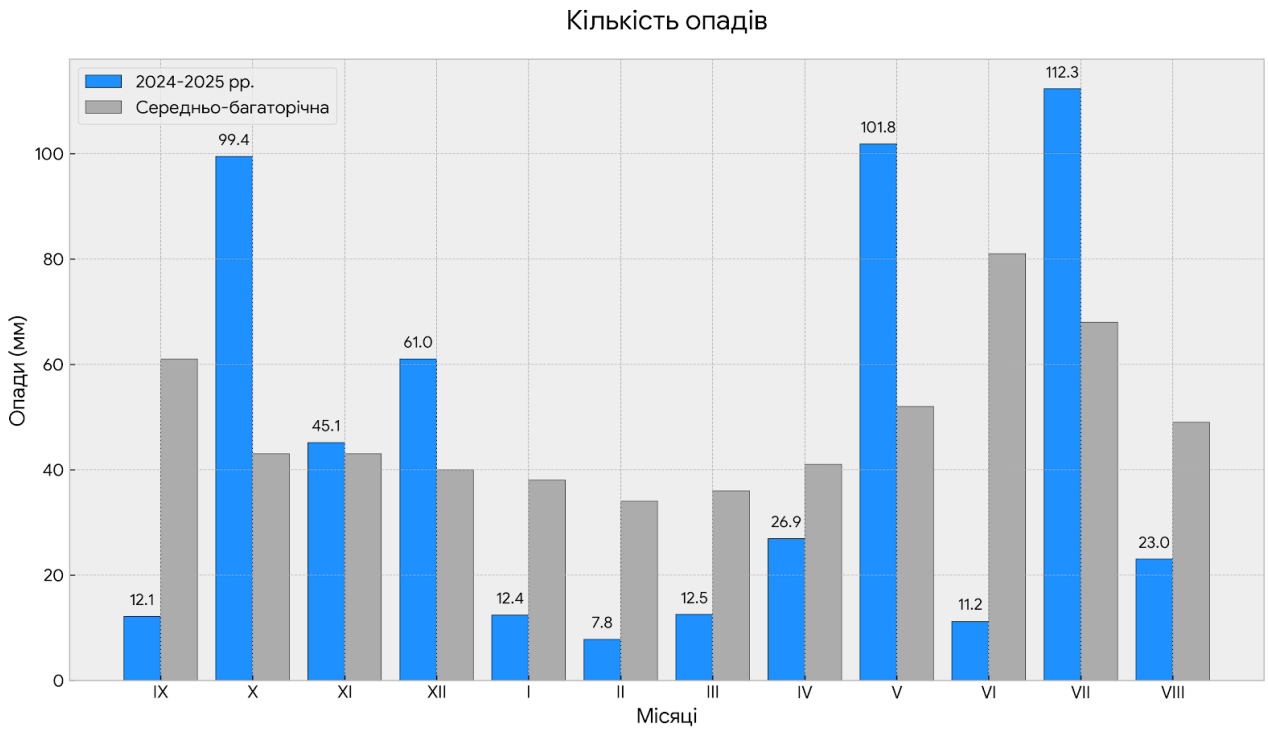


Рис. 2. Сума опадів за 2024-2025 рр., мм

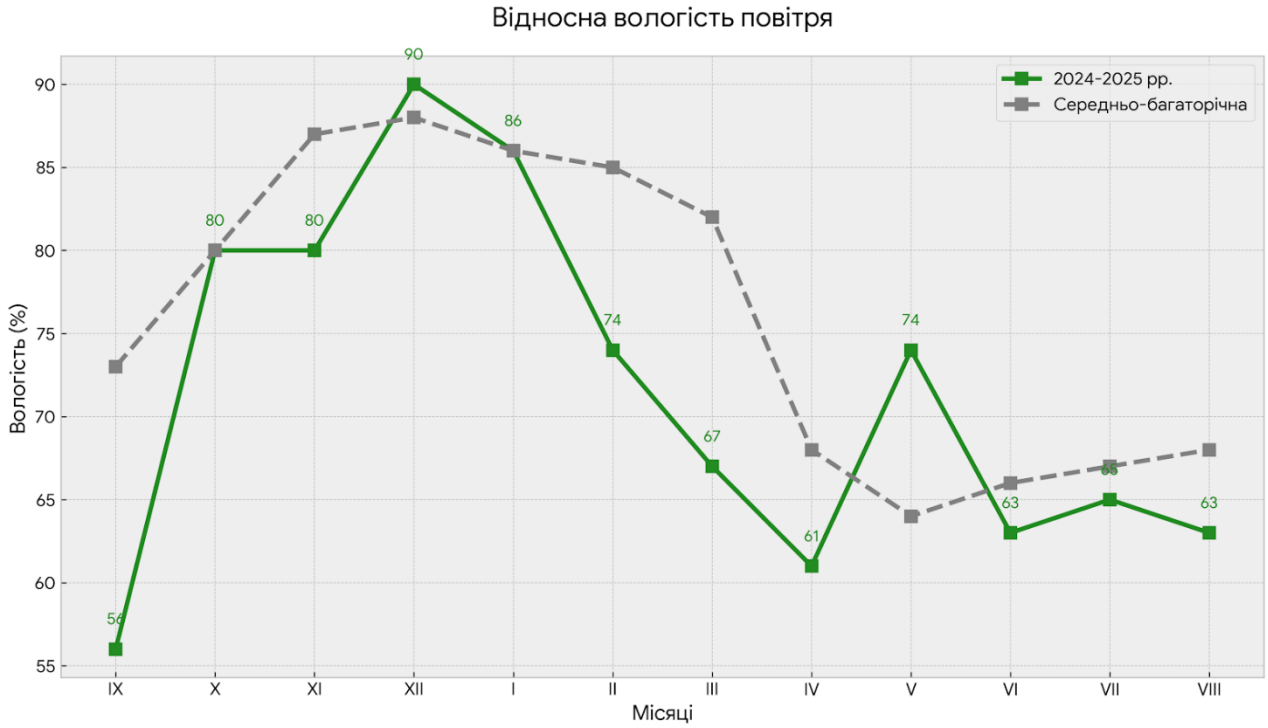


Рис. 3. Відносна вологість повітря за 2024-2025 рр., %

Весняно літні умови формування врожаю характеризувалися нестабільністю. У березні та квітні опадів було менше за норму, що обмежувало реалізацію азотного підживлення, внесеного у кінці кущення. Водночас у травні кількість опадів істотно перевищувала багаторічні значення, що створювало

кращі умови для ростових процесів і формування елементів структури врожаю. Найбільш несприятливим періодом для наливу зерна був червень з дуже низькою сумою опадів (11,2 мм за норми 81 мм), що потенційно підвищувало ризик зниження маси 1000 зерен і натури, особливо на варіантах з підвищеними дозами азоту. Для озимої пшениці період кущення та перехід до виходу в трубку (ВВСН 29–30) належать до критичних фаз, у які формується частина потенціалу врожайності, тому погодні умови весни визначали ефективність одноразового азотного підживлення в кінці кущення [63, 64].

3.3. Схема досліду та розміщення ділянок

Дослід закладали як однофакторний з фактором “удобрення”. Передбачали чотири варіанти на сталому фосфорно-калійному фоні з градацією азоту. Контрольним варіантом був виробничий фон $P_{40}K_{60}$.

Схема досліду включала в себе такі варіанти:

1. Контроль – $P_{40}K_{60}$;
2. $N_{40}P_{40}K_{60}$;
3. $N_{80}P_{40}K_{60}$;
4. $N_{120}P_{40}K_{60}$.

Азот застосовували у вигляді аміачної селітри одноразово повною дозою в кінці кущення. Фосфор і калій вносили восени локально в рядки під час сівби [65].

Дослід виконували у форматі виробничого з використанням сучасної агротехніки, тому ділянки формували у вигляді довгих смуг, кратних робочій ширині агрегатів. Для забезпечення порівнюваності застосовували блокове розміщення з чотириразовим повторенням (рис. 4). Ширина посівної ділянки 8 м (2 проходи сівалки), довжина 150 м, площа 0,12 га; облікова площа 8 × 120 м = 0,096 га без крайових зон. Така площа відповідає логіці виробничого досліду, знижує вплив неоднорідності ґрунту й дозволяє виконувати всі операції штатною технікою.

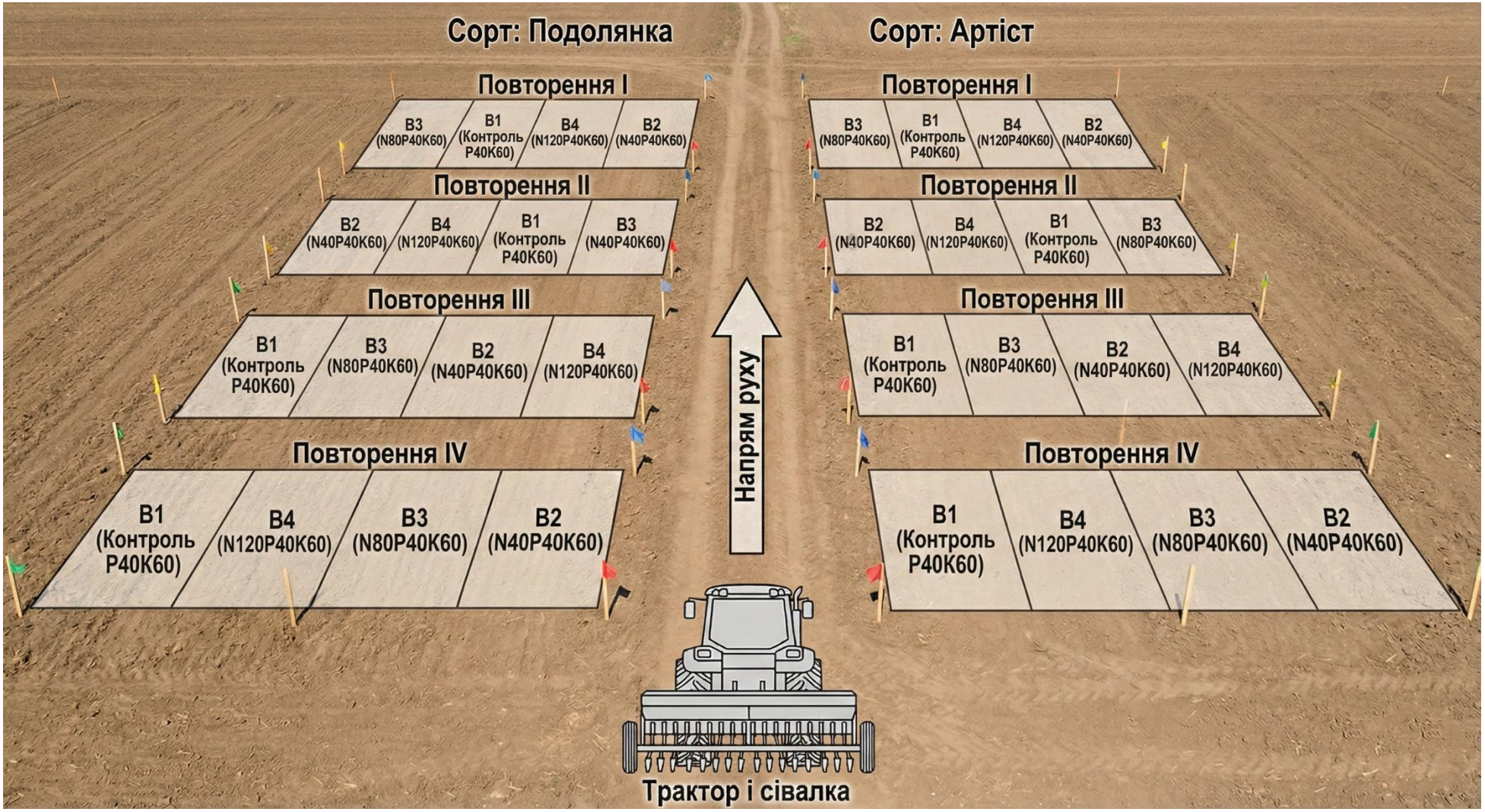


Рис. 4. Розміщення варіантів у досліді з вивчення продуктивності сортів залежно від удобрення

3.4. Агротехніка вирощування пшениці озимої в досліді

Попередником пшениці озимої була соя як культура, що є науково обґрунтованою в ланках польових сівозмін для озимої пшениці та створює сприятливіший фітосанітарний і пожнивний фон порівняно з пізніми попередниками. Після збирання попередника проводили лущення стерні дисковою бороною ЛДГ-10 в агрегаті з трактором John Deere 8335R на глибину 8–10 см. Перед сівбою проводили передпосівний обробіток із вирівнюванням поверхні поля суцільним культиватором КПС-4 в агрегаті з трактором John Deere 6135B.

Сівбу проводили наприкінці 2 та початку 3 декади жовтня сівалкою Астра 4 виробництва Elvorti із робочою шириною захвату 4 м [65], міжряддям 15 см і можливістю одночасного внесення мінеральних добрив. Агрегатування здійснювали з трактором John Deere 6135B. Норма висіву становила близько 4,5 млн схожих насінин на 1 га, глибина загортання 3–5 см.

Фосфорно-калійні добрива вносили восени під час сівби в рядки у дозі $P_{40}K_{60}$ у вигляді суперфосфату [69] та калію хлористого [70, 71]. Азот вносили одноразово повною дозою штанговим розкидачем Salford Valmar 8606 в агрегаті з трактором John Deere 8335R у кінці кущення (ВВСН 29–30) у вигляді аміачної селітри [68] відповідно до схеми досліду. Підживлення проводили розкидачем мінеральних добрив із рівномірним розподілом по поверхні поля.

Захист посівів здійснювали за фактичним фітосанітарним станом посівів із дотриманням чинних регламентів застосування препаратів, польові обробки виконували причіпним штанговим обприскувачем John Deere M732 у зчіпці з трактором John Deere 6135B. Збирання врожаю проводили прямим комбайнуванням зернозбиральним комбайном John Deere S760 у фазі повної стиглості з обмолотом облікової площі та перерахунком показників на стандартні умови.

3.5. Методика проведення досліджень

Методика проведення досліджень була загальноприйнятою для Правобережного Лісостепу [67]. У досліді визначали урожайність, елементи структури врожаю, показники якості зерна та виконували статистичну оцінку різниць між варіантами.

Урожайність визначали суцільним обмолотом облікової площі з перерахунком на стандартну вологість і приведенням до т/га. Масу 1000 зерен, натуру та інші показники якості оцінювали за загальноприйнятими методиками в межах вимог до пшениці, викладених у чинному стандарті.

Структуру врожаю оцінювали за типово прийнятими показниками, що найтісніше пов’язані з формуванням зернової продуктивності озимої пшениці, зокрема за кількістю продуктивних стебел, озерненістю колоса, масою зерна з колоса та масою 1000 зерен.

Математичну обробку результатів виконували методами дисперсійного аналізу для польових дослідів з визначенням істотності різниць між середніми [67].

РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛЫДЖЕНЬ

4.1. Особливості росту і розвитку рослин пшениці озимої залежно від погодних умов та рівня мінерального живлення

Урожайність пшениці озимої є інтегральним показником, який формується протягом усього періоду вегетації під впливом взаємодії генотипу сорту, погодних умов та антропогенних чинників (системи удобрення). Аналіз погодних умов 2024–2025 вегетаційного року (підрозділ 3.2) показав їх суттєву відмінність від середньобагаторічних значень, що мало прямий вплив на проходження фенологічних фаз сортами Подолянка та Артист.

Особливістю осіннього періоду 2024 року була надмірна кількість опадів у жовтні (99,4 мм при нормі 43 мм) та листопаді (45,1 мм), що у поєднанні з попередником (соя) та необхідністю підготовки ґрунту (дискування) змістило строки сівби на пізній період – 19 жовтня. Зазвичай такі пізні строки сівби є ризикованими, однак температурний режим зимового періоду виявився сприятливим. Січень та лютий характеризувалися аномально високими температурами (+2,1 °С та -3,9 °С відповідно, при нормі -3,4...-2,3 °С), що дозволило рослинам, які увійшли в зиму у фазі «шильця» – початку 3-го листка, успішно перезимувати без значних пошкоджень.

Відновлення весняної вегетації відбулося в умовах достатнього вологозабезпечення. Вирішальним фактором для ефективності внесених мінеральних добрив (N_{40}–N_{120}) стала погода у травні 2025 року. Сума опадів у цьому місяці склала 101,8 мм (майже дві норми), що сприяло інтенсивному розчиненню азотних добрив (внесених у вигляді аміачної селітри) та їх засвоєнню рослинами у критичну фазу виходу в трубку.

Спостереження за фенологічним розвитком (табл.1) показали, що підвищення доз азоту на фоні $P_{40}K_{60}$ подовжувало тривалість міжфазних періодів, що сприяло більшому накопиченню вегетативної маси.

Сорт німецької селекції Артист демонстрував більш швидкі темпи розвитку на етапах до колосіння порівняно з сортом Подолянка, проте сорт Подолянка виявився більш пластичним до пізніх строків сівби. Застосування високих доз азоту (N120) подовжувало період наливу зерна на 3–5 днів, що позитивно вплинуло на масу 1000 насінин.

Таблиця 1

Дати настання основних фаз розвитку пшениці озимої залежно від удобрення (2024–2025 рр.)

Сорт	Варіант удобрення	Сходи	Кущіння (весняне)	Вихід у трубку	Колосіння	Повна стиглість
Подолянка	Контроль ($P_{40}K_{60}$)	02.11	25.03	28.04	28.05	15.07
	$N_{40}P_{40}K_{60}$	02.11	25.03	28.04	28.05	15.07
	$N_{80}P_{40}K_{60}$	02.11	24.03	26.04	29.05	18.07
	$N_{120}P_{40}K_{60}$	02.11	24.03	25.04	30.05	20.07
Артист	Контроль ($P_{40}K_{60}$)	03.11	26.03	27.04	25.05	12.07
	$N_{40}P_{40}K_{60}$	03.11	26.03	27.04	25.05	12.07
	$N_{80}P_{40}K_{60}$	03.11	25.03	25.04	26.05	15.07
	$N_{120}P_{40}K_{60}$	03.11	25.03	24.04	27.05	17.07

Варто відзначити, що висока вологість повітря у червні-липні (63–65%) на фоні високих температур створювала ризики розвитку хвороб, проте своєчасний фунгіцидний захист на інтенсивних фонах дозволив зберегти листовий апарат і як наслідок подовжити процес фотосинтезу.

4.2. Формування елементів структури врожаю

Аналіз структури врожаю дозволяє пояснити механізм дії добрив (табл. 2). Нами було проаналізовано біометричні показники рослин перед збиранням. Отримані дані (на основі снопового аналізу) свідчать про суттєву реакцію досліджуваних сортів на покращення азотного живлення.

У варіанті контрольному варіанті, де азот не вносився, щільність продуктивного стеблостою була низькою і становила для обох сортів 380–405 шт./м². Рослини сформували дрібний колос із невеликою кількістю зерен (24–26 шт.), що лімітувало біологічну врожайність на рівні 4,6–4,8 т/га. Середня довжина колоса на контролі для сорту Подолянка була в межах 6,2 см, а кількість зерен в колосі 26 шт. У сорту Артіст спостерігалася аналогічна тенденція проте середня довжина колосу і кількість зерен з колосу були дещо меншими на відміну від сорту Подолянки і становила – 5,8 см і 24 шт відповідно.

Внесення стартової дози N_{40} суттєво вплинуло на збереження стебел до збирання, так як густота зросла на 425–455 шт./м². Також покращилась озерненість колоса (до 29–30 шт.), що підвищило масу зерна з одного колосу до 1,25 г та 1,26 г відповідно для сортів Подолянка і Артіст.

Таблиця 2

Структура врожаю пшениці озимої залежно від варіантів удобрення (середнє за 2025 р.)

Сорт	Варіант удобрення	Густота продуктивних стебел, шт./м²	Довжина колосу, см	Кількість зерен у колосі, шт.	Маса зерна з 1 колосу, г	Маса 1000 насінин, г	Біологічна врожайність, т/га*
Подолянка	Контроль ($P_{40}K_{60}$)	380	6,2	26	0,98	37,5	4,75
	$N_{40}P_{40}K_{60}$	425	7,1	30	1,25	41,8	5,95
	$N_{80}P_{40}K_{60}$	460	8,4	34	1,53	44,9	7,11
	$N_{120}P_{40}K_{60}$	485	9,1	35	1,65	47,1	7,77
Артист	Контроль ($P_{40}K_{60}$)	405	5,8	24	0,93	38,9	4,56
	$N_{40}P_{40}K_{60}$	455	6,9	29	1,26	43,5	6,12
	$N_{80}P_{40}K_{60}$	510	8,2	31	1,49	48,0	7,61
	$N_{120}P_{40}K_{60}$	545	8,9	32	1,56	48,8	8,51

Це свідчить про те, що навіть невелика кількість азоту на ранніх етапах розвитку (у поєднанні з Р і К) критично необхідна для закладання

репродуктивних органів. Проте густота продуктивного стеблостою 425 – 455 шт./м² у цьому варіанті все ще залишалася недостатньою для отримання максимальних врожаїв, поступаючись варіантам з внесенням азоту N_{80} та N_{120}.

Сорт Артист краще реагував на підвищення доз азоту збільшенням коефіцієнта кущіння, де густота стебел зросла до 545 шт./м² на варіанті $N_{120}P_{40}K_{60}$, тоді як сорт Подолянка реагував більш стабільним збільшенням озерненості колосу та маси 1000 насінин.

Розрахунок біологічної врожайності показує її високу кореляцію з фактичною бункерною вагою (r=0,96). Різниця між біологічною та господарською врожайністю становила 10–12%, що є нормою для механізованого збирання

4.3. Урожайність зерна пшениці озимої

Урожайність є головним показником усіх досліджуваних показників і факторів. Результати обліку врожаю (табл. 3) підтверджують високу ефективність азотних добрив на фоні достатнього зволоження 2025 року.

Слід зазначити, що погодні умови збирання (липень – 112,3 мм опадів) дещо ускладнили жнива, розтягнувши їх з 15 липня до 2 серпня, проте це не призвело до критичних втрат врожаю.

Таблиця 3

Урожайність сортів пшениці озимої залежно від системи удобрення, т/га

Варіант удобрення	**Сорт Подолянка**	**Приріст до контролю, %**	**Приріст до контролю, т/га**	**Сорт Артист**	**Приріст до контролю, %**	**Приріст до контролю, т/га**
Контроль ($P_{40}K_{60}$)	4,25		–	4,10		–
$N_{40}P_{40}K_{60}$	5,35	26	1,10	5,50	34	1,40
$N_{80}P_{40}K_{60}$	6,40	51	2,15	6,85	67	2,75
$N_{120}P_{40}K_{60}$	6,95	64	2,7	7,60	85	3,50
НІР$_{0,5}$	**0,28**			**0,31**		

Аналіз даних таблиці 3 свідчить про чітку реакцію сортів на покращення азотного живлення.

Так у варіанті $N_{40}P_{40}K_{60}$ приріст урожайності відносно контролю сорту Подолянка склав у середньому 1,10 т/га, а урожайність зросла до 5,35т/га. Подібна тенденція спостерігалася і в сорту Артіст, проте врожайність його була у цьому варіанті на 8 % більше в порівняння з сортом Подолянка. Такий значний стрибок пояснюється законом «обмежувального фактора»: на контролі рослинам критично не вистачало азоту, і внесення навіть N_{40} дозволило зняти цей стрес. Цей варіант продемонстрував найвищу окупність 1 кг діючої речовини азоту приростом врожаю, хоча абсолютний рівень продуктивності ще не досяг максимуму. Подальше збільшення дози азоту до N_{80} забезпечило додатковий приріст для обох сортів, який становив 51% та 2,15 т/га для сорту Подолянка і 67% та 2,75 т/га для сорту Артіст.

Максимальну врожайність у досліді сформував сорт Артист у варіанті $N_{120}P_{40}K_{60}$ яка склала 7,60 т/га. Сорт Подолянка на цьому ж фоні забезпечив 6,95 т/га. Варто зазначити, що на низьких фонах удобрення (контроль) Подолянка виглядала дещо краще за Артист (4,25 проти 4,10 т/га), що підтверджує вищу вимогливість іноземних сортів до інтенсивних технологій.

Для підтвердження істотності різниці між варіантами досліду нами було проведено дисперсійний аналіз врожайності зерна пшениці озимої окремо для кожного сорту. Математична обробка даних проводилася методом однофакторного дисперсійного аналізу за методикою Б. А. Доспєхова при 5%-му рівні значущості.

Аналіз варіаційних рядів свідчить про високу вирівняність стеблостою, оскільки розбіжності між повторностями на одному варіанті не перевищували допустимих меж похибки досліду $S_x<3\%$.

Отримані дані свідчать, що фактична різниця між варіантами удобрення суттєво перевищує найменшу істотну різницю ($НІР_{05}$ = 0,28 т/га). Так, приріст врожаю від внесення N_{40} склав 1,10 т/га, що майже в 4 рази більше за $НІР_{05}$. Різниця між варіантами N_{80} та N_{120} становить 0,55 т/га, що також є математично

доведеною величиною (0,55 > 0,28). Отже, кожне наступне збільшення дози азоту забезпечувало достовірний приріст урожайності сорту Подолянка. Аналогічну математичну обробку було проведено для сорту Артист. Враховуючи більш інтенсивний тип сорту, реакція на добрива тут була сильнішою, що підтверджується більшим розмахом варіювання врожайності між контролем та удобреними варіантами.

Дисперсійний аналіз урожайності сорту Артист підтвердив високу достовірність отриманих результатів. Значення $НІР_{05}$ для цього досліду становить 0,31 т/га. Максимальний приріст урожаю відносно контролю зафіксовано на варіанті N_{120} — 3,50 т/га, що більш ніж у 10 разів перевищує поріг істотності. При порівнянні варіантів N_{80} та N_{120} різниця становить 0,75 т/га, що також є достовірним показником (0,75 > 0,31). Це математично обґрунтовує висновок про те, що потенціал продуктивності сорту Артист достовірно зростає аж до максимальної досліджуваної дози азоту.

Порівняння фактичного критерію Фішера ($F_{факт}$) з теоретичним ($F_{теор}$) в обох дослідах показало, що $F_{факт} > F_{теор}$, що відкидає нульову гіпотезу про випадковість результатів і підтверджує суттєвий вплив фактора удобрення на формування продуктивності пшениці озимої в умовах 2025 року.

4.4. Якість врожаю пшениці озимою залежно від продуктивності сорту та удобрення

Важливим завданням сучасного агровиробництва є не лише підвищення валових зборів зерна, але й забезпечення його високих технологічних та хлібопекарських властивостей. Відомо, що якість зерна є генетично детермінованою ознакою сорту, проте ступінь реалізації цього потенціалу значною мірою залежить від ґрунтово-кліматичних умов та рівня мінерального живлення, зокрема азотного.

Підвищення врожайності пшениці озимої не завжди супроводжується покращенням якості зерна. Часто спостерігається негативна кореляція: при зростанні валового збору вміст білка в зерні зменшується через так званий

«ефект розбавлення». Тому метою наших досліджень було встановити, чи забезпечують досліджувані системи удобрення отримання продовольчого зерна (1–3 класу) в умовах Правобережного Лісостепу.

Якість зерна визначали за основними показниками: вмістом білка, вмістом сирої клейковини та натурою зерна.

Білок є основним пластичним матеріалом зернівки, який визначає поживну цінність урожаю. Накопичення білкових речовин у зерні пшениці озимої відбувається внаслідок реутилізації азоту з вегетативних органів (листя, стебла) у генеративні в період наливу зерна.

Аналіз отриманих даних (табл. 4) свідчить, що умови мінерального живлення мали вирішальний вплив на технологічні властивості зерна.

У контрольному варіанті, де азотні добрива не вносилися, рослини відчували дефіцит азоту в період формування зернівки. Це призвело до формування зерна з низьким вмістом білка для обох сортів (10,5–10,9%) та клейковини (18,2–19,1%). Таке зерно за стандартами ДСТУ 3768:2019 здебільшого відповідало показникам 4-го класу або фуражного зерна, незважаючи на сприятливі погодні умови.

Клейковина – це гідратований білковий комплекс, який визначає пружність та еластичність тіста, а отже об’єм та пористість майбутнього хліба. Це головний ціноутворюючий показник при реалізації зерна.

Внесення стартової дози азоту у варіанті $N_{40}P_{40}K_{60}$ сприяло підвищенню вмісту білка на 0,6–0,8% та клейковини на 2–3% порівняно з контролем. Це дозволило обом сортам впевнено сформувати зерно 3-го класу.

Найкращі показники якості було отримано на варіантах з підвищеними нормами азоту.

Порівняльний аналіз сортів показав, що вітчизняний сорт Подолянка характеризується генетично вищою здатністю до накопичення білка. Так у варіанті $N_{80}P_{40}K_{60}$ вміст клейковини у Подолянки становив 26,5%, тоді як у сорту

Артист – 25,2%. Сорт Артист, формуючи вищу врожайність (табл. 3), дещо поступався за якісними показниками, проте на високих фонах удобрення N_{80} – N_{120} також гарантовано формував продовольче зерно 2-го класу.

Важливим фактором, що вплинув на якість, стали погодні умови травня-червня 2025 року. Значна кількість опадів (101,8 мм у травні та 112,3 мм у липні) створювала ризик вимивання клейковини, що вплинуло якість зерна (зменшення скловидності). Проте, завдяки подвійній та потрійній нормі внесення азоту вдалося нівелювати цей ризик. Азот був доступним рослинам саме у фази виходу в трубку та колосіння, що сприяло синтезу запасних білків у зернівці.

Таблиця 4

Показники якості зерна пшениці озимої залежно від системи удобрення (2025 р.)

Сорт	**Варіант удобрення**	**Вміст білка, %**	**Вміст клейковини, %**	**ІДК (індекс деформації клейковини), од.**	**Клас зерна (згідно ДСТУ)**
Подолянка	Контроль ($P_{40}K_{60}$)	10,9	19,1	85	4 (фураж)
	$N_{40}P_{40}K_{60}$	11,7	22,4	80	3 клас
	$N_{80}P_{40}K_{60}$	13,1	26,5	75	2 клас
	$N_{120}P_{40}K_{60}$	13,8	28,1	70	1–2 клас
Артіст	Контроль ($P_{40}K_{60}$)	10,5	18,2	90	4 (фураж)
	$N_{40}P_{40}K_{60}$	11,3	21,5	85	3 клас
	$N_{80}P_{40}K_{60}$	12,6	25,2	75	2 клас
	$N_{120}P_{40}K_{60}$	13,2	26,8	70	2 клас

Встановлено тісний кореляційний зв’язок між дозою азотного добрива та вмістом клейковини ($r = 0,89$).

Оптимізація системи азотного живлення є ключовим фактором отримання високоякісного зерна. Вирощування пшениці на фоні $P_{40}K_{40}$ (без азоту) не дозволяє отримати продовольче зерно вище 4-го класу. Застосування дози N_{80} на

фоні $P_{40}K_{60}$ є оптимальним технологічним заходом, який забезпечує отримання зерна 2-го класу (клейковина >23%, білок >12,5%) у обох досліджуваних сортів, що суттєво підвищує закупівельну ціну врожаю. Сорт Подолянка демонструє вищу стабільність якісних показників, тоді як Артист потребує вищих доз азоту для підтримання відповідних кондицій продовольчого зерна.

РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ РІЗНИХ ВАРІАНТІВ УДОБРЕННЯ НА РІЗНИХ СОРТАХ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

Впровадження інтенсивних технологій вирощування пшениці озимої в умовах ринкової економіки повинно базуватися не лише на підвищенні врожайності, але й на економічній доцільності витрат. Крім того, в умовах подорожчання енергоносіїв важливим критерієм оцінки є біоенергетична ефективність, яка показує співвідношення між витраченою антропогенною енергією та енергією, акумульованою в урожаї.

Розрахунок економічної ефективності вирощування сортів пшениці озимої Подолянка та Артіст проводився у цінах станом на 20 листопада 2025 року. Результати розрахунків (табл. 5) свідчать, що покращення азотного живлення суттєво впливає на собівартість продукції та чистий прибуток.

Аналіз економічних показників сорту Подолянка демонструє, що найвищу ефективність забезпечив варіант із внесенням азоту в дозі N_{80}. За такої системи удобрення собівартість зерна знижується до 4875 грн/т, а чистий прибуток сягає максимуму в досліді для цього сорту і становить 21280 грн/га при рентабельності 68,2 %. Подальше збільшення норми азоту до N_{120} для сорту Подолянка виявилося економічно недоцільним, оскільки призвело до зростання собівартості продукції та зниження чистого прибутку до 20 490 грн/га.

Сорт інтенсивного типу Артіст продемонстрував вищу окупність витрат на добрива. Максимальний рівень рентабельності у 80,0 % було отримано також на варіанті N_{80}, проте, на відміну від Подолянки, варіант із максимальною дозою азоту N_{120} залишився високоприбутковим. Завдяки суттєвому приросту врожайності чистий прибуток на цьому варіанті склав 25820 грн/га, що є найвищим показником у досліді, хоча рівень рентабельності дещо знизився до 70,7 % через високу вартість добрив.

Таблиця 5

Економічна ефективність вирощування пшениці озимої залежно від системи удобрення (ціни 2025 р.)

Сорт	Варіант	Урожайність, т/га	Вартість продукції, грн/га	Витрати, грн/га	Собівартість 1 т, грн	Чистий прибуток, грн/га	Рентабельність, %
Подолянка	Контроль ($P_{40}K_{60}$)	4,25	34 850	22 500	5 294	12 350	**54,9**
	$N_{40}P_{40}K_{60}$	5,35	43 870	26 800	5 009	17 070	**63,7**
	$N_{80}P_{40}K_{60}$	6,40	52 480	31 200	4 875	21 280	**68,2**
	$N_{120}P_{40}K_{60}$	6,95	56 990	36 500	5 251	20 490	**56,1**
Артіст	Контроль ($P_{40}K_{60}$)	4,10	33 620	22 500	5 487	11 120	**49,4**
	$N_{40}P_{40}K_{60}$	5,50	45 100	26 800	4 872	18 300	**68,3**
	$N_{80}P_{40}K_{60}$	6,85	56 170	31 200	4 554	24 970	**80,0**
	$N_{120}P_{40}K_{60}$	7,60	62 320	36 500	4 802	25 820	**70,7**

Поряд з економічним аналізом важливим критерієм оцінки технологій є їхня енергетична ефективність, яка визначається співвідношенням енергії, акумульованої в урожаї, до сукупних витрат енергії на його вирощування. Результати біоенергетичної оцінки наведено в таблиці 6.

Таблиця 6

Біоенергетична ефективність вирощування сортів пшениці озимої

Сорт	**Варіант удобрення**	**Накопичено енергії в урожаї, ГДж/га**	**Сукупні витрати енергії, ГДж/га**	**Чистий енергетичний прибуток, ГДж/га**	**Коефіцієнт енергетичної ефективності (Кее)**
Подолянка	Контроль ($P_{40}K_{60}$)	70,1	19,5	50,6	3,59
	$N_{40}P_{40}K_{60}$	88,3	23,2	65,1	3,80
	$N_{80}P_{40}K_{60}$	105,6	27,8	77,8	3,80
	$N_{120}P_{40}K_{60}$	114,7	32,4	82,3	3,54
Артист	Контроль ($P_{40}K_{60}$)	67,6	19,5	48,1	3,47
	$N_{40}P_{40}K_{60}$	90,8	23,2	67,6	3,91
	$N_{80}P_{40}K_{60}$	113,0	27,8	85,2	4,06
	$N_{120}P_{40}K_{60}$	125,4	32,4	93,0	3,87

Дані таблиці 6 свідчать про те, що всі досліджувані варіанти удобрення є енергетично виправданими, оскільки коефіцієнт енергетичної ефективності перевищує одиницю. Найбільш ефективним з точки зору використання енергетичних ресурсів виявився варіант внесення N_{80} на фоні $P_{40}K_{60}$. За такої системи удобрення сорт Артист забезпечив найвищий коефіцієнт енергетичної ефективності на рівні 4,06, що означає отримання понад чотирьох одиниць енергії в урожаї на одну витрачену одиницю антропогенної енергії. Для сорту Подолянка оптимальним також є варіант N_{80} з коефіцієнтом 3,80, тоді як подальша інтенсифікація до N_{120} призводить до зниження коефіцієнта

енергетичної ефективності до 3,54, що вказує на зменшення окупності енерговитрат.

Таким чином, узагальнюючи дані економічного та енергетичного аналізу, можна констатувати, що найбільш збалансованою стратегією удобрення для обох сортів в умовах Правобережного Лісостепу є внесення мінеральних добрив у дозі $N_{80}P_{40}K_{60}$. Така система забезпечує високу рентабельність виробництва та раціональне використання енергетичних ресурсів. Застосування підвищених доз азоту N_{120} є виправданим виключно для сортів інтенсивного типу, таких як Артіст, з метою отримання максимального валового збору зерна та чистого прибутку, незважаючи на деяке зниження рівня рентабельності.

РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

6.1. Організація охорони праці, виробничої санітарії та техніки безпеки при виконанні польових робіт

Охорона праці в сільському господарстві є системою правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності. Організація охорони праці при вирощуванні пшениці озимої в умовах господарства базується на положеннях Конституції України, Закону України «Про охорону праці», Кодексу законів про працю України (КЗпП) та галузевих нормативних актах.

Відповідно до законодавства, відповідальність за створення безпечних умов праці покладається на власника підприємства або уповноважений ним орган. Усі працівники, залучені до виконання технологічних операцій, передбачених темою кваліфікаційної роботи (дискування ґрунту, внесення мінеральних добрив, сівба, догляд за посівами, збирання врожаю), підлягають обов'язковому державному соціальному страхуванню від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань.

Основні роботи з вирощування пшениці озимої є механізованими і виконуються із застосуванням тракторів John Deere, ґрунтообробних знарядь, сівалок та зернозбиральних комбайнів. До роботи на тракторах і складних сільськогосподарських машинах допускаються особи не молодше 18 років, які пройшли спеціальне навчання, мають посвідчення на право керування відповідною технікою, пройшли медичний огляд та вступний інструктаж з охорони праці.

Перед початком польових робіт (осінній обробіток ґрунту, сівба 19 жовтня) перевіряється технічний стан агрегатів. Особливу увагу звертають на справність гальмівної системи, рульового управління, освітлювальних приладів та звукової сигналізації. Усі рухомі частини машин (карданні вали, ланцюгові передачі)

повинні бути закриті захисними кожухами. Під час виконання робіт забороняється:

1. перебувати стороннім особам у кабіні трактора або на причіпних знаряддях;
2. проводити ремонт, змащування чи регулювання вузлів при працюючому двигуні;
3. залишати агрегат без нагляду з працюючим двигуном.

Оскільки темою роботи передбачено вивчення впливу різних доз мінеральних добрив (аміачна селітра, суперфосфат гранульований, калій хлористий), особлива увага приділяється безпеці при їх транспортуванні, зберіганні та внесенні. Мінеральні добрива, особливо азотні, є хімічно активними речовинами, які можуть негативно впливати на здоров'я працівників (подразнення дихальних шляхів, шкіри, слизових оболонок).

Згідно з «Правилами охорони праці у сільськогосподарському виробництві», усі роботи з агрохімікатами повинні бути механізованими. Завантаження розкидачів добрив (РУМ) проводиться механічними навантажувачами, щоб унеможливити прямий контакт працівників із речовиною. Персонал, який працює з добривами (зокрема при весняному підживленні аміачною селітрою), повинен бути забезпечений засобами індивідуального захисту (ЗІЗ): спецодягом (пилонепроникні комбінезони), респіраторами типу «Пелюстка» або протигазовими респіраторами для захисту органів дихання від пилу та випарів аміаку, захисними окулярами закритого типу; гумовими рукавицями та взуттям.

Важливим аспектом виробничої санітарії є дотримання правил особистої гігієни. На місцях роботи з добривами повинні бути бачки з питною водою, вода для миття рук, мило та рушники. Приймати їжу та палити під час роботи з агрохімікатами суворо заборонено; це дозволяється лише у спеціально відведених місцях після ретельного миття рук та обличчя.

Період збирання врожаю (липень–серпень) характеризується підвищеною пожежною небезпекою через наявність сухої стерні та високі температури повітря. Уся збиральна техніка та автомобілі, задіяні у перевезенні зерна,

повинні бути обладнані справними іскрогасниками та первинними засобами пожежогасіння (вогнегасники, лопати, швабри-хлопавки). Корпуси комбайнів мають бути заземлені ланцюгом для зняття статичної електрики. Трактористи та комбайнери повинні пройти спеціальний протипожежний інструктаж.

Таким чином, комплексне дотримання законодавчих норм та правил техніки безпеки дозволяє мінімізувати виробничі ризики та зберегти здоров'я працівників під час проведення технологічних операцій, передбачених дослідженням.

6.2. Екологічна оцінка рекомендованих заходів та їх вплив на якість продукції

В умовах інтенсифікації землеробства питання охорони навколишнього природного середовища набувають першочергового значення. Застосування мінеральних добрив є потужним фактором впливу на агроекосистему, який може мати як позитивні, так і негативні наслідки. У кваліфікаційній роботі досліджувався вплив різних доз азотних добрив (N_{40}–N_{120}) на фоні $P_{40}K_{60}$ на продуктивність пшениці озимої.

Науково обґрунтоване застосування добрив не лише підвищує врожайність, але й сприяє збереженню родючості ґрунту. Рекомендована нами система удобрення $N_{80}P_{40}K_{60}$ базується на принципі компенсації винесених з урожаєм елементів живлення. Використання цієї дози дозволяє підтримувати бездефіцитний баланс гумусу, оскільки приріст урожайності супроводжується збільшенням кількості пожнивних решток та кореневої маси, які залишаються в полі та трансформуються в органічну речовину ґрунту.

Однією з головних екологічних проблем при застосуванні азотних добрив є ризик нітратного забруднення ґрунтових вод та накопичення нітратів у продукції. Проте, як показали наші дослідження та дані літературних джерел, внесення азоту дробово (під передпосівну культивацію та у підживлення по мерзлоталому ґрунту) забезпечує повне засвоєння елементу рослинами у фази активного росту (кущіння, вихід у трубку). За рекомендованої дози N_{80}

коефіцієнт використання азоту рослинами є найвищим, що мінімізує його вимивання в глибокі шари ґрунту та потрапляння у водойми.

Застосування фосфорно-калійних добрив $P_{40}K_{60}$ також відіграє позитивну роль, оскільки фосфор сприяє кращому розвитку кореневої системи, що запобігає водній та вітровій ерозії ґрунту, а калій підвищує стійкість рослин до стресових факторів.

Важливим критерієм екологічної оцінки технології є якість отриманого зерна. Існує думка, що високі дози мінеральних добрив можуть призвести до накопичення шкідливих речовин. Однак результати наших досліджень (розділ 4) свідчать, що при внесенні N_{80}–N_{120} вміст білка та клейковини зростає, що покращує хлібопекарські властивості зерна. Зерно, вирощене за рекомендованою технологією, відповідає вимогам ДСТУ 3768:2019 для пшениці 2–3 класу і є безпечним для використання у харчовій промисловості. Ми не вносили надмірно високих доз азоту (понад 150–200 кг д.р.), які могли б спричинити накопичення нітратів вище гранично допустимих концентрацій (ГДК). Збалансованість азотного живлення з фосфором і калієм сприяла правильному метаболізму рослин, перетворюючи мінеральний азот у цінні амінокислоти та білки.

Використання інтенсивних сортів (Артіст) та оптимізованих систем живлення дозволяє отримувати вищу врожайність з одиниці площі. Це відповідає екологічній стратегії «збереження земель», коли потреба людства в зерні задовольняється за рахунок інтенсифікації на вже розораних землях, що зменшує тиск на природні екосистеми та запобігає необхідності розорювання нових територій.

Отже, впровадження у виробництво рекомендованої системи удобрення ($N_{80}P_{40}K_{60}$) для вирощування пшениці озимої в умовах Правобережного Лісостепу є екологічно безпечним заходом. Технологія забезпечує раціональне використання ґрунтових ресурсів, не призводить до забруднення навколишнього середовища агрохімікатами (за умови дотримання регламентів їх внесення) та дозволяє отримувати високоякісну, біологічно повноцінну продукцію, безпечну для споживання.

ВИСНОВКИ

Узагальнення результатів проведених польових досліджень та лабораторних аналізів дозволяє стверджувати, що продуктивність пшениці озимої в умовах Правобережного Лісостепу є складною динамічною системою, яка залежить від генотипових особливостей сорту, рівня мінерального живлення та погодних умов вегетаційного періоду. Специфіка погодних умов 2024–2025 року, зокрема тепла зима та надмірна кількість опадів у травні й червні, створила передумови для високої ефективності азотних добрив, які на фоні достатнього вологозабезпечення сприяли суттєвому приросту вегетативної маси та формуванню генеративних органів рослин.

Аналіз проходження фенологічних фаз засвідчив, що поліпшення азотного живлення подовжувало період вегетації та фотосинтетичної активності посівів. Встановлено сортову реакцію на умови вирощування, за якої сорт інтенсивною типу Артіст ефективніше реагував на підвищені дози добрив шляхом збільшення густоти продуктивного стеблостою, тоді як сорт Подолянка реалізував свій потенціал переважно через підвищення озерненості колосу та маси 1000 зерен.

Результати обліку врожайності довели, що внесення мінеральних добрив є ключовим фактором підвищення продуктивності культури. На контрольному варіанті без застосування азотних добрив урожайність сортів обмежувалася на рівні 4,10–4,25 т/га, що свідчить про неможливість розкриття біологічного потенціалу сучасних сортів виключно за рахунок природної родючості ґрунту. Застосування стартової дози азоту N40 на фоні фосфорно-калійного живлення забезпечило достовірний приріст урожаю, проте максимальні показники продуктивності було отримано за внесення N120, де сорт Артист сформував урожайність 7,60 т/га, а сорт Подолянка – 6,95 т/га.

Якісні показники зерна виявили пряму залежність від рівня азотного забезпечення. В умовах надмірного зволоження, яке створювало ризики зниження вмісту білка, саме азотні підживлення стали стабілізуючим фактором. Доведено, що отримання продовольчого зерна 2–3 класу можливе лише за умов внесення азотних добрив у дозі не менше N_{80}, оскільки на контролі та низьких

фонах живлення формувалося зерно переважно фуражного призначення. При цьому вітчизняний сорт Подолянка демонстрував генетично обумовлений вищий вміст білка та клейковини порівняно із сортом Артист на всіх варіантах досліду.

Економічна та біоенергетична оцінка досліджуваних технологій виявила, що максимальна врожайність не завжди є тотожною максимальній ефективності. Розрахунки показали, що оптимальним варіантом для обох сортів є внесення N_{80} на фоні $P_{40}K_{60}$, що забезпечує найвищий рівень рентабельності виробництва в межах 68–80 % та максимальний коефіцієнт енергетичної ефективності. Подальша інтенсифікація технології до рівня N_{120} є виправданою лише для сорту Артіст, тоді як для сорту Подолянка це призводить до зниження економічних показників через невідповідність вартості прибавки врожаю витратам на добрива.

ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

На основі проведених досліджень для господарств Правобережного Лісостепу рекомендується застосовувати диференційовану технологію вирощування пшениці озимої залежно від обраного сорту та фінансових можливостей. Для отримання стабільних врожаїв на рівні 6,5–7,0 т/га з високими показниками якості зерна та максимальною рентабельністю доцільно вносити мінеральні добрива в дозі $N_{80}P_{40}K_{60}$, що передбачає внесення складних добрив під основний обробіток або при сівбі та внесення азотних добрив у весняний період. У разі вирощування інтенсивних сортів закордонної селекції типу Артіст та наявності достатніх ресурсів виправданим є підвищення норми азоту до N_{120}, що дозволяє отримати максимальну врожайність понад 7,5 т/га зі збереженням прибутковості виробництва, тоді як для сортів типу Подолянка слід обмежуватися середніми нормами удобрення для запобігання зниженню окупності витрат.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Балабух В. О., Однолєток Л. П., Кривошеїн О. О. Вплив зміни клімату на продуктивність озимої пшениці в Україні у періоди вегетаційного циклу. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2017. № 3 (46). С. 72–85.

2. Кривохижа Є. М., Матвіїшин А. І., Бринь В. Т. Вплив зміни клімату на врожайність основних сільськогосподарських культур в Україні. Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. 2024. № 44. С. 33–37.

3. Особливості вирощування сільськогосподарських культур в умовах зміни клімату в 2021 році : наук.-практ. рек. для зони Степу / відпов. за вип. А. Д. Гирка. Дніпро : ДУ Ін-т зернових культур НААН, 2021. 92 с.

4. Сіліфонов Т. В., Господаренко Г. М., Любич В. В., Полянецька І. О., Новіков В. В. Урожайність і якість зерна різностиглих сортів пшениці м'якої озимої за різних систем удобрення в сівозміні. Агробіологія. 2021. № 2. С. 146–156.

5. Господаренко Г. М. Система застосування добрив. Київ : ТОВ «ТРОПЕА», 2022. 376 с.

6. Гамаюнова В. В., Корхова М. М., Панфілова А. В. та ін. Пшениця озима: ресурсний потенціал та технологія вирощування : монографія. Миколаїв : МНАУ, 2021. 300 с. URL: https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/10865/1/pshenicya-ozima-monografiya.pdf (дата звернення: 25.10.2025).

7. Господаренко Г. М., Любич В. В., Желєзна В. В., Новіков В. В. Вміст вітамінів у зерні пшениці мякої озимої за різного удобрення. Вісник Уманського НУС. 2019. № 2. С. 3–6.

8. Заришняк А. С., Цвей Я. П., Іваніна В. В. Оптимізація удобрення та родючості ґрунту в сівозмінах. Київ : Аграрна наука, 2015. 207 с.

9. Зубець М. В., Ситник В. П., Третяк А. М. та ін. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Лісостепу України. Київ: Логос, 2004, 776 с.

10. Іваніна В. В., Коротенко І. М. Вплив азотних добрив і попередників на продуктивність пшениці озимої. Зернові культури. 2022. № 6(2). С. 100–105. https://doi. org/10.31867/2523–4544/0239.

11. Іваніна В. В., Коротенко І. М. Вплив азотного живлення на формування балансу поживних складових в агроценозі пшениці озимої. Науково-теоретичний журнал «Землеробство та рослинництво: теорія і практика». 2022. № 4(6), С. 5–11.

12. Іваніна В. В., Коротенко І. М. Вплив доз і способів унесення азотних добрив на врожайність та якість зерна пшениці озимої. Вісник аграрної науки. 2022. № 11(836), С. 5–10.

13. Іваніна Р. В. Вплив доз і способів внесення азотних добрив на врожайність і якість зерна пшениці озимої. Вісник аграрної науки. 2020. № 4. С. 84–88.

14. Попов Ю. В., Авраменко С. В. Урожайність та якість зерна пшениці озимої залежно від строків та доз осіннього та раньовесняного азотного підживлення після попередника соняшник. Зернові культури. 2025. Т. 9, № 1. С. 144–151.

15. Вплив систем удобрення з використанням біостимулятора та гумусного добрива на врожайність і якість зерна пшениці озимої / А. О. Дубицька, О. Й. Качмар, О. Л. Дубицький, О. В. Вавринович, М. М. Щерба. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2024. Вип. 76 (1). С. 16–25.

16. Каленич П. Є. Оптимізація складових технології виробництва високоякісного насіння пшениці озимої та їх вплив на посівні якості в умовах Правобережного Лісостепу: автореф. дис. … канд. с.-г. наук. Умань, 2018. 23 с.

17. Господаренко Г. М. Агрохімія. Київ : ТОВ «ТРОПЕА», 2024. 572 с.

18. Losacco D., Ancona V., De Paola D., Tumolo M., Massarelli C., Gatto A., Uricchio V. F. Development of Ecological Strategies for the Recovery of the Main Nitrogen Agricultural Pollutants: A Review on Environmental Sustainability in Agroecosystems. Sustainability. 2021. Vol. 13. 7163.

19. Ju X., Xing G., Chen X., Zhang S., Zhang L., Liu X., Cui Z., Yin B., Christie P., Zhu Z., et al. Reducing environmental risk by improving N management in intensive Chinese agricultural systems. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 2009. Vol. 106. P. 3041–3046.

20. Господаренко Г. М., Черно О. Д., Бойко В. П. Стасінєвич О. Ю. Вплив доз і співвідношень добрив на врожайність і якість зерна пшениці озимої. Вісник Уманського НУС. 2018. № 2. С. 77–79.

21. Jiang X., Li J., An Z., Liang J., Tian X., Chen Y., Sun Y., Li Y. Optimal Fertilization Strategies for Winter Wheat Based on Yield Increase and Nitrogen Reduction on the North China Plain. Sustainability. 2023. Vol. 15(5). 4199.

22. Коваленко Р. В. Біологічні та технологічні особливості формування продуктивності пшениці озимої на чорноземі типовому в умовах Лісостепу України: автореф. дис. … канд. с.-г. наук. Київ, 2012. 20 с.

23. Кононюк Л. М., Натальчук Т. А. Особливості сортової реакції пшениці озимої на технологічні прийоми вирощування в Північному Лісостепу. Зб. наук. пр. ННЦ «Інститут землеробства НААН». 2011. № 3–4. С. 55–63.

24. Марковська О. Є., Гречишкіна Т. А. Продуктивність сортів пшениці озимої залежно від елементів технології вирощування в умовах Південного Степу Укра- їни. Агробіологія. 2020. № 1. С. 96–103.

25. Baimuratov A., Bastaubayeva S., Arslan M., Yeraliyeva Z. Effect of fertilizer application on winter wheat productivity under precision agriculture in Kazakhstan. Biodiversitas Journal of Biological Diversity. 2021. Vol. 22(3). P. 1558–1563.

26. Panfilova A., Mohylnytska A. The impact of nutrition optimisation on crop yield of winter wheat varieties (Triticum aestivum L.) and modeling of

regularities of its dependence on structure indicators. Agriculture and Forestry. 2019. Vol. 65(3). P. 157–171.

27. Fanin Y. S., Lytvynenko M. A. Yield and elements of plant productivity in modern domestic and foreign varieties of winter durum wheat. Podilian Bulletin Agriculture Engineering Economics. 2023. Vol. 1. P. 70–77. doi: 10.37406/2706-9052-2023-1.10

28. Gamayunova V., Kovalenko O., Smirnova I., Korkhova M. The formation of the productivity of winter wheat depends on the predecessor, doses of mineral fertilizers and bio preparations. Scientific Horizons. 2022. Vol. 25(6). P. 65–74. doi: 10.48077/scihor.25(6).2022.65–74.

29. Господаренко Г. М. Агрохімія мікроелементів. Київ : ТОВ «ТРОПЕА», 2023. 416 с.

30. Bezuglova O. S., Polienko E. A., Gorovtsov A. V., Lyhman V. A., Pavlov P. D. The effect of humic substances on winter wheat yield and fertility of ordinary chernozem. Ann. Agrar. Sci. 2017. Vol. 15. P. 239– 242. doi:10.1016/j. aasci.2017.05.006

31. Господаренко Г. М., Любич В. В., Сіліфонов Т. В. Формування балансу основних складових живлення за вирощування різних сортів пшениці м'якої озимої залежно від системи удобрення. Збірник Уманського НУС. 2024. Вип. 105. С. 338–352.

32. Sanadi U., Math K. K., Lamani K. D., Reddy U. G. Quality of Bread Wheat (Triticum aestivum L.) as Influenced by Different Nutrient Management Approaches under Northern Transitional Zone of Karnataka. International Journal of Plant & Soil Science. 2023. Vol. 35, Iss.1. P. 22– 33. doi:10.9734/ijpss/2023/v35i12711.

33. Радченко М. В. Продуктивність та якість зерна пшениці озимої залежно від позакореневого підживлення. Вісник Сумського нац. аграрного університету. Серія. Агрономія і біологія. 2017. Вип. 2(33). С. 52–57.

34. Сіліфонов Т. В. Урожайність і вміст білка в зерні різностиглих сортів пшениці м’якої озимої за умови використання різних видів і доз добрив. Plant Varieties Studying and Protection. 2023. Том 19(1). С. 44–51.

35. Moreira-Ascarrunz S. D., Larsson H., Prieto-Linde M. L., Johansson E. Mineral nutritional yield and nutrient density of locally adapted wheat genotypes under organic production. Foods. 2016. Vol. 5. P. 255–261.

36. Любич В. В. Продуктивність сортів і ліній пшениць залежно від абіотичних і біотичних чинників. Вісник аграрної науки Причорномор’я. 2017. Вип. 95. С. 146–161.

37. Вплив різних систем удобрення на якість зерна пшениці озимої / І. А. Можарівська, Л. Л. Довбиш, В. Гримашевич, В. Григорчук. Таврійський науковий вісник. 2023. № 134. С. 103–108.

38. Russenes A. L., Korsaeth A., Bakken L. R., Dörsch P. (2019). Effects of nitrogen split application on seasonal N2O emissions in southeast Norway. Nutrient Cycling in Agroecosystems. 2019. Vol. 115(1). P. 41–56.

39. Schulz R., Makary T., Hubert S., Hartung K., Gruber S., Donath S., Döhler J., Wei K., Ehrhart E., Claupein W. Is it necessary to split nitrogen fertilization for winter wheat? On-farm research on Luvisols in South-West Germany. The Journal of Agricultural Science. 2015. Vol. 153(4). P. 575– 587.

40. Si Z., Zain M., Mehmood F., Wang G., Gao Y., Duan A. Effects of nitrogen application rate and irrigation regime on growth, yield, and waternitrogen use efficiency of drip-irrigated winter wheat in the North China Plain. Agricultural Water Management. 2020. Vol. 231. P. 106–112.

41. Sharma S., Kumar T., Foulkes M. J. et al. Nitrogen uptake and remobilization from pre- and post-anthesis stages contribute towards grain yield and grain protein concentration in wheat grown in limited nitrogen conditions. CABI Agriculture and Bioscience. 2023. Vol. 4. Art. 12. DOI: 10.1186/s43170-023-00153-7.

42. Kong L., Xie Y., Hu L., Feng B., Li S. Remobilization of vegetative nitrogen to developing grain in wheat (Triticum aestivum L.). Field Crops Research. 2016. Vol. 196. P. 134–144. DOI: 10.1016/j.fcr.2016.06.015.

43. Mahler R. L., Koehler F. E., Lutcher L. K. Nitrogen source, timing of application, and placement: Effects on winter wheat production. Agronomy Journal. 1994. Vol. 86(4). P. 637–642.

44. López-Bellido L., López-Bellido R. J., Redondo R. Nitrogen efficiency in wheat under rainfed Mediterranean conditions as affected by split nitrogen application. Field Crops Research. 2005. Vol. 94(1). P. 86–97. DOI: 10.1016/j.fcr.2004.11.004.

45. Yokamo S., Irfan M. et al. Global evaluation of key factors influencing nitrogen fertilization efficiency in wheat: a recent meta-analysis (2000–2022). Frontiers in Plant Science. 2023. Vol. 14. Art. 1272098. DOI: 10.3389/fpls.2023.1272098.

46. Adalibieke W., Cui X., Cai H. et al. Global crop-specific nitrogen fertilization dataset in 1961–2020. Scientific Data. 2023. Vol. 10. Art. 617. DOI: 10.1038/s41597-023-02526-z.

47. de Oliveira Silva A., Ciampitti I. A., Slafer G. A., Lollato R. P. Nitrogen utilization efficiency in wheat: A global perspective. European Journal of Agronomy. 2020. Vol. 114. Art. 126008. DOI: 10.1016/j.eja.2020.126008.

48. Simão L. M., Ruiz Diaz D. A., Lollato R. P. Timing, source, and placement of nitrogen fertilizer increases wheat yield and protein content in high yielding environments. Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports. 2021. Vol. 7(8). DOI: 10.4148/2378-5977.8128.

49. Азотні добрива: ефективність у посівах озимої пшениці / О. Желязков, О. Козельський, О. Бондаренко. Пропозиція. 2015. №7–8. С. 80–83.

50. Азотне підживлення пшениці озимої після різних попередників / С. І. Кудря, М. К. Клочко, Н. А. Кудря. Вісник Харківського національного

аграрарного університету ім. В. В. Докучаєва: збірник наукових праць. Харків, 2010. №5. С. 128–130.

51. Колісник В.І. Урожайність зерна сортів озимої пшениці залежно від сидератів – попередників, застосування мінеральних добрив і біопрепарату «Байкал ЕМ». Вісник ХНАУ, Сер. «Рослинництво, селекція, насінництво і овочівництво». Харків, 2008. №5. С. 21–26.

52. Колпакова О. С. Озима пшениця в умовах Півдня. Вплив прийомів сортової агротехніки на врожайність. Агроном. №1. 2014. –С. 84–86.

53. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур. Львів, НВФ «Українські технології», 2006. 730 с.

54. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур. 5-те вид., випр. і доп. Львів, НВФ «Українські технології», 2020. 806 с.

55. Подолянка. Інформаційно-довідкова система «Сорт». URL: http://sort.sops.gov.ua/cultivar/view/11182 (дата звернення: 29.09.2025).

56. Подолянка. URL: https://stepova.ua/ua/catalog/seeds/crops/podolianka (дата звернення: 29.09.2025).

57. Опис сорту Артіст. URL: https://www.dsv-ukraina.com.ua/sorte/6685 (дата звернення: 29.11.2025).

58. ДСТУ 4362:2004. Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів. Київ, 2005.

59. ДСТУ 4289:2004. Якість ґрунту. Методи визначання органічної речовини. Київ, 2005.

60. ДСТУ 4115-2002. Ґрунти. Визначання рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Чирикова. Київ, 2003.

61. ДСТУ ISO 10390:2007. Якість ґрунту. Визначення pH. Київ, 2008.

62. Балюк С. А., Медведєв В. В., Тараріко О. Г. та ін. Національна доповідь про стан родючості ґрунтів України. Київ, 2010.

63. Фази розвитку зернових культур за шкалою BBCH. URL: https://superagronom.com/cards/fazi-rozvitku-zernovih-za-bbch-ta-optimalni-peri-id28835 (дата звернення: 30.09.2025).

64. Агрометеорологічні умови та їх значення для формування врожайності озимої пшениці. URL: https://www.agro.basf.ua/Documents/ (дата звернення: 30.09.2025).

65. Сівалка зернова Astra 4. Технічна характеристика. URL: https://elvorti.com/catalog/seyalka/astra-4.html (дата звернення: 30.09.2025).

66. ДСТУ 3768:2019. Пшениця. Технічні умови. Київ, 2019.

67. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Костогриз П. В., Опришко В. П. Основи наукових досліджень в агрономії: Підручник/ За ред. В.О. Єщенка / Вінниця : ПП «Едельвейс і К», 2014. 332 с.

68. ДСТУ 7370:2013. Селітра аміачна. Технічні умови. Київ, 2013. 31 с.

69. Superfosfat простий гранульований 19/17 P2O5. Fosfan. URL: https://fosfan.pl/uk/продукти/superfosfat-простий-гранульований-19-17-p2o5/ (дата звернення: 29.11.2025).

70. ГОСТ 4568-95. Калій хлористий. Технічні умови. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=92163 (дата звернення: 29.09.2025).

71. Калій хлористий. Хлорид калію гранульований (МОР К60). UAPG. URL: https://uapg.ua/products/kalij-hloristij-hlorid-kaliju-granulovanij/ (дата звернення: 29.11.2025).

ДОДАТКИ

Додаток А

Технологічна карта вирощування пшениці озимої

№ п/п	Назва технологічної операції	Агротехнічний строк виконання	Склад агрегату (Марка трактора + СГМ)	Норма виробітку за зміну, га	Обсяг робіт, га	Норма внесення матеріалів на 1 га	Витрати пального, л/га	Кількість обслуговуючого персоналу (механізаторів)
1	**Основний обробіток ґрунту**							
1.1	Дискування ґрунту (у 2 сліди) на глибину 10–12 см	Вересень – початок жовтня	John Deere 8335R + Lemken Rubin	40	200 (100×2)	–	6,5	1
2	**Передпосівна підготовка та сівба**							
2.1	Передпосівна культивація з боронуванням	Жовтень (17–18.10)	John Deere 8335R + КПС-8	45	100	–	5,5	1
2.2	Протруювання насіння	Жовтень (перед сівбою)	Протруювач ПС-10	20 т	25 т	1,5 л (Іншур Перформ)	–	1 (оператор)
2.3	**Сівба зернових з одночасним внесенням повної дози P і K**	Жовтень (19.10)	John Deere 6155M + сівалка (Great Plains)	35	100	250 кг (Насіння) + **200 кг (Діамофоска/NPK)**	5,0	1
2.4	Коткування посівів (за необхідності)	Жовтень (після сівби)	МТЗ-82 + КЗК-6	50	100	–	1,5	1
3	**Догляд за посівами**							
3.1	**Ранньовесняне підживлення (повна доза азоту)**	Лютий – Березень (по мерзлоталому)	John Deere 6155M + РУМ (Amazone)	90	100	**200–250 кг (Аміачна селітра)**	2,0	1
3.2	Внесення гербіцидів та фунгіцидів (Т1)	Квітень (фаза кущіння)	John Deere 4730 (Самохідний обприскувач)	120	100	0,5 л (Гербіцид) + 0,5 л (Фунгіцид)	1,2	1
3.3	Фунгіцидно-інсектицидний захист (Т2 – прапорцевий листок)	Травень	John Deere 4730	120	100	0,5 л (Фунгіцид) + 0,15 л (Інсектицид)	1,2	1
4	**Збирання врожаю**							
4.1	Пряме комбайнування з подрібненням соломи	Липень (15.07 – 02.08)	John Deere S760 / Claas Lexion	25	100	–	16,0	2 (змінні)
4.2	Відвезення зерна від комбайна на тік (відстань до 10 км)	Липень – Серпень	КамАЗ-55102 / John Deere + причіп	–	680 т	–	0,8 л/ткм	2
4.3	Лущення стерні	Серпень (відразу після збирання)	John Deere 8335R + Дискова борона	50	100	–	6,0	1
5	**ВСЬОГО ВИТРАТ ПАЛЬНОГО (орієнтовно)**						**44,9 л/га**	