

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**Навчально-науковий інститут агротехнологій, селекції та
екології**

Кафедра рослинництва

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на здобуття ступеня вищої освіти магістр
на тему: «ФОРМУВАННЯ НАСІННЕВОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ
ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ СОРТУ ДОВІРА ОДЕСЬКА ЗАЛЕЖНО ВІД
НОРМ ДОБРИВ ТА СТРОКІВ ЇХ ВНЕСЕННЯ»**

Виконав: здобувач вищої освіти
за ОПІ Насінництво і насіннезнавство
спеціальності 201 Агрономія
ступеня вищої освіти магістр
групи 201Амд_21

Юхименко Богдан Сергійович

Керівник: **Гангур В.В.**, доктор с.-г. наук, ст.н. с.

Рецензент: **Ласло О.О.**, кандидат с.-г. наук,
доцент

Полтава – 2025 року

Анотація

Основна частина кваліфікаційної роботи виконана на 58 сторінках тексту, відображена у 7 таблицях.

Робота складається із вступу, 6 розділів, висновків, списку використаних джерел, який містить 66 найменувань та 1 додатку.

Об'єкт дослідження: процеси росту, розвитку і формування елементів продуктивності рослин пшениці озимої.

Предмет дослідження: пшениця озима, різні строки застосування мінерального азоту та систем захисту посівів, урожайність, показники економічної ефективності технології.

Мета кваліфікаційної роботи магістра: з'ясувати вплив різних рівнів мінерального удобрення, часу їх внесення, а також системи захисту посівів на формування біометричних параметрів рослин, реалізацію генетичного потенціалу продуктивності та показники економічної ефективності вирощування насіння пшениці озимої в умовах нестійкого зволоження лівобережної частини Лісостепу України.

Наукова новизна кваліфікаційної роботи магістра: за результатами проведених досліджень, виконаних у зоні нестійкого зволоження Лівобережного Лісостепу України, вперше науково обґрунтовано особливості формування біометричних показників рослин пшениці озимої, реалізації продуктивного потенціалу та якісних параметрів зерна залежно від удобрення, строків внесення азоту. Отримані експериментальні дані дали змогу визначити найбільш доцільне поєднання строків застосування азотних добрив, що забезпечує найбільш раціональне використання елементів живлення та формування високопродуктивних агроценозів.

Крім того, встановлено вплив різних систем захисту рослин – мінімальної та комплексної на ріст і розвиток посівів пшениці озимої, а саме на лінійні розміри рослин, урожайність насіння та економічні показники ефективності технологій вирощування.

Практичне значення кваліфікаційної роботи магістра: отримані результати мають важливе практичне значення для вдосконалення елементів технології вирощування культури в умовах зони, яка забезпечує формування врожайності зерна культури на рівні 5,0–5,5 т/га.

Галузь застосування: 20 Аграрні науки та продовольство.

Значення роботи та висновки: підвищення врожайності насіння та покращення якісних показників.

Ключові слова: пшениця озима, доза добрив, система захисту посівів, висота рослин, урожайність, економічна ефективність.

ЗМІСТ

ВСТУП	ст. 3
РОЗДІЛ 1. ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗА ВИКОРИСТАННЯ РІЗНИХ ДОЗ ДОБРИВ І СИСТЕМ ЗАХИСТУ ПОСІВІВ	8
1.1. Роль добрив у живленні посівів пшениці озимої	8
1.2. Продуктивність озимої пшениці залежно від рівня мінерального живлення	13
РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ	17
2.1. Характеристика ґрунтових умов місця проведення досліджень	17
2.2. Погодні умови місця проведення досліджень	18
2.3. Методика проведення досліджень	22
2.4. Агротехніка вирощування культури	24
РОЗДІЛ 3. ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЮ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗА ВПЛИВУ УДОБРЕННЯ ТА СИСТЕМ ЗАХИСТУ ПОСІВІВ	27
3.1. Вплив удобрення та систем захисту посівів на габітус рослин пшениці озимої за висотою	27
3.2. Формування густоти рослин пшениці озимої залежно від удобрення та системи захисту посівів	29
3.3. Вплив удобрення та захисту рослин на структуру врожаю пшениці озимої	31
3.4. Вплив рівня мінерального живлення на врожайність зерна пшениці озимої	33
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ	36
РОЗДІЛ 5. ЕКОЛОГІЧНА ЕКСПЕРТИЗА	40
РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ	43
ВИСНОВКИ	47
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	48
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	49
ДОДАТКИ	57

ВСТУП

Пшениця озима (*Triticum aestivum* L.) належить до провідних продовольчих культур у світовому землеробстві, яка забезпечує людство високоякісним зерном – основною сировиною для виробництва широкого спектру продуктів харчування та складовою частиною компонентів за виготовлення комбикормів. У контексті постійного зростання чисельності населення планети та підвищення ринкової ціни на зерно актуалізується завдання стабільного виробництва і задоволення попиту споживачів на цей стратегічно важливий продукт у раціонах харчування [15].

На сьогодні пшениця посідає провідне місце у групі зернових найбільш затребуваних на ринку культур світу та є характерною представницею агроценозів помірними кліматичними умовами [7, 8]. Проте виробництво зерна цієї важливої продовольчої культури часто зазнає значних економічних коливань. Переважно це зумовлено нестабільністю закупівельних цін, постійним зростанням вартості матеріально-технічних ресурсів, які залучаються до технологічного процесу із вирощування культури і, відповідно, внаслідок цього підвищенням собівартості продукції. В Україні озимі зернові культури займають значну площу орних земель – біля 6–7 млн га, що зумовлює дефіцит кращих попередників. У зв'язку з цим виникає необхідність розміщення частини посівів пшениці озимої після малопродатних або навіть недопустимих попередників, а подекуди – до повторної сівби на одному і тому ж полі. Це в свою чергу зумовлює порушення науково обґрунтованих принципів сівозміни, призводить до зростання засміченості посівів і зниження їхньої продуктивності, що в кінцевому рахунку має як економічні, так і екологічні негативні наслідки [10].

Вибір раціонального способу, глибини обробітку ґрунту та оптимізація доз мінеральних добрив є ключовими техноогічними чинниками, які забезпечують ефективне управління посівами та

покращення якісних показників урожаю пшениці озимої [14, 13]. Рівень урожайності і показників якості зерна формуються під впливом складного комплексу керованих і некерованих чинників, зокрема агротехнічних прийомів, мірою сприятливості погодних умов та властивостей ґрунтового середовища. Основними обмежувальними чинниками реалізації генетичного потенціалу культури залишаються і досі низька забезпеченість ґрунтів доступними елементами мінерального живлення, підвищена кислотність орного шару ґрунту, а також дефіцит доступної вологи у критичні періоди органогенезу [11, 12].

Актуальність теми. Пшениця належить до найдавніших культурних рослин, одомашнення якої стало одним із вирішальних кроків у розвитку технологічних процесів у рослинництві. Впродовж не однієї тисячі років вона була основною зерною культурою, яку використовували для виготовлення продуктів харчування для народів стародавніх цивілізацій Європи, Західної Азії та Північної Африки, забезпечуючи їм продовольчий базис.

Пшениця і на сьогодні залишається провідною зерною культурою у світовому вимірі, яку вирощують у більшості країн світу на різних континентах планети. Ця культура разом із рисом та кукурудзою формують основу продовольчої безпеки людства, при цьому вони забезпечують понад 90 % загального споживання продуктів вироблених із зернових культур.

Таке широке розповсюдження пшениці зумовлено здатністю культури добре адаптуватися до великого спектру особливостей кліматичних і ґрунтових умов, що дозволяє отримання стабільної врожайності навіть у регіонах із різним рівнем забезпеченості вологою та елементами ґрунтового живлення. При цьому для удобрення посівів можуть бути ефективно використані як мінеральні, так і органічні добрива.

З огляду на актуальність підвищення попиту та потреби нарощування обсягів виробництва продовольчого зерна, особливого значення набуває оптимізація системи удобрення пшениці озимої, особливо за умов

недостатнього зволоження Лівобережного Лісостепу України, де необхідною є її адаптація із врахуванням кліматичних особливостей регіону для забезпечення стабільної продуктивності культури.

Мета і задачі досліджень. З'ясувати вплив різних рівнів мінерального удобрення, часу їх внесення, а також системи захисту посівів на формування біометричних параметрів рослин, реалізацію генетичного потенціалу продуктивності та показники економічної ефективності вирощування насіння пшениці озимої в умовах нестійкого зволоження лівобережної частини Лісостепу України.

Для реалізації вище зазначеної мети програмою досліджень передбачено виконання наступних завдань:

- визначити зміну щільності стеблостою та висоти рослин пшениці озимої за різного удобрення та системи захисту посівів;
- з'ясувати вплив заходів інтенсифікації технологій на формування структурних елементів урожаю пшениці озимої;
- виявити особливості формування врожайності пшениці озимої залежно від удобрення та заходів із захисту посівів;
- встановити вплив чинників інтенсифікації технології вирощування на натуру зерна та масу 1000 насінин пшениці озимої;
- визначити економічну ефективність застосування різних систем удобрення та захисту посівів у технології вирощування пшениці озимої.

Об'єкт і предмет досліджень.

Об'єкт досліджень – процеси росту, розвитку і формування елементів продуктивності рослин пшениці озимої.

Предмет досліджень – пшениця озима, різні строки застосування мінерального азоту та систем захисту посівів, врожайність, показники економічної ефективності технології.

Методи досліджень. Під час проведення досліджень застосовували комплекс методів, серед яких основним був польовий метод, який передбачав проведення візуальних спостережень, вимірювально-вагові

обліки та визначення фенологічних фаз розвитку рослин, їх лінійних розмірів, показників структури врожаю та загальної зернової продуктивності посівів. Для перевірки достовірності отриманих експериментальних даних використовували математично-статистичний метод, а розрахунковий метод застосовували з метою визначення економічної ефективності технологічних заходів, що вивчали.

Наукова новизна одержаних результатів. За результатами проведених досліджень, виконаних у зоні нестійкого зволоження Лівобережного Лісостепу України, вперше науково обґрунтовано особливості формування біометричних показників рослин пшениці озимої, реалізації продуктивного потенціалу та якісних параметрів зерна залежно від удобрення, строків внесення азоту. Отримані експериментальні дані дали змогу визначити найбільш доцільне поєднання строків застосування азотних добрив, що забезпечує найбільш раціональне використання елементів живлення та формування високопродуктивних агроценозів.

Крім того, встановлено вплив різних систем захисту рослин – мінімальної та комплексної на ріст і розвиток посівів пшениці озимої, а саме на лінійні розміри рослин, урожайність насіння та економічні показники ефективності технологій вирощування.

Практичне значення одержаних результатів. Отримані результати мають важливе практичне значення для вдосконалення елементів технології вирощування культури в умовах зони, яка забезпечує формування врожайності зерна культури на рівні 5,0–5,5 т/га.

Особистий внесок здобувача. Автор самостійно здійснив інформаційно-аналітичний пошук джерел наукової літератури, що відповідає тематиці кваліфікаційної роботи. На основі узагальненої інформації наукових праць вітчизняних і зарубіжних учених ним було сформульовано мету та завдання її реалізації, розроблено програму експерименту, а також проведено комплекс польових обліків, спостережень і лабораторних аналізів. Окрім цього, у роботі подано характеристику

основних положень кваліфікаційної роботи, виконано узагальнення й аналіз отриманих результатів дослідження, сформульовано висновки та розроблено практичні рекомендації щодо їх упровадження у виробничу діяльність агроформувань регіону.

Апробація результатів роботи. Найбільш вагомими результатами досліджень та основні засади кваліфікаційної роботи презентовано на пленарній частині Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Урожайність та якість продукції рослинництва за сучасних технологій вирощування, присвячена пам'яті професора Г. П. Жемели», Полтава, 30 вересня 2025 року.

Публікації. За результатами досліджень опубліковано наукову статтю у фаховому виданні України:

1. Гангур В. В., Юхименко Б. С., Оніпко Р. В. Формування якісних показників зерна пшениці озимої залежно від строків підживлення та форм азотних добрив. Урожайність та якість продукції рослинництва за сучасних технологій вирощування, присвячена пам'яті професора Г. П. Жемели: матеріали Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. (м. Полтава, 30 вересня 2025 р.). Полтава : ПДАУ, 2025. С. 67–70.

Структура та обсяг роботи. Результати досліджень за темою кваліфікаційної роботи представлено на 58 сторінках машинописного тексту. Робота складається із загальної характеристики обраного напрямку досліджень, шести розділів, висновків і пропозицій. До списку використаної літератури включено 66 найменувань. Основні результати дослідження викладено у семи таблицях.

РОЗДІЛ 1.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗА ВИКОРИСТАННЯ РІЗНИХ ДОЗ ДОБРИВ І СИСТЕМ ЗАХИСТУ ПОСІВІВ

1.1. Роль добрив у живленні посівів пшениці озимої

Пшениця є найважливішою зерновою культурою в Україні, яка займає біля 35 % від загальної посівної площі. Продуктивність пшениці залежить від широкого кола факторів, таких як ретельно підібрана технологія обробітку ґрунту [54], вибір сорту максимально адаптованого до ґрунтових і кліматичних умов зони вирощування культури [50] та, головним чином, системи удобрення і міри сприятливості погодних умов впродовж періоду вегетації. Удобрення є одним із найважливіших елементів технології вирощування пшениці озимої, від якого в значній мірі залежить рівень її продуктивності, якість зерна та ефективність використання інших агротехнологічних заходів. Забезпечення рослин необхідними елементами живлення впродовж періоду їх активного використання, створює умови для повноцінного росту, розвитку та формування високого врожаю з оптимальними хлібопекарськими показниками.

Азот, фосфор і калій є головними елементами живлення, які беруть участь у найбільш важливих фізіологічних процесах, зокрема фотосинтезу, енергетичного обміну та синтезу білкових сполук.

Одним із важливіших елементів мінерального живлення для пшениці є азот, який істотно впливає на її врожайність та якість зерна [48, 46].

Цей елемент живлення є основним структурним компонентом білків, амінокислот, нуклеїнових кислот і хлорофілу, тому забезпечує активний хід фотосинтезу, інтенсивне утворення додаткових пагонів, формування потужного листкового апарату та генеративних органів. Дослідженнями встановлено, що достатнє забезпечення посівів азотом сприяє підвищенню

вмісту в зерні білка та сирій клейковини, зумовлює покращення його технологічних і хлібопекарських властивостей, тоді як дефіцит цього елемента живлення призводить до зменшення асиміляційної поверхні рослин та зниження її фотосинтетичної активності, затримки розвитку та істотного зменшення врожайності [47].

Форми азотних добрив, строки та способи їх внесення істотно впливають на рівень використання цього елемента живлення рослинами. Найвищу ефективність забезпечує застосування швидкодіючих азотних добрив, де цей елемент живлення знаходиться легкодоступній для кореневої системи рослин формі. До таких видів мінеральних добрив належать аміачна селітра, карбамід або розчини карбамідно-аміачної суміші, які особливо ефективні за умов достатнього зволоження.

У системі удобрення пшениці озимої надзвичайно важливим є дотримання оптимальних строків підживлення азотними добривами, зокрема внесення частини дози на початку відновлення весняної вегетації, що сприяє формуванню потужної листкової поверхні, та у фазі колосіння – для поліпшення наливання зерна і підвищення вмісту білка та сирій клейковини. Невчасне або надлишкове внесення азотних добрив може спричинити негативний вплив на рослини культури, зокрема призвести до надмірного росту і формування потужної вегетативної маси, яка є причиною вилягання посівів і зниження ефективності використання поживних речовин. Тому оптимізація форм і строків застосування азоту повинна базуватися на показниках агрохімічного обстеження ґрунту, біологічних особливостях сорту щодо вимог до мінерального живлення та погодних умовах вегетаційного періоду.

Виробництво азотовмісних добрив, у поєднанні з соціально-економічним, технологічним і генетичним прогресом, стало одним із ключових чинників розвитку та інтенсифікації сільськогосподарського виробництва у ХХ столітті [45]. Як наслідок, споживання азотних добрив стрімко зросло у всьому світі [66], зокрема у таких потужних і аграрно

розвинених країнах як Китай [65], США [29] та Європі [39]. У свою чергу це сприяло значному підвищенню врожайності сільськогосподарських культур, розширенню обсягів і асортименту виробництва продуктів харчування та кормів для тварин, а отже – зміцненню продовольчої безпеки, зростанню чисельності населення на планеті, створенню умов для подальшого соціально-економічного розвитку людства. Однак з часом стало зрозуміло, що застосування мінеральних добрив також має і зворотній ефект, особливо на екологічний стан навколишнього природного середовища [57, 59]. Поряд з цим внесення надмірної кількості мінерального азоту також негативно впливає на врожайність та якість врожаю сільськогосподарських культур [53]. Особливо це стосується посівів пшениці, де за надлишкового внесення мінерального азоту зростають ризики зниження урожайності, якості врожаю та втрат зерна при проведенні збирання. Надмірні дози азоту є однією із причин вилягання рослин через витягування стебла та зменшення товщини стінок соломини. Вони також зумовлюють порушення метаболічних процесів у рослини, що негативно впливає на формування елементів продуктивності і кінцевий показник рівня врожаю [44]. Слід відзначити, що необґрунтовано висока доза мінерального азоту також є економічно необґрунтованою у зв'язку із великою їх вартістю.

Збільшення частоти аномальних погодних умов є прямим наслідком глобальної зміни клімату, що проявляється у вигляді тривалих посух, інтенсивних зливових дощів, різких коливань температури, загроза пізніх весняних та ранніх осінніх заморозків. Такі кліматичні аномалії порушують звичайний хід і ускладнюють технологічні процеси із вирощування сільськогосподарських культур, знижують ефективність використання природних ресурсів та створюють додаткові ризики щодо продовольчої стабільності [62]. Вплив погодних умов і щорічних її коливань, а також системи удобрення на врожайність та її стабільність можна прослідкувати за допомогою результатів довгострокових агротехнологічних польових

дослідів. Результати таких дослідів охоплюють широкий діапазон погодних умов, як оптимальних, так і аномальних, тому їхня наукова і практична цінність вища для оптимізації елементів технології, ніж ті, які одержані у короткострокових експериментах. Вони також дозволяють проаналізувати, як довгострокові умови в окремі періоди вегетації чи фази розвитку впливають на ріст і розвиток сільськогосподарських культур та взаємозв'язок цих процесів із особливостями погоди, нормою удобрення та врожайністю. Так, за результатами довгострокового досліду, який проводиться в Німеччині встановлено, що на виробництво ячменю в основному впливали погодні умови (55 %), тоді як удобрення брало участь у формуванні врожаю лише на 11 %. Також виявлено, що сума опадів з квітня по липень позитивно корелювала з врожайністю зерна, тоді як опади в березні та температура квітня показали негативну кореляцію, у разі застосування під культуру високих норм мінерального азоту [61].

J. Addy із співавторами [27], які аналізували результати довгострокових дослідів в Ротамстеді, Англія, прийшли до висновку, що врожайність зерна пшениці була чутливою до норми внесення азоту та середньої температури в листопаді, квітні та травні, а також до суми атмосферних опадів у жовтні, лютому та червні, тоді як врожайність ячменю корелювала із середніми температурами в лютому та червні, а також з кількістю опадів впродовж періоду з квітня по липень та вересень.

У Сполучених Штатах між 1950 і 2016 роками недостатня кількість опадів була основною причиною коливань врожайності зерна пшениці, коли дефіцит їх у квітні та травні призвели до зниження врожайності в Оклахомі. В той же час сума опадів у травні та червні-липні була домінуючим чинником впливу, що пояснює коливання врожайності, відповідно в Канзасі та Північній Дакоті [37]. Водночас довготривалі дослідження мають і певні недоліки. З огляду на те, що і в таких дослідженнях повинні вирощуватись сучасні сорти і гібриди, тому виникає необхідність постійного оновлення сортового складу сільськогосподарських культур. Але важливо відзначити,

що різні сорти характеризуються індивідуальною реакцією на фон удобрення та чинники погоди. Унаслідок цього довгострокові дослідження відображають не стільки реакцію окремого сорту, скільки загальні закономірності для певного виду культури.

Негативний вплив щорічної мінливості погоди можна пом'якшити за допомогою відповідної форми та норми мінеральних добрив, а також набору та порядку чергування культур у сівозміні. Мінеральні добрива та різноманітні сівозміни є найбільш важливими чинниками, що забезпечують стабільність врожайності. В той же час, на полях, де не вносять мінеральних добрив, або використовують лише органічні добрива, більш проблемним є гарантування стабільності продуктивності сільськогосподарських культур [49].

Склад сівозміни та вибір попередника також істотно впливають на продуктивність польових культур [58, 51]. Результати досліджень одержані в зоні нестійкого зволоження свідчать, що пшениця є найменш придатним попередником сама для себе. З кожним наступним роком, коли пшениця розміщується у сівозміні після пшениці, врожайність її істотно знижується. Негативний вплив повторного розміщення культури у сівозміні не нівелює навіть внесення високих доз органічних і мінеральних добрив [15]. В той же час бобові культури, є оптимальними попередниками для пшениці [10, 14, 7]. Оскільки бобові культури здатні фіксувати атмосферний азот завдяки симбіотичній асоціації з мікроорганізмами, вони роблять його доступним для сільськогосподарських культур та ґрунтової мікробіоти, покращують родючість ґрунту та значно зменшують потребу в азотних добривах для наступної культури, що позитивно впливає на стан довкілля та фінансову стабільність фермерів [41, 25]. На жаль, посівні площі бобових культур у Європі скорочується за користь пшениці, ріпаку та інших комерційно привабливих культур [9]. Аналогічна ситуація спостерігається і в Україні, де скорочення виробництва кормових культур відбулося після зменшення поголів'я у галузі тваринництва [19].

У першій половині двадцятого століття питання внесення мінерального азоту не розглядалося як пріоритетне, адже природне його надходження в ґрунт, завдяки наявності у сівозміні посівів бобових культур, заробленню післяжнивних решток та застосуванню органічних добрив, повністю покривало потреби рослин у цьому важливому елементі живлення [38]. Однак на кінець 20-го століття ситуація кардинально змінилася. За одночасного зростання попиту на мінеральні добрива, особливо на азот, відзначено скорочення біологічного різноманіття культур у сівозміні та поголів'я сільськогосподарських тварин [32, 55].

Як було зазначено вище, бобові здатні підвищувати родючість ґрунту та забезпечувати польові культури біологічним азотом [42], замінюючи частину мінеральних добрив, що вносяться під наступну культуру. Так, дослідження свідчать, що у разі розміщення пшениці озимої після люцерни остання може залишати в ґрунті до 76 кг/га фіксованого азоту [28]. Результати досліджень одержані іншими науковцями свідчать, що у сівозмінах, де попередником пшениці озимої була люцерна, внесення азоту під пшеницю навіть не було необхідним [64]. Введення в сівозміну поля люцерни дозволяє скоротити тривалість інтервалу повернення цукрових буряків на попереднє місце вирощування без зниження врожайності коренеплодів культури [35] та зменшити дозу азотних добрив (до 100 кг/га) під кукурудзу, що вирощується повторно (після люцерни та кукурудзи в сівозміні), з невеликим погіршенням економічних показників або навіть і без цього [30].

1.2. Продуктивність озимої пшениці залежно від рівня мінерального живлення

Пшениця озима м'яка (*Triticum aestivum* L.) є однією з найважливіших сільськогосподарських культур у світі, оскільки вона забезпечує

продовольчу безпеку для людей та використовується у раціонах годівлі тварин [56].

Тому науково-дослідні установи в цілому світі постійно працюють над створенням нових сортів, більш продуктивних і адаптованих до перманентних змін клімату [63, 40] та удосконаленням технологій вирощування з врахуванням сучасних інноваційних рішень в агроінженерії, захисті рослин, мінеральному живленні посівів [31] для одержання стабільних, високоякісних врожаїв зерна пшениці озимої.

Загальновідомо, що азотне удобрення є одним з ефективних агрономічних прийомів, який має значний вплив на кількісні та якісні параметри врожаю пшениці озимої [33, 52, 36].

Полеві дослідження М. Табак та співавторів [60] засвідчили, що оптимальна доза азоту для пшениці озимої становила 217 кг/га, яка сприяла формуванню максимального врожаю зерна 8,25 т/га. G.R. Khan та інші [43] стверджують, що для пшениці достатньою є доза азоту, яка знаходиться в межах 140 кг/га. Однак на їхню думку норму азоту слід розділяти на три дози у співвідношенні 1:2:1 та вносити у такі терміни: перед сівбою, у фазу кушіння та вихід прапорцевого листка або початок колосіння.

У дослідях L. Litke та співавторів [47] спостерігали значне збільшення врожайності пшениці із підвищенням дози азоту до 180 кг/га. Водночас ними відзначено, що збільшення норми внесення азоту до 210 кг/га позитивно вплинуло не лише на рівень врожайності культури, але й на показники якості зерна, за винятком вмісту крохмалю.

Експериментальними даними одержаними L. Ducsay, O. Ložek [34] встановлено, що внесення мінерального азоту у дозі 140 кг/га позитивно вплинуло на формування сирої клейковини та протеїну з найбільшим приростом у варіанті, де цей елемент живлення вносили у вигляді розчину сечовини.

Дослідження Т. Abedi та його авторського колективу [26] показали, що для досягнення максимального врожаю зерна пшениці озимої та вмісту

білка необхідно внести мінеральний азот у дозі 240 кг/га. Однак при цьому вони звертають увагу на те, що надмірне внесення азоту є економічно невиправданим та шкідливим для навколишнього природного середовища.

Дослідження О.В. Бараболі та співавторів [2] свідчать, що у разі комплексного використання добрив, зокрема поєднання основного удобрення із листовим підживленням посівів у період найбільшої потреби рослин в поживних речовинах, можливе значне нівелювання негативного впливу екстремальних погодних умов та у зв'язку з цим збільшення урожайності зерна пшениці озимої.

На думку Л. Ф. Демішева із співавторами [18] основним чинником формування високоякісного врожаю зерна пшениці озимої є наявність поживних речовин у ґрунті у обсягах достатніх для забезпечення біологічних потреб культури.

Ряд науковців прийшли до висновку, що обмежене внесення добрив, порушення співвідношення між елементами живлення зумовлює зниження врожайності, погіршення якісних показників зерна та зростання шкодочинності хвороб та шкідників [20, 16, 5, 6].

І. В. Смірнова [24], на підставі результатів польових досліджень встановила, що оптимальна доза добрив забезпечила збільшення довжини колосу на 24,5 % у сорту Кольчуга і на 26,9 % у сорту Донецька 48. Застосування азотних добрив сприяло збільшенню вмісту білка в зерні вище вказаних сортів, відповідно на 13,6 % і 14,6 %, у порівнянні з контролем. Подібно до вмісту білка змінювалася і кількість сирої клейковини.

Результати польових експериментів, які одержано в умовах Західного Лісостепу на чорноземних мало гумусних ґрунтах свідчать, що внесення мінеральних добрив у дозі $N_{160}P_{90}K_{120}$ та поєднання її із позакореневим підживленням мікродобривами та дворазовим використанням стимулятора росту Вимпел 2 (0,6 л/га) сприяло формуванню максимального рівня урожайності пшениці озимої сорту Дарунок Поділля – 7,18 т/га [21]. Науковцями також було відзначено, що проведення ранньо-весняного

підживлення азото-сірковмісними добривами у дозі 30 кг/га зумовило збільшення врожайності пшениці озимої на 0,13 т/га, за одночасного підвищення вмісту білка в зерні до 13,1 %, а сирової клейковини – до 28,3 %.

Таким чином, проведений аналіз джерел наукової літератури свідчить, що достатня забезпеченість посівів елементами мінерального живлення має вагоме значення у формуванні продуктивності та якісних показників зерна пшениці озимої, тому актуальним є продовження польових досліджень з удосконалення системи удобрення культури.

РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Характеристика ґрунтових умов місця проведення досліджень

Польові дослідження проведено в умовах Державного підприємства «Дослідне господарство «Степне», яке входить до структури Інституту свинарства і АПВ НААН. Центральна садиба цього господарства територіально розміщена в селищі Степне, яке знаходиться на відстані 25 км від районного та обласного центру м. Полтава. Згідно географічної класифікації місце проведення досліджень знаходиться в південно східній частині Лівобережного Лісостепу України на палеогеновій рівнині, яка є частиною Придніпровської низовини.

Земельний масив господарства має порівняно рівнинний рельєф, але при цьому розділяється неглибокою балкою на дві частини. Різниця за висотою на кожній із частин балки не перевищує 5–10 м. Слід відзначити, що на площі землекористування господарства відсутні ознаки формування ярів та розмивів. Ґрунтові води залягають на достатньо глибоко, орієнтовно на 22 метри, хоча впродовж останніх років не зважаючи на підвищення рівня світового океану спостерігається тенденція до зниження залягання ґрунтових вод.

Земельний масив господарства представлений основним типом ґрунту – чорнозем малогумусний важкосуглинковий.

Ґрунт дослідної ділянки має наступні значення агрохімічних показників: вміст гумусу в шарі 0–20 см становить 4,3 %, в горизонті 35–45 см – 3,3 %, а на глибині 1,5 м зменшується до 0,6 %. Ємкість поглинання в орному шарі є досить високою і дорівнює 33,0–35,0 мг-екв. на 100 г ґрунту. Реакція ґрунтового розчину слабокисла, рН сольової витяжки 6,3. Значення гідролітичної кислотності варіює в межах 1,6–1,9 мг-екв. на 100 г ґрунту.

Згідно даних агрохімічних аналізів, ґрунти дослідного поля володіють доброю забезпеченістю основними макро-елементами необхідними для мінерального живлення рослин. Так, в орному шарі міститься 6,38–9,14 мг азоту, що гідролізується (за Тюріним і Коновою), 10,1–14,3 мг рухомого фосфору (за Чириковим), 16,5–20,1 мг на 100 г ґрунту калію (за Масловою).

2.2. Погодні умови місця проведення досліджень

Клімат Полтавської області відноситься до помірно-континентального, основними характерними особливостями якого є нестійке зволоження, холодна зима та жарке, а також часто і сухе літо. В цілому клімат області характеризується наступними показниками: середньорічна сума опадів дорівнює 515 мм, за вегетаційний період пшениці озимої (вересень-жовтень, квітень-липень) їх кількість становить 258 мм. Найменшу суму опадів відзначають у вересні, максимальну – у червні та липні. Середня річна температура повітря варіює у різних частинах області від 7,0 до 8,5 °С.

Особливості погодних умов періоду вегетації пшениці озимої 2023–2024 сільськогосподарського року.

Вересень 2023 року був надзвичайно дощовим, сума опадів за місяць становила 157,5 мм, а випала більша частина цієї кількості переважно у другій половині першої декади (115,1 мм). Через тривалий дощовий період польові роботи майже не проводили, і сівбу озимих культур не вдалося розпочати у рекомендовані оптимальні строки (10–25 вересня). Масову сівбу озимих розпочали лише у третій декаді місяця, коли опадів було всього 1,2 мм. Попри значну кількість дощових днів, вересень був теплішим за норму: середньодобова температура становила 15,6 °С (на 0,9 °С вище норми), що сприяло швидкому проростанню насіння та одержанню сходів.

Жовтень також вирізнявся підвищеним температурним режимом. Опадів за місяць випало 44,3 мм (на 4,3 мм більше норми), а середньодобова

температура перевищувала багаторічне значення на 2,7 °С. У третій декаді спостерігали потепління майже на 4 °С відносно середньої багаторічної норми.

У листопаді погодні умови були близькими до середніх багаторічних, зокрема випало 43,4 мм опадів за норми 41 мм, а середньодобова температура становила 1,9 °С. Незначне похолодання на початку місяця зумовило припинення осінньої вегетації озимих приблизно на п'ять днів раніше звичайного – 10 листопада.

Грудень був м'яким і малосніжним: температура перевищувала норму на 3,6 °С (мінус 1,2 °С проти мінус 4,8 °С за нормою), сума опадів становила лише 8,4 мм. Наприкінці місяця утворився сніговий покрив товщина якого дорівнювала 4–6 см.

Початок січня характеризувався різким похолоданням. При цьому температура повітря знижувалася до мінус 11,2 °С, а ґрунт промерзав на глибину до 70 см. Попри це, істотних пошкоджень озимим культурам не завдано. Загалом січень був теплішим, ніж звичайно на 2 °С, а опадів випало 29 мм.

Лютий продовжив тенденцію до потепління: перша декада була теплішою за середнє багаторічне значення на 5,9 °С, а перехід температури через 0 °С відбувся значно раніше – 22 лютого.

Березень 2024 року вирізнявся високими температурами повітря (на 7,1 °С вище норми) та достатнім зволоженням, сума опадів становила 41 мм. Завдяки вище зазначеному характеру погодних умов весняно-польові роботи розпочалися вже у другій декаді місяця.

У квітні спостерігалось подальше підвищення температури, її середньодобове значення становило 11,5 °С, що на 4,5 °С вище норми. Сума активних температур перевищила багаторічний показник на 64 %.

Травень характеризувався прохолоднішою, ніж звичайно погодою (на 0,9 °С нижче норми) та помірним зволоженням, сума опадів дорівнювала

48,3 мм за гідротермічного коефіцієнта 1,11. Умови для розвитку озимих залишалися достатньо сприятливими.

Улітку 2024 року спостерігали істотне перевищення температурної норми, зокрема у червні й липні – на 1,1 °С, у серпні – на 2,7 °С. Початок червня був надзвичайно посушливим, друга декада – спекотною (до 31,5 °С) і дощовою (36,3 мм). У липні через надмірну вологість (87,4 мм опадів за першу декаду) строки збирання озимих і ранніх ярих культур були зміщені з середини місяця на більш пізній термін.

Особливості погодних умов періоду вегетації пшениці озимої сільськогосподарського 2024–2025 року.

Характер погодних умов істотно впливає на строки і темпи сівби озимих культур і формування їхніх сходів. На час настання оптимального періоду сівби (друга декада вересня) верхній шар ґрунту був пересушеним і непридатним для сівби через відсутність опадів із середини липня – за цей час випало лише 16 мм. Середньодобова температура повітря становила 20,2 °С, що на 5 °С вище середньої багаторічної норми. Дощі (34,9 мм) випали лише з 13 вересня, що сприяло відновленню вологості ґрунту і початку масової сівби. Загалом за місяць випало 41,2 мм опадів, а середня температура повітря становила 14,3 °С, тобто була в межах норми.

Жовтень 2024 року був теплішим, ніж звичайно на 3 °С, за цим показником найбільше вирізнялася перша декада. Опадів випало 22,9 мм (за норми 40 мм), що сприяло активному росту і розвитку посівів озимих.

У листопаді середньодобові температури повітря переважали середнє багаторічне значення, тому озимі продовжували активно вегетувати аж до початку грудня, тобто майже на місяць довше, ніж звичайно. Опадів випало 32,7 мм, переважно в третій декаді місяця.

Справжнє зимове похолодання розпочалося із 10 грудня. Попри це, місяць у цілому був теплішим за багаторічну норму на 2,6 °С, а сума опадів

становила лише 25,2 мм. Нестійкий сніговий покрив утворився наприкінці грудня, завтовшки 8–10 см.

Початок січня був холодним, температура повітря знижувалася до мінус 13 °С, однак вже з другої декади відбулося істотне потепління. У цілому місяць характеризувався позитивною аномалією температури (+3,5 °С) та достатньою кількістю опадів (42,9 мм). Наприкінці місяця товщина снігового покриву становила лише 2–3 см.

Весна 2025 року настала раніше звичайного, а початок відновлення вегетації озимих спостерігали вже з другої декади березня. Місяць був теплішим за норму на 3,9 °С, а кількість опадів удвічі перевищила середнє багаторічне значення (66,2 мм).

Квітень відзначався дефіцитом вологи та підвищеною на 2–3 °С температурою, що спричинило швидке пересихання ґрунту й пригнічення вегетуючих рослин. У травні ситуація дещо поліпшилася, опадів випало 53 мм (за норми 46 мм), але в той же час середня температура повітря перевищувала норму на 0,7 °С.

У червні температура повітря перевищувала норму на 4,2 °С (середнє багаторічне значення 22,1 °С). Оподи розподілялися нерівномірно, зокрема у першій декаді їх було лише 4,2 мм, у другій сума становила 25,7 мм, а в третій вони були відсутні.

Липень був спекотним і переважно вологим і характеризувався такими показниками: середня температура повітря зросла до 22,9 °С, а максимальна підвищувалася до 37 °С. Опадів випало 69,5 мм, переважна їх більшість відзначена у перших двох декадах.

2.3. Методика проведення досліджень

Польові дослідження з розроблення системи удобрення та захисту посівів пшениці озимої, проводили впродовж 2023–2025 рр., згідно вимог методики закладки агротехнічних дослідів за наступною схемою (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Схема дослідів

Варіанти удобрення (фактор А)	Система захисту посівів (фактор В)
Контроль (без добрив)	Мінімальний захист Повний захист
$N_{127}P_{96}K_{51}$	
$N_{97}P_{96}K_{51} + N_{30}$ (ВВСН 25-27)	
$N_{67}P_{96}K_{51} + N_{30}$ (ВВСН 25-27) + N_{30} (ВВСН 31-32)	
$N_{97}P_{96}K_{51} + N_{30}$ (ВВСН 51-55)	

Дослідження проводили згідно методики польового дослідів. Повторність варіантів дослідів триразова, а розміщення на площі земельної ділянки – рандомізоване. Посівна площа ділянки – 108 м², облікової – 40 м². Попередником пшениці в досліді була соя ультра скоростиглого сорту. Сівбу культури проводили звичайним рядковим способом із шириною міжряддя 15 см. Норма висіву пшениці становила 5,0 млн схожих насінин на гектар. Система удобрення культури передбачала використання наступних видів мінеральних добрив: азотні у формі аміачної селітри (N 34,5 %) та карбаміду (N 46 %); фосфорні у формі суперфосфату простого гранульованого (P₂O₅ 19 %); калійні у формі калійної солі (K₂O 60 %). Для вивчення реакції рослин пшениці озимої на різні рівні мінерального живлення та систему захисту висівали сорт пшениці озимої Нива одеська. Згідно схеми польового дослідів мінімальний захист передбачав лише протруювання насіння перед сівбою, а повний – протруювання насіння та застосування гербіцидів, фунгіцидів, інсектицидів.

Агротехніка вирощування культури є загальноприйнятою для агроформувань Полтавщини, за виключенням елементів, що досліджували.

Згідно програми досліджень були проведені наступні обліки та спостереження.

Фенологічні спостереження за ростом та розвитком рослин пшениці озимої сорту Нива одеська проводили згідно з «Методикою державного сортовипробування сільськогосподарських культур». Фіксували основні фази росту і розвитку рослин та етапи їх органогенезу. Початок фази відзначали, коли в неї вступало 10 % рослин, а повну – 75 % рослин.

Визначення польової схожості насіння проводили методом контрольного посіву безпосередньо в польових умовах. На відведеній ділянці висівали по 100 насінин в триразовій повторності. Після виходу проростків на поверхню поля проводили підрахунок їх кількості та розраховували відсоток польової схожості.

Густоту стояння рослин визначали два рази впродовж періоду вегетації, у фазу повних сходів та перед збиранням посівів культури. Висоту рослин пшениці визначали за допомогою мірної лінійки у фазу наливу зернівки.

Снопіві зразки для визначення структури елементів врожаю пшениці озимої відібрали перед збиранням за всіма варіантами досліду із двох несуміжних повторень на площі 0,33 м² у триразовій повторності.

Збирання врожаю проводили суцільним способом з облікової площі ділянки за використання селекційного комбайна Сампо – 500. Відразу після обмолоту ділянок проводили зважування зібраного зерна. При цьому одночасно відбирали середні зразки зерна для визначення вмісту в ньому вологи та чистоти насіння. Урожайність зерна з облікової площі ділянки перераховували на площу один гектар за стандартної вологості (14 %) і 100 % чистоти.

Масу 1000 насінин визначення за загальноприйнятою методикою, відповідно до якої із фракції чистого насіння відібрали дві проби по 500 шт. насінин у кожній. Далі кожну з них зважували із точністю до 0,01 г. Згідно методики визначення цього показника відхилення за масою між двома

паралельними зважуваннями не повинна перевищувати 3 % від середньої їх маси. Потім визначали суму показників першої та другої проб. Розраховане значення і є масою 1000 насінин.

Економічну ефективність елементів технології, що вивчали, розраховували за розробленими технологічними картами та «Методичними вказівками з визначення економічної оцінки вирощування сільськогосподарських культур за інтенсивними технологіями». Статистичний аналіз експериментальних даних одержаних в польовому досліджі та за проведення лабораторних аналізів виконували за допомогою дисперсійного методу [3].

2.4. Агротехніка вирощування культури

Сорт пшениці озимої Довіра Одеська належить до інтенсивного типу і характеризується універсальністю щодо вирощування на агрофонах різного рівня живлення. За морфологічними ознаками та зерною продуктивністю він близький до сорту Писанка. Для цього сорту притаманна ксероморфна будова рослин, що забезпечує високу адаптаційну здатність до екстремальних умов Степу, зокрема посушливих явищ. Сорт формує великий, добре озернений колос (62–82 зернини) і вирізняється підвищеною до кущіння. За строками колосіння і досягання практично збігається із із дуже поширеним у виробництві сортом Антонівка. До Державного реєстру сортів рослин України Довіру Одеську внесено у 2020 році.

Важливою перевагою цього сорту є пристосованість до вирощування після непарових попередників та стійкість до ранніх строків сівби. Сорт добре переносить умови низьких і середніх агрофонів, водночас чутливо реагує на підвищення рівня азотного живлення, що дає змогу отримувати високі врожаї за вирощування по інтенсивній технології.

Оптимальні строки сівби і норми висіву для сорту встановлюють з урахуванням якості підготовки ґрунту, попередників та агрокліматичних

особливостей зони вирощування. Сорт рекомендовано для Степової та Лісостепової зон України.

Розміщення в сівозміні. Найкращими попередниками для пшениці озимої в регіоні є зайняті пари з однорічними бобово-злаковими сумішками (якими або озимими), а також багаторічні бобові трави, зібрані на зелений корм чи сіно. На інших площах доцільно висівати після непарових полпередників, зокрема зернобобових культур або кукурудзи на силос. У господарствах Полтавського регіону як повноцінний попередник можна використовувати поля із вирощуванням скоростиглих сортів сої, де поле звільняється у сприятливі строки для підготовки ґрунту під пшеницю озиму.

Сортова структура посівів. Практика передових господарств і результати наукових досліджень свідчать, що в межах одного господарства доцільно вирощувати 3–4 сорти пшениці озимої, які відрізняються між собою строками досягання, реакцією на агрофон та попередник, а також стійкістю до біотичних та абіотичних чинників навколишнього середовища. Такий підхід мінімізує ризики і забезпечує стабільність урожайності культури за роками.

Удобрення. Основне внесення мінеральних добрив здійснюють у дозі $N_{30}P_{60}K_{60}$ напередодні сівби під основний обробіток ґрунту. Під час сівби в рядки вносять гранульований суперфосфат у кількості 50 кг/га фізичної маси (10 кг/га P_2O_5 д.р.). Навесні проводять підживлення аміачною селітрою у дозі 100–150 кг/га одно чи двократно. Для поліпшення мінерального живлення доцільно використовувати мікродобрива та стимулятори росту – як для передпосівної обробки насіння, так і для позакореневих підживлень упродовж періоду вегетації.

Підготовка ґрунту. В умовах нестійкого зволоження Лівобережного Лісостепу України, за частого прояву посушливих явищ, доцільно застосовувати безплужний мілкий обробіток (на глибину 10–12 см). Основний обробіток необхідно завершити до середини першої декади

вересня. Передпосівна культивування виконується напередодні сівби на 0,5–1 см мілкіше оптимальної глибини загортання насіння, що забезпечує його рівномірне розміщення на ущільненому посівному ложі.

Підготовка насіння. Обов'язковим є протруювання насіння баковими сумішами препаратів фунгіцидної та інсектицидної дії, що гарантує ефективний і тривалий захист від збудників хвороб та ґрунтових і наземних шкідників. Для цього використовують препарати з офіційного переліку дозволених до застосування в Україні.

Сівба. Оптимальні строки сівби в умовах Полтавської області тривають з 10 по 25 вересня. З огляду на потепління осіннього періоду, допустимими крайніми строками сівби культури можна вважати до 5 жовтня. При визначенні строків необхідно враховувати біологічні особливості сорту та попередника. Норма висіву становить: для сортів із високим коефіцієнтом кушення – 4,0–4,5 млн схожих насінин/га (за ранніх строків і високих агрофонів); для сортів із нижчим коефіцієнтом кушення – 6,0–6,5 млн/га (за пізніх строків сівби або слабких агрофонів). Глибина загортання насіння в межах 4–5 см.

Догляд за посівами. Догляд включає застосування гербіцидів, фунгіцидів і інсектицидів з урахуванням фази розвитку пшениці озимої та економічного порогу шкідливості бур'янів, хвороб і шкідників. Для оптимізації витрат рекомендується використовувати бакові суміші препаратів захисної дії в поєднанні з регуляторами росту та мікродобривами.

Збирання. Збирання врожаю проводять за повної стиглості зерна (вологість 14–15 %) шляхом прямого комбайнування. Для цього застосовують сучасні зернозбиральні комбайни (John Deere W 650, Claas Mega 208, Claas Lexion 570, New Holland CX, Case IH 5088) з пристроями для подрібнення та рівномірного розподілу рослинних решток по поверхні поля.

РОЗДІЛ 3.

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЮ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗА ВПЛИВУ УДОБРЕННЯ ТА СИСТЕМ ЗАХИСТУ ПОСІВІВ

3.1. Вплив удобрення та систем захисту посівів на габітус рослин пшениці озимої за висотою

Процес онтогенезу рослинних організмів переважно зумовлений їх спадковими особливостями, проте істотно змінюється за впливу чинників довкілля, зокрема рівня інтенсивності мінерального живлення. За результатами наукових досліджень виявлено, що між продуктивністю рослин, розмірами сформованої вегетативної маси та висотою існує тісний взаємозв'язок, адже стебла й листки відіграють ключову роль у синтезі органічних речовин та транспортуванні їх до колоса [1]. Як свідчать експериментальні дані проведеного нами польового дослідження, фон живлення має істотний вплив на вертикальний ріст та лінійні розміри рослин пшениці озимої (табл. 3.1).

За результатами проведених досліджень встановлено, що найменшу висоту формували рослини пшениці озимої за вирощування на варіанті без внесення мінеральних добрив та за умов мінімального захисту посівів – 76,2 см. Проведення заходів із повного захисту посівів культури від хвороб, шкідників і бур'янів, що знижує рівень конкуренції за поживні речовини, світло та вологу, сприяло збільшенню висоти рослин на 5,0 см або 6,6 %.

Внесення мінеральних добрив у дозі $N_{127}P_{96}K_{51}$ позитивно впливало на лінійний ріст пшениці, при цьому висота рослин збільшилася на 8,7 см або 11,4 % за мінімального та на 7,9 см або 9,7 % за повного захисту посівів відносно контролю (без добрив). У варіанті, де сумарна доза добрив та співвідношення елементів живлення залишалася такою ж самою, але частину азоту (N_{30}) було перенесено у підживлення у фазу весняного

кущіння (ВВСН 25-27), висота рослин збільшилася відповідно на 11,4 см (15,0 %) і 10,1 см (12,4 %), порівняно із контролем.

Максимальну висоту формували рослини пшениці озимої за внесення мінеральних добрив у дозі $N_{67}P_{96}K_{51}$ під основний обробіток ґрунту з подальшим підживленням азотом по 30 кг/га (д.р.) у фазу весняного кущіння (ВВСН 25-27) та у фазу вихід у трубку (ВВСН 31-32). За таких умов приріст висоти порівняно з контролем становив 12,3 см (16,0 %) за мінімального захисту і 12,7 см (15,6 %) – за повного.

Таблиця 3.1

Висота рослин пшениці озимої залежно від удобрення, середнє за 2023-2025 рр.

Варіанти удобрення	Висота рослин, см	+ до контролю	
		см	%
Мінімальний захист посівів			
Контроль (без добрив)	76,2	-	-
$N_{127}P_{96}K_{51}$	84,9	8,7	11,4
$N_{97}P_{96}K_{51} + N_{30}$ (ВВСН 25-27)	87,6	11,4	15,0
$N_{67}P_{96}K_{51} + N_{30}$ (ВВСН 25-27) + N_{30} (ВВСН 31-32)	88,5	12,3	16,1
$N_{97}P_{96}K_{51} + N_{30}$ (ВВСН 51-55)	85,7	9,5	12,5
Повний захист посівів			
Контроль (без добрив)	81,2	5,0	6,6
$N_{127}P_{96}K_{51}$	89,1	7,9	9,7
$N_{97}P_{96}K_{51} + N_{30}$ (ВВСН 25-27)	91,3	10,1	12,4
$N_{67}P_{96}K_{51} + N_{30}$ (ВВСН 25-27) + N_{30} (ВВСН 31-32)	93,9	12,7	15,6
$N_{97}P_{96}K_{51} + N_{30}$ (ВВСН 51-55)	90,8	9,6	11,8
$НІР_{0,95}$	3,4	-	-

Разом із тим, проведення позакореневого підживлення посівів пшениці мінеральним азотом у дозі N_{30} у фазу початок колосіння (ВВСН 51-55) на фоні внесення мінеральних добрив під основний обробіток ґрунту у нормі $N_{97}P_{96}K_{51}$ забезпечило збільшення висоти рослин культури залежно від системи захисту посівів, відповідно на 9,5 і 9,6 см відносно контролю. Однак приріст висоти рослин був меншим, відповідно на 1,9 і 0,5 см

порівняно із варіантом досліду, де проводили прикореневе підживлення аналогічною дозою азотних добрив у фазу весняного кущіння.

Таким чином, одержані дані свідчать, що найбільш сприятливі умови для лінійного росту рослин пшениці озимої формуються за внесення під основний обробіток ґрунту мінеральних добрив у дозі $N_{67}P_{96}K_{51}$ та підживлення N_{30} у фазу кущіння і N_{30} у фазу вихід у трубку.

3.2. Формування густоти рослин пшениці озимої залежно від удобрення та системи захисту посівів

Продуктивність посівів пшениці озимої значною мірою залежить від щільності сформованого стеблостою. У роки з несприятливими погодними умовами впродовж зимового періоду зменшення густоти рослин може бути частково компенсоване завдяки підвищенню їхньої здатності до продуктивного кущення навесні, що забезпечує збереження потенціалу урожайності культури [22]. Як свідчать результати польового досліду, рівень продуктивної кущистості має безпосередню залежність від фону мінерального живлення рослин (табл. 3.2).

Експериментальні результати засвідчили, що на час збирання врожаю число рослин пшениці озимої на одиниці площі істотно варіювало залежно від варіантів удобрення та системи захисту. За умов проведення мінімального захисту посівів найменшу густоту стояння рослин спостерігали на контрольному варіанті без внесення добрив – 329 шт./м². На варіанті досліду, де мінеральні добрива у дозі $N_{127}P_{96}K_{51}$ внесли разово під основний обробіток ґрунту кількість рослин пшениці збільшилася залежно від системи захисту, відповідно на 8 і 7 шт./м² відносно контролю. У разі перенесення частини азоту, зокрема N_{30} , у підживлення у фазу весняного кущення або початок колосіння відзначено збільшення цього показника, відповідно на 10 шт./м² порівняно з контролем. Подібний рівень густоти

було відзначено і за позакореневого підживлення посівів азотом у дозі N_{30} у фазу початок колосіння.

Таблиця 3.2

Вплив удобрення та системи захисту посівів на густоту рослин та продуктивну кущистість пшениці озимої, середнє за 2023-2025 рр.

Варіанти удобрення	Кількість рослин, шт./м ²	Кількість продуктивних стебел, шт./м ²	Продуктивна кущистість, шт. стебел/рослину
Мінімальний захист посівів			
Контроль (без добрив)	329	456	1,39
$N_{127}P_{96}K_{51}$	337	507	1,50
$N_{97}P_{96}K_{51} + N_{30}$ (ВВСН 25-27)	339	556	1,64
$N_{67}P_{96}K_{51} + N_{30}$ (ВВСН 25-27) + N_{30} (ВВСН 31-32)	343	606	1,77
$N_{97}P_{96}K_{51} + N_{30}$ (ВВСН 51-55)	337	567	1,68
Повний захист посівів			
Контроль (без добрив)	338	513	1,52
$N_{127}P_{96}K_{51}$	345	556	1,61
$N_{97}P_{96}K_{51} + N_{30}$ (ВВСН 25-27)	348	624	1,79
$N_{67}P_{96}K_{51} + N_{30}$ (ВВСН 25-27) + N_{30} (ВВСН 31-32)	350	665	1,90
$N_{97}P_{96}K_{51} + N_{30}$ (ВВСН 51-55)	347	631	1,82

Найбільшу густоту рослин (343 шт./м²) зафіксовано у варіанті, де мінеральні добрива вносили у три етапи: $N_{67}P_{96}K_{51}$ під основний обробіток ґрунту, а також по 30 кг/га д.р. азоту у фазах кущення та початку виходу в трубку. Це перевищувало показники попереднього варіанту удобрення на 4 шт./м², а контрольного – на 14 шт./м².

На фоні повного захисту посівів від шкочинних об'єктів спостерігали тенденцію до збільшення густоти стояння рослин – у середньому на 8,5 шт./м² (2,5 %) порівняно з мінімальним захистом. При цьому варто відзначити, що зміна строків застосування мінеральних добрив, зокрема азотних, у межах даної системи захисту посівів не спричиняла істотних відмінностей – різниця не перевищувала 2–5 шт./м².

Підрахунок числа продуктивних стебел показав, що за мінімального захисту посівів культури внесення мінеральних добрив забезпечувало приріст цього показника на 51–150 шт./м² (11,2–32,9 %), тоді як за повного захисту – на 43–152 шт./м² (8,4–29,6 %) відносно контрольного варіанту (без добрив). Найвищі показники щодо щільності продуктивних стебел та коефіцієнта кушення (1,90 стебла на рослину) відзначено у варіанті з роздрібненим внесенням азотних добрив: N₆₇P₉₆K₅₁ під основний обробіток ґрунту, N₃₀ у фазу кушення та N₃₀ на початку виходу рослин у трубку. Це свідчить про ефективність комбінованого використання мінеральних добрив і раціональної системи захисту для оптимізації структури посівів пшениці озимої.

3.3. Вплив удобрення та захисту рослин на структуру врожаю пшениці озимої

Результати досліджень, проведених у зоні Північного Степу України, свідчать про покращення умов формування основних елементів структури врожаю пшениці озимої за різних рівнів мінерального удобрення [17]. Наші експериментальні спостереження також підтверджують позитивний вплив застосування мінеральних добрив у комплексі із використанням засобів захисту посівів на формування структурних складових урожайності культури (табл. 3.3). Зокрема, у разі внесення мінеральних добрив у дозі N₁₂₇P₉₆K₅₁ та проведенні мінімального захисту рослин сформувався колос довжина якого досягала 7,33 см, що перевищувало контрольний показник на 0,51 см, або 7,5 %. У варіантах, де застосовували аналогічну дозу добрив, але частину азоту (N₃₀) вносили у вигляді підживлення у фазу кушіння, довжина колоса збільшилася на 0,3 см (4,1 %) відносно попереднього варіанту удобрення і на 0,81 см (11,9 %) порівняно із фоном без внесення добрив. У разі перенесення підживлення такою ж дозою азоту на початок фази колосіння довжина колоса була практично однаковою. Слід відзначити, що максимальне значення довжини колоса 7,74 см було

одержано на варіанті, де під основний обробіток ґрунту внесено мінеральні добрива у дозі $N_{67}P_{96}K_{51}$ та проведено прикореневе підживлення посівів культури азотними добривами у дозі N_{30} у фазу кушіння та вихід у трубку. Приріст довжини колоса відносно інших рівнів удобрення становив 0,11–0,41 см або 1,4–5,6 %, а порівняно із контролем – 0,92 см або 13,5 %.

Таблиця 3.3

Вплив удобрення та системи захисту посівів на елементи структури врожаю пшениці озимої, середнє за 2023-2025 рр.

Варіанти удобрення	Довжина колоса, см	Кількість зерен в колосі, шт.	Маса зерна з колоса, г
Мінімальний захист посівів			
Контроль (без добрив)	6,82	31,3	1,20
$N_{127}P_{96}K_{51}$	7,33	37,4	1,56
$N_{97}P_{96}K_{51} + N_{30}$ (ВВСН 25-27)	7,63	39,5	1,66
$N_{67}P_{96}K_{51} + N_{30}$ (ВВСН 25-27) + N_{30} (ВВСН 31-32)	7,74	41,7	1,71
$N_{97}P_{96}K_{51} + N_{30}$ (ВВСН 51-55)	7,61	39,2	1,65
Повний захист посівів			
Контроль (без добрив)	7,42	36,8	1,40
$N_{127}P_{96}K_{51}$	7,83	40,9	1,64
$N_{97}P_{96}K_{51} + N_{30}$ (ВВСН 25-27)	8,03	44,4	1,80
$N_{67}P_{96}K_{51} + N_{30}$ (ВВСН 25-27) + N_{30} (ВВСН 31-32)	8,14	46,4	1,83
$N_{97}P_{96}K_{51} + N_{30}$ (ВВСН 51-55)	8,01	43,7	1,77

Результати досліджень показали, що повний захист посівів пшениці озимої в поєднанні з різними дозами мінеральних добрив сприяв збільшенню довжини колоса на 0,41–0,72 см, або на 5,5–9,7 % порівняно з контролем.

Одним із ключових елементів структури врожаю є кількість сформованих у колосі зерен. Встановлено, що внесення мінеральних добрив, зокрема диференціація строків використання азоту за умов мінімального захисту забезпечило збільшення кількості зерен у колосі на 6,1–10,4 шт., або 19,5–33,2 % відносно контролю. Проведення заходів із

повного захисту посівів сприяло підвищенню озерненості колоса ще на 5,5 шт. зернин, або 17,6 %. Слід відзначити, що на цьому фоні захисту посівів різні рівні удобрення зумовлювали додаткове збільшення кількості зерен у колосі на 4,1–9,6 шт., або 11,1–26,1 %. Подібну закономірність простежували і щодо маси зерна з одного колоса.

У цілому, отримані результати підтверджують, що раціональне поєднання різних рівнів мінерального живлення із системою захисту рослин сприяє формуванню оптимальної структури врожаю, що забезпечує найбільш повну реалізацію генетичного потенціалу продуктивності сорту Довіра Одеська. Повний захист істотно підвищує показники всіх структурних елементів у порівнянні з мінімальним, що підтверджує необхідність його застосування в технології вирощування пшениці озимої.

3.4. Вплив рівня мінерального живлення на врожайність зерна пшениці озимої

Результати польового експерименту, які наведено в таблиці 3.4, дають змогу всебічно оцінити вплив різних рівнів удобрення та систем захисту посівів на урожайність пшениці озимої. Отримані дані свідчать, що за малосприятливих погодних умов весняно-літнього періоду вегетації впродовж років досліджень одержано нижчу, ніж звичайно урожайність зерна пшениці озимої. Однак слід відзначити, що застосування мінеральних добрив у нормі $N_{127}P_{96}K_{51}$ у поєднанні з мінімальним захистом сприяло формуванню урожайності зерна на рівні 3,98 т/га. У цьому варіанті дослідження приріст урожайності відносно контролю становив 0,66 т/га, або 19,8 %.

У разі коли частину дози азотних добрив (N_{30}) було перенесено у прикореневе підживлення у фазу кущіння, урожайність зерна підвищилася відносно контрольованого варіанту на 1,24 т/га, або на 37,3 %. За умови дворазового підживлення азотом у дозі N_{30} – у фазах кущіння та початку виходу в трубку – зернова продуктивність пшениці збільшилася на 1,40 т/га,

або 42,2 % порівняно із варіантом без добрив та на 0,16 т/га або 3,5 % відносно попереднього варіанту досліджу.

У середньому за два роки досліджень встановлено, що застосування повного захисту посівів від хвороб, шкідників і бур'янів забезпечило збільшення урожайності на 0,51 т/га, або 15,4 %. Найвищий рівень урожайності – 5,37 т/га – отримано за умови внесення під основний обробіток мінеральних добрив у дозі $N_{67}P_{96}K_{51}$ та проведенні дворазового підживлення посівів культури азотними добривами по N_{30} . На цьому варіанті удобрення приріст урожайності відносно контролю становив 1,54 т/га, або 40,2 %, що свідчить про високу ефективність поєднання збалансованого мінерального живлення з повним контролюванням поширення шкочочинних організмів у посівах пшениці озимої.

Таблиця 3.4

Урожайність пшениці озимої залежно від удобрення та системи захисту посівів, т/га, середнє за 2023-2025 рр.

Варіанти удобрення	Мінімальний захист	Повний захист
Контроль (без добрив)	3,32	3,83
$N_{127}P_{96}K_{51}$	3,98	4,25
$N_{97}P_{96}K_{51} + N_{30}$ (ВВСН 25-27)	4,56	5,08
$N_{67}P_{96}K_{51} + N_{30}$ (ВВСН 25-27) + N_{30} (ВВСН 31-32)	4,72	5,37
$N_{97}P_{96}K_{51} + N_{30}$ (ВВСН 51-55)	4,44	4,98
$HP_{0,95}$	Фактор А– 0,12; Фактор В – 0,11; Взаємодія АВ– 0,30.	

Отже, результати досліджень свідчать про наявність вираженого синергічного ефекту від поєднання мінерального удобрення та заходів із захисту посівів, що забезпечує формування високої врожайності пшениці навіть за екстремальних погодних умов впродовж періоду вегетації.

Одержані результати польового експерименту також свідчать, що маса 1000 насінин також істотно залежала від рівня мінерального живлення та системи захисту рослин, яку застосовували (табл. 3.5). У контрольному

варіанті, де не вносили мінеральних добрив і проводили лише мінімальний захист посівів, показник маси 1000 насінин становив 35,4 г. Поряд з цим проведення повного захисту посівів від шкідливих організмів сприяло зростанню цього показника до 38,8 г, що перевищувало контроль на 10,9 %. Найбільш ваговите насіння пшениці озимої (41,7 г) формувалося на варіанті, де проводили внесення добрив у дозі $N_{67}P_{96}K_{51} + N_{30}$ (ВВСН 25-27) + N_{30} (ВВСН 25-27) у поєднанні з повним захистом посівів, що свідчить про оптимальні умови для отримання зерна високої якості.

Таблиця 3.5

Маса 1000 насінин пшениці озимої залежно від удобрення та системи захисту посівів, г, середнє за 2023-2025 рр.

Варіанти удобрення	Мінімальний захист	Повний захист
Контроль (без добрив)	35,4	38,8
$N_{127}P_{96}K_{51}$	39,0	40,8
$N_{97}P_{96}K_{51} + N_{30}$ (ВВСН 25-27)	39,4	41,2
$N_{67}P_{96}K_{51} + N_{30}$ (ВВСН 25-27) + N_{30} (ВВСН 31-32)	39,9	41,7
$N_{97}P_{96}K_{51} + N_{30}$ (ВВСН 51-55)	38,3	39,9

За даними досліджень також встановлено, що маса 1000 насінин на фоні мінімального захисту, була нижчою незалежно від строків застосування азотних добрив, що свідчить про важливість проведення заходів із контролю шкочинних об'єктів у посівах пшениці.

РОЗДІЛ 4.

ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

Економічна оцінка ефективності технології вирощування пшениці озимої відображає результативність використання матеріально-технічних ресурсів, у процесі виробництва культури та здатність досягати максимального прибутку за мінімальних виробничих і енергетичних витрат. Формування економічних показників, рівень абсолютних значень, визначається комплексом чинників, таких як урожайність, якість зерна, собівартість, ринкова ціна продукції та рівень технологічного забезпечення [23].

На думку В.В. Волкодава із співавторами [4] ключовими оціночними показниками економічної ефективності, які застосовуються на виробництві є урожайність з одиниці площі, собівартість тонни продукції, умовний чистий прибуток з гектара та рентабельність виробництва. Підвищення економічної ефективності досягається за рахунок оптимізації агротехнічних заходів, впровадження сучасних систем обробітку ґрунту, раціонального внесення мінеральних добрив та хімічних засобів захисту, використання високоврожайних сортів та своєчасного догляду за посівами.

Визначальними чинниками ефективного виробництва є раціональне використання матеріальних і технічних ресурсів, адаптація елементів технологій до кліматичних умов і їх постійних змін, прогнозування ринкових тенденцій щодо формування ціни та попиту на продукцію, які необхідні для планування її реалізації. Впровадження інноваційних рішень та чітке дотримання технологічних чинників дозволяють скоротити витрати пов'язані з реалізацією виробничого процесу, підвищити прибутковість і забезпечити стабільність аграрного бізнесу.

Проведена економічна оцінка різних варіантів удобрення та систем захисту посівів показала їх істотний вплив на варіювання значень

економічних показників за вирощування пшениці озимої. Так, у контрольному варіанті без добрив і мінімального захисту, за найнижчої урожайності 3,32 т/га, сумарна вартість основної продукції становила 31706 грн/га. Повний захист посівів забезпечив збільшення вартості продукції на 4 870 грн/га (15,4 %), проте разом з тим зросли і виробничі витрати на 2 002 грн/га (10,7 %) порівняно із варантом мінімального захисту. Позитивний вплив повного захисту посівів пшениці озимої впродовж періоду вегетації мав і на інші оціночні економічні показники, зокрема його проведення спричинило підвищення умовного чистого прибутку на 2869 грн/га (21,9 %) та зниження собівартості тонни зерна на 224,3 грн (4,0 %). Рівень рентабельності за проведення мінімального захисту складав 70,2 %, а за повного захисту – 77,3 %.

Внесення мінеральних добрив та перенесення частини азоту з основного внесення у підживлення, як на фоні мінімального, так і повного захисту посівів, супроводжувалося зростанням вартості основної продукції і умовного чистого прибутку, але одночасно це призводило і до збільшення загальних виробничих витрат та собівартості одиниці продукції, що також мало своє відображення на рентабельності технології вирощування культури. Наприклад, внесення $N_{127}P_{96}K_{51}$ на фоні мінімального захисту посівів підвищувало вартість продукції на 6303 грн/га (19,9 %), а виробничі витрати при цьому зростали на 16954 грн/га (91,0 %), що призвело до зменшення умовного чистого прибутку на 10651 грн/га (81,4 %) і збільшення собівартості однієї тонни зерна на 3329 грн/т (59,3 %). В результаті загальна рентабельність у цьому варіанті дослідів становила лише 6,8 %.

Перенесення частини азоту (N_{30}) у підживлення у фазу весняного кушіння виявилось більш економічно вигіднішим, ніж внесення свієї дози добрив під основний обробіток ґрунту восени. При цьому, за мінімального і повного захисту посівів, вартість продукції збільшилася, відповідно на 5539 і 7926 грн/га або 14,6 і 19,5 %, умовний чистий прибуток – на 5389 і 7776

грн/га, собівартість однієї тонни зерна зменшилася на 1104 і 1415 грн або 12,4 і 16,0 %. Рентабельність технології зросла до 21,9 % (мінімальний захист) і 28,6 % (повний захист).

Цікавим в економічному відношенні є варіант дослідження, де частину азотних добрив (N_{30}) вносили позакоренево у фазу початок колосіння у порівнянні із прикореневим підживленням посівів пшениці озимої аналогічною дозою азоту. Економічні розрахунки свідчать, що позакореневе підживлення посівів культури на початку фази колосіння супроводжувалося зниженням значень ряду показників порівняно з подібним варіантом удобрення, але іншим строком їх застосування, зокрема вартості продукції, умовного чистого прибутку, збільшенням собівартості тонни зерна, але при цьому вища реалізаційна ціна завдяки кращій якості зерна забезпечила збільшення рентабельності вирощування пшениці озимої.

Найбільш економічно ефективним варіантом виявилось вирощування пшениці озимої з внесенням $N_{67}P_{96}K_{51}$ під основний обробіток ґрунту та N_{30} у підживлення у фазу кушіння і повторно N_{30} у фазу початку виходу в трубку на фоні повного захисту посівів. У цьому випадку рівень рентабельності був найвищим – 35,4 %. Порівняно висока ефективність зазначеної системи добрив спостерігалася й за мінімального захисту посівів (протруєння насіння перед сівбою), де рентабельність сягала 25,6 %.

Таким чином, отримані дані підтверджують, що збалансоване удобрення у поєднанні з повним захистом посівів сприяє одночасному підвищенню врожайності та економічної ефективності вирощування пшениці озимої. Оптимальні дози добрив і ефективний захист забезпечують максимальний прибуток і зниження собівартості одиниці продукції, що робить їх доцільними для широкого застосування в аграрному виробництві.

Таблиця 4.1

Економічна ефективність технологій вирощування пшениці озимої, середнє за 2023–2025 рр.

Варіанти		Урожайність, т/га	Вартість продукції, грн./га	Виробничі витрати, грн./га	Умовно чистий прибуток, грн./га	Собівартість 1 т зерна, грн.	Рівень рентабель- ності, %
Добрива	Захист						
Контроль (без добрив)	мінімальний захист	3,32	31706,0	18625	13081,0	5609,9	70,2
	повний захист	3,83	36576,5	20627	15949,5	5385,6	77,3
N ₁₂₇ P ₉₆ K ₅₁	мінімальний захист	3,98	38009,0	35579	2430,0	8939,4	6,8
	повний захист	4,25	40587,5	37581	3006,5	8842,6	8,0
N ₉₇ P ₉₆ K ₅₁ + N ₃₀ (ВВСН 25-27)	мінімальний захист	4,56	43548,0	35729	7819,0	7835,3	21,9
	повний захист	5,08	48514,0	37731	10783,0	7427,4	28,6
N ₆₇ P ₉₆ K ₅₁ + N ₃₀ (ВВСН 25-27) + N ₃₀ (ВВСН 31- 32)	мінімальний захист	4,72	45076,0	35879	9197,0	7601,5	25,6
	повний захист	5,37	51283,5	37881	13402,5	7054,2	35,4
N ₉₇ P ₉₆ K ₅₁ + N ₃₀ (ВВСН 51-55)	мінімальний захист	4,44	42846,0	35121	7725,0	7910,1	22,0
	повний захист	4,98	48057,0	37123	10934,0	7454,4	29,5

РОЗДІЛ 5. ЕКОЛОГІЧНА ЕКСПЕРТИЗА

У сучасному аграрному виробництві екологічна експертиза виробничих процесів в сільськогосподарському виробництві набуває ключового значення як інструмент забезпечення стійкого розвитку галузі та зменшення її негативного впливу на навколишнє природне середовище. Вирощування пшениці озимої, як однією з провідних зернових культур, пов'язане з застосуванням агротехнологій, здатних чинити певний негативний вплив на довкілля. Аналіз екологічних аспектів технології вирощування сорту Нива Одеська з урахуванням різних строків застосування мінерального азоту та систем захисту рослин є важливим для забезпечення балансу між продуктивністю та екологічною безпекою агроценозів.

Ґрунт є критично важливим природним ресурсом, на якому базується технологічний процес із вирощування польових культур у сільському господарстві, водночас найбільш вразливим до антропогенного навантаження. Застосування мінеральних добрив, особливо азотних, значно впливає на його агрофізичний стан та хімічні властивості. Надмірне внесення азоту (особливо у нітратній формі) призводить до підкислення ґрунту, що зменшує його родючість та активність мікробіологічних процесів.

Добрива – це дієвий інструмент ефективного регулювання росту і розвитку рослин, а також впливу на строки їх досягання та формування врожаю. Так, стартове внесення добрив одночасно із сівбою у рядки сприяє активному розвитку вторинної кореневої системи зернових культур, що за певних умов, зокрема посушливих, стає вирішальним чинником під час формування продуктивності. Використання добрив також підвищує стійкість рослин до дії стресових чинників, зокрема посухи, приморозків, пестицидів та інших несприятливих чинників.

Добрива позитивно відображаються і на фітосанітарному стані посівів. Наприклад, фосфорні добрива, забезпечуючи розвиток потужної глибоко проникаючої кореневої системи, підвищують стійкість рослин до ураження збудниками хвороб, тоді як калійні добрива сприяють потовщенню клітинних стінок, підвищуючи механічну міцність тканин зумовлюють стійкість рослин до вилягання. Це також має позитивний вплив на зменшення розвитку грибкових хвороб. Надлишок азоту, навпаки, може стимулювати формування мікроклімату сприятливого для поширення хвороб, а дефіцит певних елементів мінерального живлення часто призводить до ослаблення рослин та підвищення їх сприйнятливості до інфекцій.

Таким чином, внесення органічних і мінеральних добрив є ключовим технологічним елементом, який забезпечує підвищення врожайності культур і є невід'ємною частиною сучасних технологій у рослинництві. Агрохімікати, зокрема мінеральні добрива, засоби захисту рослин відіграють особливо важливу роль у забезпеченні виробництва продовольства і кормів та підвищенні економічної ефективності сільськогосподарського виробництва. Водночас неправильне використання хімічних засобів може негативно впливати на довкілля через порушення рекомендованих регламентів внесення, транспортування та зберігання.

Негативні наслідки застосування добрив включають забруднення ґрунтів нітратами та важкими металами, підвищення їх кислотності, порушення колообігу поживних речовин, погіршення агрохімічних показників ґрунту, погіршення фітосанітарного стану посівів та ґрунту, зниження продуктивності та якості врожаю, забруднення поверхневих і ґрунтових вод.

На основі проведеної екологічної експертизи можна сформулювати такі рекомендації:

– для захисту ґрунтів від ерозійних процесів та деградації ґрунтового покриву, а також зменшення виробничих витрат рекомендується

застосовувати систему no-till, яка передбачає пряму сівбу пшениці озимої, без попереднього обробітку ґрунту;

– дози мінеральних добрив слід розраховувати з урахуванням вмісту поживних речовин у ґрунті та прогнозованого рівня врожайності;

– для отримання збалансованих тукоsumішей за елементами живлення краще звертатися до спеціалізованих підприємств та використовувати технології точного землеробства, які забезпечують дозування добрив відповідно до наявності поживних речовин у ґрунті, що знижує витрати ресурсів і ризик забруднення агрофітоценозів;

– внесення добрив слід здійснювати локально, у рядок, одночасно із сівбою, що дозволяє підвищити їх ефективність навіть за зменшення доз, а також досягти мінімального екологічного навантаження на агрофітоценоз;

– для поповнення ґрунту органічною речовиною та покращення вологонакопичення рекомендується залишати подрібнену побічну продукцію польових культур на поверхні ґрунту (солома зернових культур, стебла соняшнику і кукурудзи) та впроваджувати проміжні покривні культури, що сприяє збереженню родючості, покращенню структури ґрунту, фіто санітарного стану посівів та зменшенню потреби у придбанні хімічних добрив;

– у сівозміні слід вводити багаторічні трави дво-трирічного використання, що підвищує родючість і стійкість ґрунту до деградації;

– необхідно практикувати інтегровані системи захисту посівів, де фітоценотичний, біологічний методи поєднуються з хімічними засобами, що зменшує пестицидне навантаження на екосистему.

РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці є невід’ємним і ключовим елементом організації будь-якого виробничого процесу, у тому числі й у аграрному секторі. Основна мета системи охорони праці полягає у захисті здоров’я та життя працівників шляхом створення безпечних і нешкідливих умов праці, запобігання травматизму, професійним захворюванням та аварійним ситуаціям за здійснення технологічних процесів. В Україні правове регулювання питань охорони праці визначено Конституцією України (стаття 43), Кодексом законів про працю України, Законом України «Про охорону праці» (№ 2694-ХІІ від 14.10.1992 р., у редакції від 12.09.2025 р.), а також низкою підзаконних актів та галузевих нормативів, що встановлюють обов’язки роботодавців щодо створення безпечних умов праці та захисту працівників.

У сільськогосподарському виробництві, враховуючи специфіку технологічних операцій, надзвичайно важливо забезпечувати правильне використання технічних засобів, безпечне застосування хімічних речовин (мінеральних добрив, засобів захисту рослин), дотримання екологічних норм та правил з охорони праці. Відповідно до статті 13 Закону України «Про охорону праці», роботодавець зобов’язаний організувати безпечні умови праці на кожному робочому місці, проводити оцінку можливих ризиків і впроваджувати заходи з їх мінімізації.

Одним із ключових інструментів забезпечення безпеки є аналіз потенційних ризиків на виробництві. У технологічному процесі вирощування пшениці озимої основними джерелами ризиків є:

1. Хімічні ризики, пов’язані з використанням мінеральних добрив, пестицидів та інших агрохімікатів. Порушення регламентів їх застосування може призвести до отруєнь, подразнення шкіри та слизових оболонок, ураження дихальної системи, а тривалий контакт – до виникнення хронічних захворювань. Згідно з Санітарними правилами та нормами

(ДСанПіН 8.8.1.002-98), хімічні речовини мають зберігатися в герметичних контейнерах і застосовуватися відповідно до регламентованих доз та строків.

2. Механічні ризики, пов'язані з експлуатацією сільськогосподарської техніки – комбайнів, тракторів, сівалок та іншого обладнання, яке використовується в господарстві для здійснення технологічних процесів із вирощування, доробки та зберіганням товарної продукції. Недотримання правил технічної експлуатації і безпечного обслуговування техніки може призвести до травмування працівників. Закон України «Про охорону праці» (ст. 18) передбачає обов'язок роботодавця забезпечувати технічний контроль за станом обладнання, його своєчасне обслуговування та навчання персоналу.

3. Кліматичні ризики, що виникають під час екстремальних погодних умов, таких як висока або низька температура, сильні дощі зливового характеру, снігопади, ожеледиця та поривчастий вітер, можуть спричинити теплові удари, переохолодження та травми. У цьому контексті важливим є планування робіт з урахуванням погодних умов і забезпечення працівників необхідними засобами індивідуального захисту для уникнення вище зазначених ризиків.

4. Біологічні ризики, пов'язані з алергічними реакціями на речовини, грибковими інфекціями та контактом із ґрунтом. Ці чинники можуть впливати на здоров'я працівників, особливо за тривалої роботи на відкритому повітрі без засобів індивідуального захисту.

Для мінімізації цих ризиків застосовуються засоби індивідуального захисту (ЗІЗ), такі як респіратори, захисний одяг та рукавички, окуляри, спеціальне взуття, які відповідно до Державних стандартів (ДСТУ EN 340:2003, ДСТУ EN 136:2003) повинні бути сертифікованими та забезпечувати надійний захист від небезпечних чинників, які можуть виникати у ході здійснення технологічних прийомів із вирощування

польових культур. Забезпечення працівників якісними ЗІЗ є обов'язковою умовою безпечного виконання робіт.

Організаційні заходи охорони праці включають:

- навчання та регулярні інструктажі з техніки безпеки (ст. 19 Закону України «Про охорону праці»);
- попередні та періодичні медичні огляди працівників для своєчасного виявлення ризиків для здоров'я;
- технічний контроль за обладнанням, зберіганням хімічних речовин і дотриманням правил безпеки;
- створення належних умов праці: вентиляція приміщень для зберігання добрив, безпечні під'їзди для техніки, попереджувальні знаки у місцях підвищеного ризику.

Не менш важливим є врахування екологічних аспектів у контексті охорони праці. Використання мінеральних добрив і пестицидів має здійснюватися відповідно до державних норм, щоб запобігти забрудненню ґрунту, водних об'єктів і атмосферного повітря. Добрива слід зберігати в герметичних контейнерах, а залишки – утилізувати згідно з екологічними стандартами. Інтегровані методи боротьби зі шкідниками, що передбачають використання природних ворогів шкідників і біопрепаратів, дозволяють зменшити обсяг хімічних засобів, що застосовуються, і знизити навантаження на екосистему та ризики пов'язані із їх застосуванням.

Покращення системи охорони праці можливе через автоматизацію процесів та застосування сучасних інноваційних технологічних рішень, що зменшує прямий контакт працівників із небезпечними для його здоров'я речовинами. Важливим є також розробка покрокового плану дій на випадок аварій, включно з евакуацією та наданням першої допомоги. Використання екологічно безпечних добрив і засобів захисту дозволяє одночасно знизити ризики для працівників та зберегти природні ресурси. Ефективне управління охороною праці включає моніторинг стану здоров'я працівників, аналіз ризиків та постійне вдосконалення виробничих процесів.

Отже, охорона праці є невід'ємною складовою ефективного та безпечного виробництва у сільському господарстві. Комплексний підхід, який поєднує забезпечення безпеки працівників і екологічну відповідальність, сприяє підвищенню продуктивності праці та стабільності аграрного виробництва. Дотримання нормативних вимог, постійне навчання персоналу, проведення інструктажів на робочому місці та забезпечення працівників сертифікованими засобами захисту (особливо тієї категорії, яка пов'язана із виконанням робіт із шкідливими умовами) дозволяє мінімізувати травматизм і негативний вплив на навколишнє природне середовище, підвищуючи загальну ефективність аграрного виробництва.

ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що найбільш сприятливі умови для лінійного росту рослин пшениці озимої (93,9 см) формуються за внесення під основний обробіток ґрунту мінеральних добрив у дозі $N_{67}P_{96}K_{51}$ та підживлення N_{30} у фазу кушіння і N_{30} у фазу вихід у трубку.

2. Найбільшу густоту рослин (343 шт./м²) зафіксовано у варіанті, де мінеральні добрива вносили у три етапи: $N_{67}P_{96}K_{51}$ під основний обробіток ґрунту, а також по 30 кг/га д.р. азоту у фазах кушення та початку виходу в трубку. Це перевищувало показники попереднього варіанту удобрення на 4 шт./м², а контрольного – на 14 шт./м².

3. Найвищі показники щодо щільності продуктивних стебел та коефіцієнта кушення (1,90 стебла на рослину) відзначено у варіанті з роздрібненим внесенням азотних добрив: $N_{67}P_{96}K_{51}$ під основний обробіток ґрунту, N_{30} у фазу кушення та N_{30} на початку виходу рослин у трубку.

4. Максимальний показник урожайності – 5,37 т/га – отримано за умови внесення під основний обробіток мінеральних добрив у дозі $N_{67}P_{96}K_{51}$ та проведенні дворазового підживлення посівів культури азотними добривами по N_{30} . На цьому варіанті удобрення приріст урожайності відносно контролю становив 1,54 т/га, або 40,2 %.

5. Розрахунки свідчать, що за економічними показниками найбільш ефективним варіантом виявилось вирощування пшениці озимої з внесенням $N_{67}P_{96}K_{51}$ під основний обробіток ґрунту та N_{30} у підживлення у фазу кушіння і повторно N_{30} у фазу початку виходу в трубку на фоні повного захисту посівів. У цьому випадку рівень рентабельності був найвищим – 35,4 %.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

В умовах нестійкого зволоження Лівобережної частини зони Лісостепу України для забезпечення потреб сучасних високо інтенсивних сортів пшениці озимої у елементах живлення рекомендується вносити мінеральні добрива у дозі $N_{67}P_{96}K_{51}$ під основний обробіток ґрунту та N_{30} у підживлення у фазу кушіння та повторно N_{30} у фазу початок виходу у трубку на фоні проведення повного захисту посівів від хвороб, шкідників і бур'янів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Базалій В. В., Панкєєв С. В., Жужа О. О., Каращук Г. В. Характер прояву довжини стебла і ознак стійкості до вилягання сортів пшениці озимої залежно від фону живлення. *Таврійський науковий вісник*. 2012. Вип. 80. С. 20–26.
2. Бараболя О.В., Барат Ю.М., Кулик М.І., Онопрієнко О.В. Урожайність пшениці озимої залежно від системи удобрення та погодних умов вегетаційного періоду. *Вісник Уманського НУС*. 2018. №2. С. 3-9.
3. Використання персональних комп'ютерів для вирішення задач оптимізації сільськогосподарського виробництва (навч. посіб.) / В.О. Ушкаренко, В.П. Коваленко, С.Я. Плоткін та ін. Херсон: Айлант, 2001. 94 с.
4. Волкодав В.В., Кисіль М.І., Захарчук О.В. Економічна ефективність діяльності державної служби з охорони прав на сорти рослин. *Економіка АПК*. 2006, № 1. С. 67-69.
5. Гамаюнова В. В., Смірнова І. В. Вплив мінеральних добрив на формування поживного режиму ґрунту при вирощуванні пшениці озимої. *Вісник Сумського НАУ. Серія «Агронімія і біологія»*. 2017. № 2. С. 49–52.
6. Гамаюнова В. В., Смірнова І. В. Економічна ефективність вирощування сортів пшениці озимої залежно від оптимізації фону живлення. *Наукові горизонти*. 2018. № 1 (64). С. 10–14.
7. Гангур В. В. Котляр Я.О. Вплив попередників на винос та баланс поживних речовин під пшеницею озимою у сівозмінах з короткою ротацією. *Таврійський науковий вісник*. 2022. № 127. С. 20–26. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.127.2>.
8. Гангур В. В., & Котляр Я. О. Вплив попередників на поживний режим ґрунту та урожайність пшениці озимої в зоні Лівобережного Лісостепу України. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. № 26(3). С. 11-16.

<https://doi.org/10.31210/spi2023.26.03.02>

9. Гангур В. В., Єремко Л.С., Сокирко Д.П. Формування продуктивності нуту залежно від технологічних факторів в умовах лівобережного Лісостепу України. *Зернові культури*. 2017. Том 1. № 2. С. 285–292.
10. Гангур В. В., Котляр Я. О. Вплив попередників на водоспоживання та продуктивність пшениці озимої в зоні Лівобережного Лісостепу України. *Вісник ПДАА*. 2021. № 1. С. 122–127. doi: 10.31210/visnyk2021.01.14
11. Гангур В. В., Кочерга А. А., Пипко О. С., Єщенко В. М., Кабак Ю. І., Онопрієнко О. В. Ефективність стимуляторів для передпосівної обробки насіння пшениці озимої. *Вісник ПДАА*. 2020. № 3. С. 40–45. doi: 10.31210/visnyk2020.03.04
12. Гангур В. В., Кочерга А. А., Пипко О. С., Кабак Ю. І., Лень О. І. Вплив мінеральних добрив на водоспоживання та продуктивність пшениці озимої. *Вісник ПДАА*. 2020. № 3. С. 54–60. doi: 10.31210/visnyk2020.03.06
13. Гангур В. В., Кочерга А. А., Пипко О. С., Лень О. І. Ефективність мікродобрив за обробки насіння та листкового підживлення посівів пшениці озимої. *Вісник ПДАА*. 2021. № 2. С. 46–51. doi: 10.31210/visnyk2021.02.05
14. Гангур В. В., Лень О. І., Гангур М. В. Вплив різних систем обробітку на поживний режим ґрунту під пшеницею озимою та ячменем ярим в зоні Лівобережного Лісостепу України. *Вісник ПДАА*. 2022. № 1. С. 38–44. doi: 10.31210/visnyk2022.01.04
15. Гангур В. В., Маренич А. М., & Сокирко Д. Д. Вплив попередників та рівня удобрення на урожайність зерна пшениці озимої в умовах Лівобережного Лісостепу. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28(1). 63–67. <https://doi.org/10.31210/spi2025.28.01.11>
16. Господаренко Г.М., Черно О.Д., Стасіневич О.Ю. Реакція різних сортів

- пшениці озимої на удобрення. *Вісник Харківського НАУ ім. В.В. Докучаєва*. 2009. №1. С. 184–192.
17. Демішев Л. Ф., Барановський А. В., Єфременко О. В., Павленко І. Н., Русланова Є. В. Вплив азотних добрив на продуктивність і якість зерна. *Агроном*. 2005. № 3. С. 16–18.
 18. Демішев Л. Ф., Горобець Н. М. Формування продуктивності озимої пшениці в залежності від внесення у підживлення різних форм та доз азотних добрив. *Вісник Дніпропетровського ДАУ*. 2001. № 2. С. 40–42.
 19. Камінський В.Ф., Сокирко Д.П., Гангур В.В. Вплив технологічних прийомів на формування продуктивності гороху в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 117. С. 73–79. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.117.10>
 20. Лихочвор В.В. Ресурсозбереження при вирощуванні озимої пшениці за інтенсивною технологією. *Врожайність сільськогосподарських культур, якість продукції та зміни властивостей ґрунту під дією добрив: Наукові праці*. Львів.: Львів. с.-г. ін-т, 1993. С. 86-88.
 21. Лукашук Л.Я., Курач О.В., Сніжок О.В., Гук Л.І., Кучерова А.В. Вплив систем удобрення та догляду за посівами на продуктивність і якість зерна озимої пшениці. *Вісник аграрної науки*. 2020. №10. С. 12-19.
 22. Нетіс І.Т. Пшениця озима на півдні України [монографія]. Херсон: Олдіплюс, 2011. 460 с.
 23. Організаційно-економічні параметри ресурсощадних технологій виробництва продукції рослинництва і тваринництва / Березівський П.С., Більський Б.В., Дудаш Я.Я., Березівський З.П. Львів: Укр. технології, 2000. 223 с.
 24. Смірнова І. В. Урожайність та якість сортів пшениці озимої залежно від умов мінерального живлення. *Наукові праці : науково-методичний журнал. Серія «Екологія»*. 2015. № 244. С. 81–84.
 25. Сокирко Д.П., Гангур В.В., Єремко Л.С. Вплив елементів технології

- вирощування на формування симбіотичного апарату зернобобових культур. *Colloquium-journal*. 2021. № 10 (97). Część 1. P. 30–32. <http://www.colloquium-journal.org/1097-2>
26. Abedi T., Alemzadeh A., Kazemeini S.A. Wheat yield and grain protein response to nitrogen amount and timing. *Aust. J. Crop Sci.* 2011. Vol. 5. P. 330–336.
 27. Addy J.W.G., Ellis R.H., Macdonald A.J., Semenov M.A., Mead A. Investigating the Effects of Inter-Annual Weather Variation (1968–2016) on the Functional Response of Cereal Grain Yield to Applied Nitrogen, Using Data from the Rothamsted Long-Term Experiments. *Agric. For. Meteorol.* 2020. Vol. 284. P. 107898.
 28. Ballesta A., Lloveras J. Nitrogen Replacement Value of Alfalfa to Corn and Wheat under Irrigated Mediterranean Conditions. *Spanish J. Agric. Res.* 2010. Vol. 8. P. 159.
 29. Cao P., Lu C., Yu Z. Historical Nitrogen Fertilizer Use in Agricultural Ecosystems of the Contiguous United States during 1850–2015: Application Rate, Timing, and Fertilizer Types. *Earth Syst. Sci. Data.* 2018. Vol. 10. P. 969–984.
 30. Cela S., Santiveri F., Lloveras J. Optimum Nitrogen Fertilization Rates for Second-Year Corn Succeeding Alfalfa under Irrigation. *Field Crops Res.* 2011. Vol. 123. P. 109–116.
 31. Chiriță S., Rusu T., Urda C., Chețan F., Racz I. Winter wheat yield and quality depending on chemical fertilization, different treatments and tillage systems. *AgroLife Sci. J.* 2023. Vol. 12. P. 34–39.
 32. Chloupek O., Hrstkova P., Schweigert P. Yield and Its Stability, Crop Diversity, Adaptability and Response to Climate Change, Weather and Fertilisation over 75 Years in the Czech Republic in Comparison to Some European Countries. *Field Crops Res.* 2004. Vol. 85. P. 167–190.
 33. Dhillon J.S., Raun W.R. Effect of topdress nitrogen rates applied based on

- growing degree days on winter wheat grain yield. *Agron. J.* 2020. Vol. 112. P. 3114–3128.
34. Ducsay L., Ložek O. Effect of topdressing with nitrogen on the yield and quality of winter wheat grain. *Plant Soil Environ.* 2004. Vol. 50. P. 309–314.
 35. Götze P., Rücknagel J., Wensch-Dorendorf M., Märländer B., Christen O. Crop Rotation Effects on Yield, Technological Quality and Yield Stability of Sugar Beet after 45 Trial Years. *Eur. J. Agron.* 2017. Vol. 82. P. 50–59.
 36. Grusson Y., Wesström I., Joel A. Impact of Climate Change on Swedish Agriculture: Growing Season Rain Deficit and Irrigation Need. *Agric. Water Manag.* 2021. Vol. 251. P. 106858.
 37. Hatfield J.L., Dold C. Agroclimatology and Wheat Production: Coping with Climate Change. *Front. Plant Sci.* 2018. Vol. 9. P. 224.
 38. Hignett T.P. History of Chemical Fertilizers. In *Fertilizer Manual*; Springer: Dordrecht, The Netherlands, 1985. P. 3–10.
 39. Jepsen M.R., Kuemmerle T., Müller D., Erb K., Verburg P.H., Haberl H., Vesterager J.P., Andrič M., Antrop M., Austrheim G., et al. Transitions in European Land-Management Regimes between 1800 and 2010. *Land Use policy.* 2015. Vol. 49. P. 53–64.
 40. Jeyasri R., Muthuramalingam P., Satish L., Pandian S.K., Chen J.-T., Ahmar S., Wang X., Mora-Poblete F., Ramesh M. An overview of abiotic stress in cereal crops: Negative impacts, regulation, biotechnology and integrated omics. *Plants.* 2021. Vol. 10. P. 1472.
 41. Kaminskyi V., Sokyrko D., Hanhur V., Yeremko L. Formation of the leaf surface and productivity of the chickling vetch (*Lathyrus sativus* L.) depending on the amounts of mineral fertilizers and pre-sowing inoculation of seeds. *Agronomy Science.* 2021. Vol. 76(2). P. 87-99. <https://doi.org/10.24326/as.2021.2.7>
 42. Kebede E. Contribution, Utilization, and Improvement of Legumes-Driven Biological Nitrogen Fixation in Agricultural Systems. *Front. Sustain. Food*

- Syst.* 2021. Vol. 5. P. 767998.
43. Khan G.R., Alkharabsheh H.M., Akmal M., AL-Huqail A.A., Ali N., Alhammad B.A., Anjum M.M., Goher R., Wahid F., Seleiman M.F., et al. Split nitrogen application rates for wheat (*Triticum aestivum* L.) yield and grain N using the CSM-CERES-Wheat model. *Agronomy*. 2022. Vol. 12. P. 1766.
 44. Kong L., Xie Y., Hu L., Si J., Wang Z. Excessive Nitrogen Application Dampens Antioxidant Capacity and Grain Filling in Wheat as Revealed by Metabolic and Physiological Analyses. *Sci. Rep.* 2017. Vol. 7. P. 43363.
 45. Kronstad W.E. Agricultural Development and Wheat Breeding in the 20 th Century. In *Wheat: Prospects for Global Improvement*; Springer: Dordrecht, The Netherlands, 1997. P. 1–10.
 46. Leghari S.J., Wahocho N.A., Laghari G.M., Hafeez Laghari A. Role of Nitrogen for Plant Growth and Development: A Review. *Adv. Environ. Biol.* 2016. Vol. 1. P. 209–218.
 47. Litke L., Gaile Z., Ruža A. Effect of Nitrogen Fertilization on Winter Wheat Yield and Yield Quality. *Agron. Res.* 2018. Vol. 16. P. 500–509.
 48. Lollato R.P., Mark K.E., Jaenisch B.R. Wheat Grain Yield and Grain Protein Concentration Response to Nitrogen Rate During the 2018–2019 Growing Season in Kansas. *Kansas Agric. Exp. Stn. Res. Rep.* 2020. Vol. 6.
 49. Macholdt J., Piepho H.P., Honermeier B. Mineral NPK and Manure Fertilisation Affecting the Yield Stability of Winter Wheat: Results from a Long-Term Field Experiment. *Eur. J. Agron.* 2019. Vol. 102. P. 14–22.
 50. Morgounov A., Abugalieva A., Martynov S. Effect of Climate Change and Variety on Long-Term Variation of Grain Yield and Quality in Winter Wheat in Kazakhstan. *Cereal Res. Commun.* 2014. Vol. 42. P. 163–172.
 51. Nielsen D.C., Vigil M.F. Wheat Yield and Yield Stability of Eight Dryland Crop Rotations. *Agron. J.* 2018. Vol. 110. P. 594–601.
 52. Noor H., Noor F., Liang L.T., Ding P., Sun M., Gao Z. Nitrogen fertilization

- and precipitation affected wheat (*Triticum aestivum* L.) in dryland the loess plateau of south shanxi, China. *Heliyon*. 2023. Vol. 9. P. e18177.
53. O'Donovan J.T., Turkington T.K., Edney M.J., Clayton G.W., McKenzie R.H., Juskiw P.E., Lafond G.P., Grant C.A., Brandt S., Harker K.N., et al. Seeding Rate, Nitrogen Rate, and Cultivar Effects on Malting Barley Production. *Agron. J.* 2011. Vol. 103. P. 709–716.
 54. Peng Z., Wang L., Xie J., Li L., Coulter J.A., Zhang R., Luo Z., Cai L., Carberry P., Whitbread A. Conservation Tillage Increases Yield and Precipitation Use Efficiency of Wheat on the Semi-Arid Loess Plateau of China. *Agric. Water Manag.* 2020. Vol. 231. P. 106024.
 55. Preissel S., Reckling M., Schläfke N., Zander P. Magnitude and Farm-Economic Value of Grain Legume Pre-Crop Benefits in Europe: A Review. *Field Crops Res.* 2015. Vol. 175. P. 64–79.
 56. Shiferaw B., Smale M., Braun H.J., Duveiller E., Reynolds M., Muricho G. Crops that feed the world 10. Past successes and future challenges to the role played by wheat in global food security. *Food Secur.* 2013. Vol. 5. P. 291–317.
 57. Spiertz J.H.J. Nitrogen, Sustainable Agriculture and Food Security: A Review. In *Sustainable Agriculture*; Springer: Dordrecht, The Netherlands, 2009. P. 635–651.
 58. St. Luce M., Grant C.A., Ziadi N., Zebarth B.J., O'Donovan J.T., Blackshaw R.E., Harker K.N., Johnson E.N., Gan Y., Lafond G.P., et al. Preceding Crops and Nitrogen Fertilization Influence Soil Nitrogen Cycling in No-till Canola and Wheat Cropping Systems. *Field Crops Res.* 2016. Vol. 191. P. 20–32.
 59. Sun C., Chen L., Zhai L., Liu H., Wang K., Jiao C., Shen Z. National Assessment of Nitrogen Fertilizers Fate and Related Environmental Impacts of Multiple Pathways in China. *J. Clean. Prod.* 2020. Vol. 277. P. 123519.
 60. Tabak M., Lepiarczyk A., Filipek-Mazur B., Lisowska A. Efficiency of

- nitrogen fertilization of winter wheat depending on sulfur fertilization. *Agronomy*. 2020. Vol. 10. P. 1304.
61. Thai T.H., Bellingrath-Kimura S.D., Hoffmann C., Barkusky D. Effect of Long-Term Fertiliser Regimes and Weather on Spring Barley Yields in Sandy Soil in North-East Germany. *Arch. Agron. Soil Sci.* 2020. Vol. 66. P. 1812–1826.
 62. Werndl C. On Defining Climate and Climate Change. *Br. J. Philos. Sci.* 2016. Vol. 67. P. 337–364.
 63. Yang C., Fraga H., Van Ieperen W., Trindade H., Santos J.A. Effects of climate change and adaptation options on winter wheat yield under rainfed Mediterranean conditions in southern Portugal. *Clim. Chang.* 2019. Vol. 154. P. 159–178.
 64. Yost M.A., Pound C.A., Creech J.E., Cardon G.E., Pace M.G., Kitchen B., Nelson M., Russell K. Nitrogen Requirements of First-year Small Grains after Alfalfa. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 2021. Vol. 85. P. 1698–1709.
 65. Yu Z.,; Liu J., Kattel G. Historical Nitrogen Fertilizer Use in China from 1952 to 2018. *Earth Syst. Sci. Data.* 2022. Vol. 14. P. 5179–5194.
 66. Zhang W.J., Zhang X.Y. A Forecast Analysis on Fertilizers Consumption Worldwide. *Environ. Monit. Assess.* 2007. Vol. 133. P. 427–434.

ДОДАТОК