

МОН УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
(УНУС)

Факультет агрономії
Кафедра рослинництва

Допущено до захисту

« ____ » _____ 2023

Зав. кафедри, к. с.-г. н., доцент

_____ Віталій КРАВЧЕНКО

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ступеня вищої освіти магістр

ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ ТА ЯКОСТІ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ
ТВЕРДОЇ ОЗИМОЇ ЗА РІЗНИХ ВИДІВ І ДОЗ ДОБРІВ У
ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ

Виконала: студентка II курсу, групи 29м-а
спеціальності 201 Агрономія
ВУС Ольга Максимівна

Керівники:

РЯБОВІЛ Ярослав, д. с.-г. н., доцент
ЛЮБИЧ Віталій, д. с.-г. н., професор

Умань – 2023

ЗМІСТ

	Стор.
Вступ	3
Розділ 1 Формування врожайності та якості зерна пшениці твердої озимої за різних видів і доз добрив (огляд літератури)	5
Розділ 2 Характеристика об'єкту дослідження	12
Розділ 3 Умови і методика проведення досліджень	13
Розділ 4 Результати досліджень	16
Розділ 5 Економічна ефективність	27
Розділ 6 Охорона праці та навколишнього природного середовища	29
Висновки	33
Список використаних джерел	34

ВСТУП

Обґрунтування теми дослідження. Серед факторів навколишнього середовища, які сильно впливають на продуктивність сільськогосподарських культур і поживну якість зернових культур, внесення добрив є важливим фактором для отримання високої врожайності та високої якості врожаю. Азот є одним з основних поживних елементів, необхідних для нормального росту рослин; отже, удобрення азотом підвищує врожайність зерна та покращує якість кінцевого використання. Як наслідок, різко збільшено внесення азотних добрив. Однак було підраховано, що лише від 30 до 40% застосованих азотних добрив поглинається культурою та збирається в зерні. Таким чином, надмірне застосування призводить до величезних втрат азоту, що сприяє забрудненню навколишнього середовища. Тому оптимізоване внесення азотних добрив, тобто раціональне використання азотних добрив, є важливим завданням для агрономів для покращення засвоєння азоту культурами, підвищення ефективності використання азоту та врожайності.

Наукова новизна одержаних результатів. Встановлено, що тривале застосування добрив, крім фосфорно-калійної системи, у польовій сівозміні достовірно впливає на формування врожаю пшениці твердої озимої (сорт Андромеда). Найвищу ефективність мають системи удобрення з азотною складовою. Фосфорно-калійні добрива найменше впливають на врожайність і якість зерна пшениці твердої озимої. Ефективність застосування добрив змінюється залежно від погодних умов вегетаційного періоду. Так, у менш сприятливих умовах росту урожайність зростає від 3,4 до 3,5–4,3 т/га, а в кращих – від 3,9 до 4,2–5,5 т/га ($p \leq 0,05$). Вміст білка зростає від 13,8 до 16,3–17,4 % залежно від системи удобрення, а його збір від 465 до 636–750 кг/га ($p \leq 0,05$). В умовах достатнього зволоження достовірний вплив мали системи удобрення із застосуванням N_{150} . Вміст білка за такого сценарію зростає від 12,8 до 14,4 %, а його збір від 493 до 785 кг/га ($p \leq 0,05$). Тривале застосування

фосфорно-калійних добрив достовірно не впливало на якість зерна пшениці твердої озимої.

Практичне значення одержаних результатів. В умовах Правобережного Лііостепу можливе тимчасове застосування азотних добрив у дозі N_{75} за умови вирощування після сої.

Апробація результатів досліджень. Основні результати виконаних досліджень доповідались і обговорювались на студентських наукових конференціях Уманського НУС (Умань, 2022–2023).

РОЗДІЛ 1

ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ ТА ЯКОСТІ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ТВЕРДОЇ ОЗИМОЇ ЗА РІЗНИХ ВИДІВ І ДОЗ ДОБРИВ (огляд літератури)

Зернові є найпоширенішими польовими культурами в усьому світі і вважаються основними продуктами харчування для людства. Пшениця є однією з найважливіших зернових культур, яка відіграє визначну роль у харчуванні населення світу [1]. Нині зерно пшениці значною мірою сприяє харчуванню людини, надаючи вуглеводи, білки, харчові волокна, мінерали, вітаміни, а також фенольні кислоти, які доповнюють збалансовану дієту завдяки своєму антиоксидантному потенціалу. Тверда пшениця (*Triticum turgidum* L. var. *durum*) становить 8% усієї площі посівів пшениці та близько 5% світового виробництва пшениці. Незважаючи на те, що тверда пшениця є відносно менш важливою, ніж хлібна пшениця (*Triticum aestivum* L.), тверда пшениця культивується в багатьох районах Середземноморського басейну як основна зернова культура, яка широко використовується для виготовлення макаронних виробів. Борошно з твердих сортів пшениці є технологічно кращою сировиною для цієї мети, враховуючи його кулінарні якості [2].

Урожайність і якість зерна пшениці визначається генотипом, середовищем та взаємодією між ними. Серед факторів навколишнього середовища, які сильно впливають на продуктивність сільськогосподарських культур і поживну якість зернових культур, внесення добрив є важливим фактором для отримання високої врожайності та високої якості врожаю. Азот є одним з основних поживних елементів, необхідних для нормального росту рослин; отже, удобрення азотом підвищує врожайність зерна та покращує якість кінцевого використання. Як наслідок, різко збільшено внесення азотних добрив. Однак було підраховано, що лише від 30 до 40% застосованого азоту поглинається культурою та резервується в зерні. Таким

чином, надмірне застосування призводить до величезних втрат азоту, що сприяє забрудненню навколишнього середовища. Тому оптимізоване внесення азотних добрив, тобто раціональне використання азотних добрив, є важливим завданням для агрономів для покращення засвоєння азоту культурами, підвищення ефективності використання азоту та врожайності [3].

Підвищення врожайності пшениці часто пов'язували з втратою якості зерна. Дослідження були зосереджені на дослідженні зв'язку між азотом і білком зерна. У зв'язку з цим повідомлялося про різні спостереження щодо вмісту та складу білка в зерні залежно від норми азоту та часу внесення. Постачання азоту збільшило накопичення азоту в зернах хлібної пшениці, що підвищило вміст білка, що призвело до збільшення як гліадинів, так і глютенінів [4]. Подібні результати були отримані [5], але застосування надмірної дози N зменшувало вміст протеїну в насінні пшениці. Пізніше застосування азоту призвело до посилення клейковини. Вчені [6] виявили позитивну кореляцію між дозою азоту та вмістом білка, а також глютеніну в зернах твердої пшениці. Вони також стверджували, що рівень запліднення впливає на властивості глютенів білків.

І навпаки, менше уваги в літературі приділено оцінці впливу азотних добрив на вуглеводи зерна пшениці. Регулювання метаболічних процесів цукрами залежить від надходження азоту, що свідчить про взаємодію сигнальних шляхів азоту та цукру [7]. Насправді метаболізм азоту потребує джерел вуглецю та енергії з його метаболізму, тоді як метаболізм вуглецю вимагає метаболізму азоту для забезпечення N-вмісних сполук, таких як фотосинтетичні пігменти та ферменти. Таким чином, внесення азотних добрив справді суттєво впливає на вміст неструктурних вуглеводів у рослинах пшениці [8]. Крім того, на асиміляцію, розподіл і розподіл вуглецю сильно впливає надходження азоту, що, як наслідок, впливає на розподіл вуглеводів у рослині. Таким же чином виявлено, що в умовах низького

вмісту азоту, поглинена маса неструктурних вуглеводів були вищими, ніж в умовах високого вмісту азоту.

На мінеральний склад і його вміст у зерні пшениці також впливає внесення азоту. Численні дослідження показали, що застосування азоту може сприяти накопиченню деяких макро- та мікроелементів у зерні пшениці, тоді як в інших дослідженнях [9] вони знизилися, показуючи, що поживний склад зерна частково контролюється генотипом і частково факторами середовища. Додаючи до цього вчені виявили, що відповідна норма азотних добрив краще впливає на концентрацію макро- та мікроелементів у зерні пшениці, ніж використання надмірних доз.

Фенольні сполуки є вторинними рослинними метаболітами з сильною антиоксидантною активністю. Вчені [10] вказали, що внесення азотних добрив і зрошення позитивно впливають на вміст фенолів у зерні пшениці та антиоксидантну активність. Інші дослідження показали, що на антиоксидантні властивості зерна пшениці впливають генотип, навколишнє середовище та взаємодія генотип-середовище.

Було показано, що пізнє введення азотом підвищує вміст білка в зерні та покращує якість твердої пшениці. В експериментальному плані експерименту особливий акцент був зроблений на вивченні здатності різних генотипів використовувати це пізнє застосування азоту, враховуючи, що азот, присутній у початковому субстраті, покривав потреби культури аж до цвітіння аналогічним чином до застосувань, які зазвичай здійснюються під час посіву та перед перед цвітінням [11].

Вміст азоту в зерні зростає незалежно від рівня врожайності за збільшення дози азотних добрив. Це може бути пов'язано з великою доступністю азоту після процесу, що виникає внаслідок поглинання азоту коренем і ремобілізації азоту в зерно під час наповнення зерном. Вчені [12] виявили генотипову мінливість вмісту азоту в зерні при різних рівнях азоту між генотипами високої та низької врожайності. Відповідно, найбільшу

кількість азоту в зерні було зафіксовано в низьковрожайних генотипах незалежно від забезпеченості азотом. Низьку концентрацію азоту в зернах високоврожайних генотипів при вирощуванні з низьким вмістом азоту можна пояснити розведенням азоту через вищу врожайність у порівнянні з низьковрожайними генотипами. З іншого боку, концентрація вмісту вуглецю в зерні також значно зросла під час обробки з високим вмістом азоту, але ступінь збільшення був невеликим, набагато нижчим, ніж збільшення N у зерні (+2,43% проти +29,24%), що пояснює зниження відношення C/N. Подібні результати встановлено за вирощування інших зернових культур [13].

Ефективність використання азоту сильно залежала від застосованої дози азоту та генотипу. Збільшення норми внесення азоту призвело до зниження їх ефективності. Це узгоджено, оскільки значна частина додаткового азоту спрямовується на синтез білка зерна, тоді як збільшення врожайності було незначним (тобто концентрація азоту в зерні збільшується більше, ніж урожайність). Цей результат підтверджує попередні звіти про роботу з пшеницею твердою [14].

За обох обробок азотом високоврожайні генотипи продемонстрували вищу ефективність у використанні застосованого азоту. Це відкриття привело нас до гіпотези, що ефективність азотних добрив може бути ознакою під генетичним контролем. Наявність найвищого або найнижчого рівня ефективності між генотипами не залежала від дози N, що є перевагою при використанні цього параметра в програмах генетичного вдосконалення, хоча за умов низького N відмінності були найбільш помітними. Таким чином, ширший скринінг зародкової плазми для сортів з високим рівнем ефективності в умовах обмежених ресурсів азоту з використанням лізиметрів може бути простішим і корисним інструментом для вибору генотипів, спрямованих на підвищення врожайності твердої пшениці та мінімізацію забруднення навколишнього середовища через надмірне внесення азоту в

польові випробування [15].

Як обговорювалося вище, більша кількість азоту призводить до накопичення азоту в зерні твердої пшениці, імовірно, у формі білка зерна. Гліадини та глютеніни є запасними білками, причому останні важливіші за гліадини для отримання хороших властивостей тіста. Згідно з попередніми звітами [16], підживлення азотом не тільки збільшує концентрацію глютену, але й його склад. Незважаючи на збільшення трьох фракцій гліадинів, найбільше N-опосередковане збільшення спостерігалось в ω -гліадинах. У випадку фракцій глютеніну як HMW, так і LMW збільшилися, причому більша доза азоту була трохи вищою для фракції HMW. У пшениці це більше збільшення синтезу ω -гліадинів і HMW глютенінів було пов'язане з часткою амінокислот, які містять S (Cys і Met) в обох типах білків [17].

Цікавим результатом є те, що накопичення білка під час наливу зерна, також має генетичний компонент. Низькопродуктивні генотипи показали найвищі концентрації гліадинів і глютенінів (і, отже, їх фракцій) при обох обробках; однак високоврожайні генотипи виявляються більш чутливими до надходження азоту (підвищення дози азоту не впливає на вміст клейковини в зерні низьковрожайних рослин). При низькій дозі N накопичення вуглеводів у високоврожайних генотипах було значно більшим, ніж у низьковрожайних, що може пояснити низьку концентрацію гліадинів і глютенінів у їх зерні. Більший вміст глютену, виявлений у високоврожайних генотипах, вирощених за високого удобрення азотом у поточній роботі, повинен бути пов'язаний із підвищеним поглинанням азоту та/або ремобілізацією азоту в зерно в цих генотипах [18].

Крім того, оскільки це відносно пізній внесок N (після цвітіння), здатність рослини використовувати цей N для виробництва більшої кількості зерна обмежена, використовуючи його для синтезу резервних білків. На відношення гліадину до глютеніну не вплинула обробка N, якщо розглядати всі генотипи в цілому (хоча співвідношення зменшувалося при високому N у

генотипах 6 і 9), що вказує на те, що ця ознака контролюється генетично. Ці результати узгоджуються з результатами інших вчених, які виявили, що на це співвідношення впливає лише сорт. У літературі є приклади збільшення, зменшення та відсутності змін співвідношення гліадину до глютеніну у відповідь на високий рівень азоту [19].

Концентрації неструктурних вуглеводів у зерні твердої пшениці сильно залежали від дози азоту та генотипу. Розчинні цукри (глюкоза, мальтоза та сахароза) були більш поширені в зерні при високому, ніж при низькому застосуванні N. Навпаки, концентрація крохмалю зменшувалася зі збільшенням доступності N. Можна зробити висновок, що при обробці з високим вмістом азоту вуглеводи зерна, як правило, зберігаються як моно- та дисахариди (глюкоза, сахароза та мальтоза), а не як крохмаль, що свідчить про уповільнений синтез крохмалю [20].

Результати досліджень свідчать, що кількість крохмалю в рисі може бути збільшена завдяки помірному зниженню азоту. Крохмаль у зерні кукурудзи негативно корелює з наявністю азоту, тоді як реакція глюкози та фруктози в качанах кукурудзи на надходження азоту була протилежною [21].

Подібним чином інші вчені повідомили, що азотні добрива збільшують розчинні вуглеводи, головним чином сахарозу, у цукровому сорго. Висока доза азоту стимулює біосинтез розчинних цукрів і зменшує їх перетворення на крохмаль. Повідомлялося, що внесення азоту збільшує активність транслокації тріозо-фосфату/фосфату, а також сахарозо-фосфатсинтазу 1 (ZmSps1), що призводить до більшого потоку C до синтезу сахарози, ніж до накопичення крохмалю в листках кукурудзи [22]. Концентрація полісахаридів, гексоз і дисахаридів у зерні твердої пшениці була вищою у високоврожайних генотипів при обох дозах азоту. Можна припустити вищу фотосинтетичну здатність їх листя та фіксацію C до вуглеводів у цих генотипів.

Щодо технологічної якості пшениці твердих сортів немає доказів того,

що збільшення вмісту розчинних цукрів впливає на її придатність для виготовлення макаронних виробів. З іншого боку, це може негативно вплинути на те, наскільки високоякісними є отримані макарони, оскільки збільшення вмісту розчинних цукрів підвищує глікемічний індекс. Слід враховувати, що макарони вважаються продуктом харчування з низьким глікемічним індексом [23].

Отже, застосування азотних добрив значно впливає на врожайність і якість зерна пшениці твердої. При цьому їх ефективність сильно змінюється від цілої низки чинників. Враховуючи постійну селекцію нових сортів і зміну кліматичних умов, є необхідність проведення досліджень щодо ефективності удобрення. Тому проведені дослідження є актуальними.

РОЗДІЛ 2

ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідження проводили упродовж 2022–2023 рр. на кафедрі рослинництва. У дослідженнях вирощували сорт пшениці твердої озимої МПП Лакомка.

Загальна характеристика. Різновид – валенсія. Колос циліндричний, середньої довжини, опушений, середньощільний. Зерно середнє (маса 1000 зерен – 38,2 г), склоподібне, янтарно-світле, видовженої форми. Сорт середньостиглий, короткостебельний (88,1 см), стійкий до вилягання. Формула гліадину 513Т+11.

Врожайність. Середня врожайність за роки конкурсних випробувань (2016–2020 рр.) за сидеральною парою становила 8,8 т/га. Потенціал зернової продуктивності – 12,7 т/га.

Якість зерна та макаронів. За якістю зерна відповідає вимогам ДСТУ на тверду пшеницю: склоподібність – 91%, натура – 803 г/л, вміст білка у зерні – 14,77%, клейковини II групи якості – 24,0%, число падіння – 429 с. Макаронно-круп'яні якості добрі.

РОЗДІЛ 3

УМОВИ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Ґрунтові умови

Дослідження проводили у тривалому досліді кафедри агрохімії і ґрунтознавства Уманського національного університету садівництва. Тип ґрунту чорнозем опідзолений важко суглинковий. Параметри родючості цього ґрунту перед закладанням досліді були середніми за основними фізико-хімічними показниками. Тип ґрунту сприятливий для проведення агрохімічних досліджень.

3.2 Погодні умови

За 2022 р. випало 479 мм опадів, що було на 25 % менше порівняно з середнім багаторічним показником. Температура повітря була вищою порівняно з середньо багаторічною і 2023 р. Кількість опадів у 2023 р. була більшою порівняно з 2022 р. – 655,7 мм. Температура повітря була в межах середньо багаторічної.

У цілому погодні умови були сприятливими для росту і розвитку рослин пшениці твердої озимої. Аналізування впливу погодних умов за роками проведення досліджень на продуктивність пшениці озимої представлено в результатах кваліфікаційної роботи.

3.3 Схема досліді

Дослід одночасно розгорнутий на чотирьох полях, що дає змогу щорічно отримувати урожайність усіх культур сівозміни (пшениця озима, кукурудза, ячмінь ярий, соя). Повторення досліді триразове. Площа облікової ділянки

25 м². У варіанті дослідів виробничого контролю (N₁₅₀P₆₀K₈₀) доза добрив розрахована за господарським винесенням основних елементів живлення культурами сівозміни. Схему дослідів було складено так, щоб за результатами проведених досліджень можна визначити доцільність зниження доз окремих видів мінеральних добрив і встановити оптимальне їх поєднання як у сівозміні, так і під окремі культури.

Схема застосування добрив у польовій сівозміні включала варіанти: без застосування добрив, фосфорно-калійну систему, азотно-калійну, азотно-фосфорну та неповне повернення фосфорних і калійних добрив у складі повного мінерального добрива. Нетоварну частину врожаю культур сівозміни залишали на полі.

3.4 Агротехнологія культури

Агротехнологія пшениці твердої озимої включала проведення лущення стерні сої у два сліди після її збирання. Відповідно до схеми дослідів фосфорні та калійні добрива вносили під зяблевий обробіток ґрунту, азотні – в підживлення в II–III декадах січня. Сівбу проводили у II–III декадах жовтня. У фазу початку виходу рослин у трубку застосовували гербіцид з фунгіцидом. Збирання проводили прямим комбайнуванням у III декаді липня.

3.5 Методи проведення досліджень

Урожайність визначали прямим комбайнуванням, вміст білка – за ДСТУ 4117:2007, вміст клейковини – за ДСТУ ISO 21415–1:2009. Групування коефіцієнта варіювання здійснювали за такими градаціями: 0–10 % – незначне, 10–20 – невелике, 20–40 – середнє, 40–60 – велике, ≥ 60 % – дуже

РОЗДІЛ 4

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Пшениця є однією з основних злакових культур у світі. За останні три роки світове виробництво пшениці досягло 671–713 млн т, що становить приблизно 26% від загального виробництва зернових [24]. Пшениця також є основною злаковою культурою в Європі. Провідними виробниками пшениці, що становить близько 70 % виробництва пшениці в Європі, є росія, Франція, Німеччина, Великобританія, Україна та Польща [25]. Провідний статус Європи у виробництві пшениці можна пояснити великими площами під пшеницею, а також високим потенціалом урожайності. Середня врожайність пшениці в Європі на 20% вища, ніж у Північній Америці та Азії, і на 40–45% вища, ніж у Південній Америці та Африці [26]. Пшениця тверда озима – основна сировина для виробництва макаронних і круп'яних виробів. Основним чинником збільшення виробництва пшениці є внесення добрив. Пшениця озима на 1 т зерна та відповідну кількість соломи поглинає 15–26 кг азоту, 2–7 – фосфору та 11–22 кг калію. У виробництві сільськогосподарські культури можуть бути ефективно забезпечені вищевказаними кількостями елементів живлення лише за умови внесення в ґрунт добрив [6]. Тому розроблення системи удобрення пшениці озимої для підвищення її продуктивності є актуальним.

Пшениця найкраще реагує на застосування азотної складової повного мінерального добрива. Застосування азотних добрив істотно впливає на ріст і розвиток рослин пшениці [27]. Крім цього, добрива можуть змінювати стійкість рослин пшениці до ураження хворобами. При цьому стійкість до хвороб може зростати, оскільки за поліпшення умов живлення покращується ріст рослин.

Ефективність застосування добрив і продуктивність пшениці істотно залежить від абіотичних і біотичних чинників навколишнього природного

середовища. При цьому застосування добрив може знижувати негативну дію окремих несприятливих чинників [28].

Найвищу ефективність має застосування азотних добрив у ґрунт. Альтернативний метод, такий як позакореневе підживлення, ефективний лише для усунення дефіциту поживних речовин у рослині. Основним прийомом забезпечення рослин мікроелементами може бути позакореневе підживлення. Позакореневе підживлення покращує доступність елементів живлення, зменшує витрати на підживлення, зменшує стікання добрив і мінімізує евтрофікацію, що є життєво важливим екологічним чинником в умовах скорочення біорізноманіття сільськогосподарських екосистем [29]. За нормальних сільськогосподарських умов позакореневе підживлення посівів пшениці макро- і мікроелементами підвищує врожайність зерна від 2–13% навіть до 30–40% %. Проте в сільськогосподарській практиці позакореневі добрива зазвичай відрізняються за хімічним складом (макроелементи, мікроелементи), формою (хелати, солі) і кількістю застосувань.

У дослідженнях [30] підвищення інтенсивності технології вирощування пшениці озимої призвело до значного збільшення врожайності зерна та його якості. Зерно пшениці за високозатратною технологією характеризувалося більшою часткою фракцій гліадинів і глютенінів та їх субодиниць, без диференціації фракцій альбумінів і глобулінів. Зменшення сумарних опадів у період формування та досягання зерна призводило до зниження врожаю зерна та підвищення показників якості зерна.

Надмірна кількість опадів у напівзасушливих районах призводила до зниження еластичності глютену. Застосування азотних добрив збільшували вміст білка та зменшували масу тисячі зерен. Азотні добрива в умовах з достатньою кількістю опадів збільшували вміст білка та масу 1000 зерен. При цьому реалізація потенціалу продуктивності достовірно залежала від селекційно-генетичних особливостей сорту пшениці твердої [31].

Нині актуальним є вивчення питання оптимального строку застосування

азотних добрив на посівах пшениці озимої. У зв'язку з цим проведено низку досліджень щодо застосування азотних добрив з інгібіторами нітрифікації. У центральній Італії рекомендований час для першого підживлення пшениці твердої азотом – між кінцем кушіння і початком виходу рослин у трубку. Це тому, що диференціація першого ініційованого колоска починається до того, як перший вузол стає помітним. Коли стає видно подовження міжвузлів стебла, розмір колоска за кількістю колосків уже сформований [32]. Через зміну клімату сильніші та частіші опади можуть призвести до надмірного зволоження ґрунту, тому внесення добрив слід відкласти. Затримка внесення азотних добрив може негативно вплинути на врожайність, перешкоджаючи деяким детермінантам врожайності на ранніх стадіях росту, таким як формування площі листків і кількість зерен на одиниці площі.

Ефективність використання азоту добрив залежить від пшеницю тверду залежить від його дози. За умови застосування дози азотних добрив, що перевищує біологічну потребу, ефективність використання його буде низькою. Проте за умови застосування азотних добрив з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов і потенціалу сорту, ефективність їх може бути високою [33]. Отже, у системі удобрення пшениці озимої необхідно визначати ефективну дозу азотних добрив з урахуванням цілої низки чинників, які визначають ефективність їх внесення.

Первинне оброблення результатів має вирішальне значення, оскільки підвищується ймовірність отримання достовірних залежностей та закономірностей. Тільки за комплексного статистичного оброблення результатів досліджень можливо отримання якісного прогнозу, висновків і рекомендацій. Відповідно до комплексного аналізу, виявлено неправильний тип розподілення даних, що доведено тестами Колмагорова-Смірнова та графічним методом (рис. 4.1).

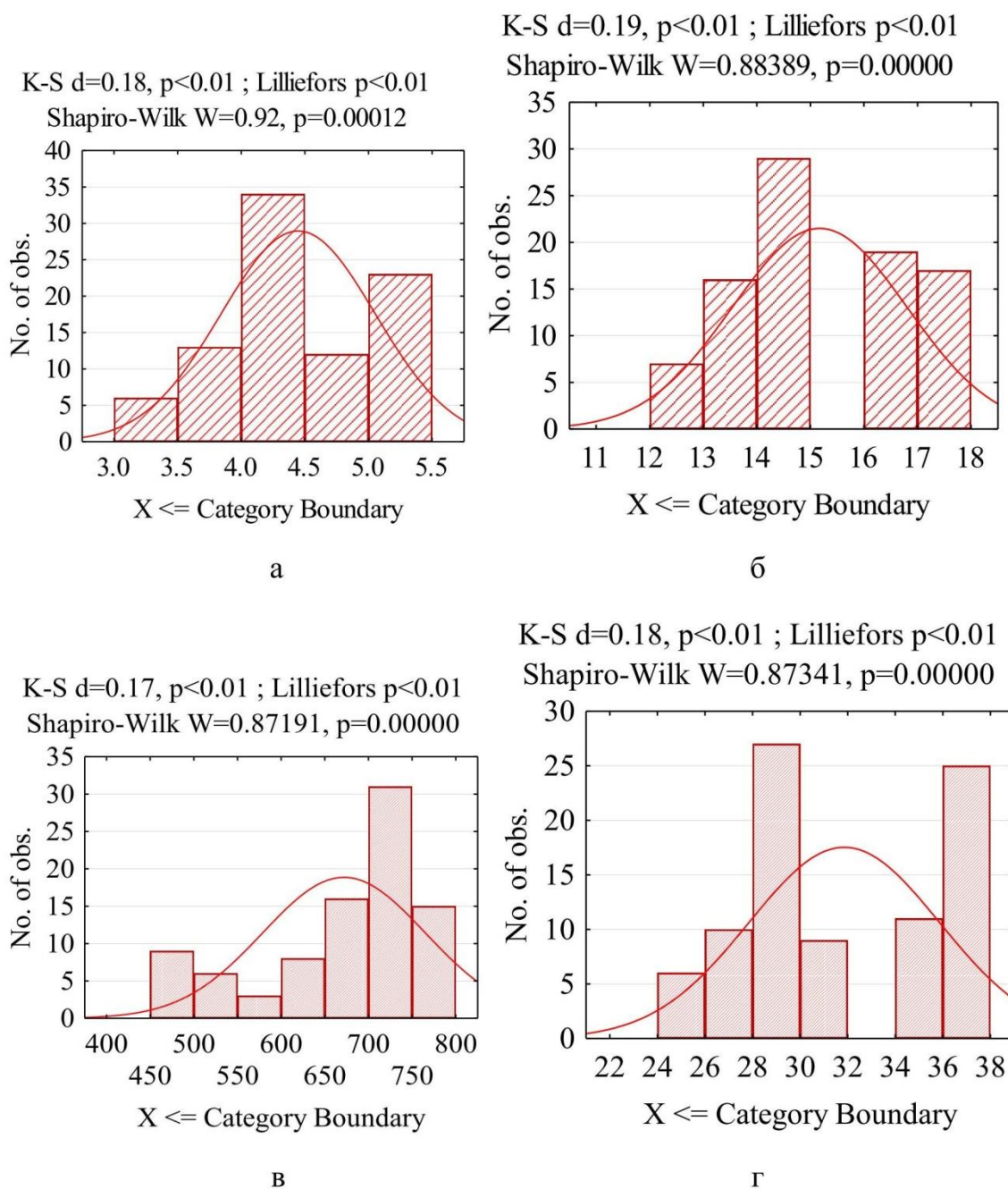


Рис. 4.1 Гістограми розподілення цифрових матеріалів: а – урожайність зерна, т/га; б – вміст протеїну, %; в – збір протеїну, кг/га; г – вміст клейковини

Оскільки данні мають ознаки неправильного розподілення, подальше оброблення здійснено методами непараметричної статистики. Між показниками якості було становлено достовірну кореляційну залежність

(табл. 4.1).

Таблиця 4.1

**Коефіцієнт Спірмана між урожайністю та показниками якості зерна
пшениці твердої озимої**

Показник	Урожайність , т/га	Вміст білка, %	Збір білка, кг/га	Вміст клейковини, %
Урожайність, т/га	—	-0,098620*	0,784834*	-0,325410*
Вміст білка, %	-0,098620*	—	0,449089*	0,923328*
Збір білка, кг/га	0,784336*	0,449089*	—	0,241509*
Вміст клейковини, %	-0,325410*	0,923328*	0,241509*	—

* Marked correlations are significant at $p < 0.05$

Сильні кореляційні зв'язки виявлено між збором білка та врожайністю зерна ($r=0,78$); вмістом білка та вмістом клейковини ($r=0,92$) (рис. 4.2). Проміжні значення показників рекомендовано отримувати за залежностями 1–4.

$$\text{Збір білка, кг/га} = 179.9721 + 110.6256 \times \text{Урожайність, т/га} \quad (1)$$

$$\text{Вміст клейковини, \%} = -4.5967 + 2.4024 \times \text{Вміст білка, \%} \quad (2)$$

$$\text{Урожайність, т/га} = 1.2929 + 0.0047 \times \text{Збір білка, кг/га} \quad (3)$$

$$\text{Вміст білка, \%} = 2.4558 + 0.3992 \times \text{Вміст клейковини, \%} \quad (4)$$

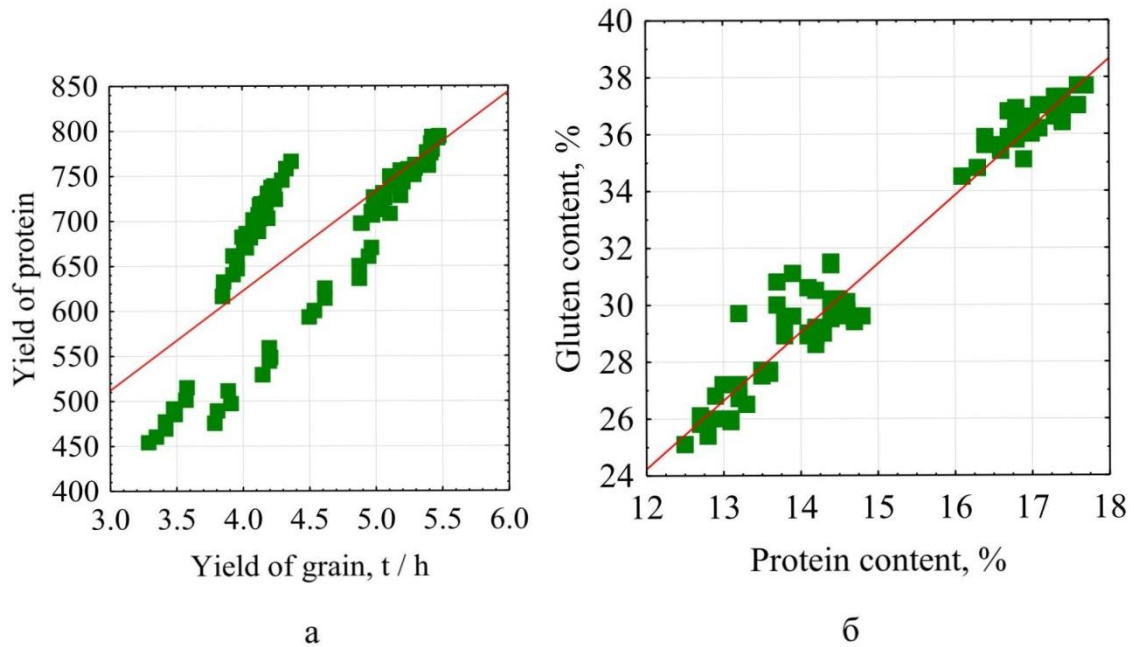


Рис. 4.2 Кореляційна залежність між показниками: а – збір білка та врожайність зерна; б – вміст білка та вміст клейковини

Результати статистичного аналізування свідчать, що досліджені чинники достовірно ($p \leq 0,05$) збільшували елементи продуктивності пшениці твердої озимої (табл. 4.2–4.5). Проте удобрення і погодні умови упродовж вегетаційного періоду мали різну силу впливу. Так, на врожайність зерна, вміст білка та вміст клейковини удобрення і погодні умови мали сильний вплив, оскільки парціальний коефіцієнт був на рівні 0,92–0,99. При цьому на збір білка застосування добрив впливало сильніше порівняно з погодними умовами. Очевидно, що застосування добрив сприяє збільшенню врожайності та підвищенню вмісту білка, що знижує вплив погодних умов на збір білка.

Таблиця 4.2

**Однофакторні тести значущості, розмірів ефекту та сила впливу
досліджених чинників на врожайність зерна пшениці твердої озимої**

Чинник	SS	Degr. of F	MS	F	p	Partial eta-squared
Удобрення	12,59	10,00	1,26	450,54	0,00	0,99
Рік	18,18	1,00	18,18	6507,59	0,00	0,99
Удобрення/рік	1,02	10,00	0,10	36,54	0,00	0,85
Помилка	0,184	66	0,003	—	—	—

Таблиця 4.3

**3. Однофакторні тести значущості, розмірів ефекту та сила впливу
досліджених чинників на вміст білка зерні пшениці твердої озимої**

Чинник	SS	Degr. of F	MS	F	p	Partial eta-squared
Удобрення	69,49	10,00	6,95	76,70	0,00	0,92
Рік	144,59	1,00	144,59	1595,80	0,00	0,96
Удобрення/рік	12,01	10,00	1,20	13,26	0,00	0,67
Помилка	5,98	66,00	0,09	—	—	—

Таблиця 4.4

**4. Однофакторні тести значущості, розмірів ефекту та сила впливу
досліджених чинників на збір з урожаю зерна пшениці твердої озимої**

Чинник	SS	Degr. of F	MS	F	p	Partial eta-squared
Удобрення	714729,82	10,00	71472,98	333,99	0,00	0,98
Рік	12008,91	1,00	12008,91	56,12	0,00	0,46
Удобрення/рік	12665,09	10,00	1266,51	5,92	0,00	0,47
Помилка	14124,00	66,00	214,00	—	—	—

Таблиця 4.5

5. Однофакторні тести значущості, розмірів ефекту та сила впливу досліджених чинників на вміст клейковини у зерні пшениці твердої озимої

Чинник	SS	Degr. of F	MS	F	p	Partial eta-squared
Удобрення	280,54	10,00	28,05	96,64	0,00	0,94
Рік	1066,83	1,00	1066,83	3674,88	0,00	0,98
Удобрення/рік	30,05	10,00	3,01	10,35	0,00	0,61
Помилка	19,16	66,00	0,29	—	—	—

Результати досліджень свідчать, що всі системи удобрення, крім фосфорно-калійної, достовірно збільшували урожайність зерна пшениці твердої озимої порівняно з варіантом без добрив ($p \leq 0,05$). Найнижчу ефективність удобрення встановлено в 2022 р. Так, урожайність зерна пшениці твердої озимої збільшувалась у 1,1–1,2 рази (3,9–4,1 т/га) за тривалого застосування лише азотних добрив. Тривале застосування повного мінерального добрива ($N_{150}P_{60}K_{80}$) достовірно впливало на врожайність зерна (4,3 т/га) порівняно з варіантом N_{150} . Проте врожайність за такого сценарію удобрення була лише на 5 % більшою. Слід відзначити, що парні комбінації застосування добрив, а також тривале застосування систем удобрення з неповним поверненням фосфорних і калійних добрив забезпечували отримання лише на 2–5 % меншу врожайність зерна порівняно з $N_{150}P_{60}K_{80}$.

У варіантах тривалого застосування добрив вона була більшою на 18–28 %. Урожайність збільшувалась у 1,2 рази за тривалого застосування N_{75} і в 1,3 рази у варіанті з N_{150} . Достовірно більшу врожайність (на 4–10 %) забезпечувало тривале застосування азотно-фосфорної системи і варіанти $N_{150}P_{60}K_{80}$, $N_{150}P_{60}K_{40}$, $N_{150}P_{30}K_{80}$ порівняно з тривалим застосуванням N_{150} . Слід відзначити, що застосування $N_{150}P_{60}K_{40}$ і $N_{150}P_{30}K_{80}$ за впливом на

врожайність зерна було на рівні варіанту $N_{150}P_{60}K_{80}$. Парні комбінації застосування добрив за ефективністю були на рівні тривалого застосування $N_{150}P_{30}K_{40}$. Застосування $N_{75}P_{30}K_{40}$ забезпечувало формування лише на 4 % меншу врожайності зерна порівняно з $N_{150}P_{30}K_{40}$. Найменшу врожайність забезпечувало застосування фосфорно-калійної системи удобрення.

Таблиця 4.6

**Урожайність і якість зерна пшениці твердої озимої залежно від
удобрення, 2022–2023 рр.**

Варіант дослідів	Показник			
	Урожайність, т/га	Вміст білка, %	Вміст клейковини, %	Збір білка з урожаю зерна, кг/га
Без добрив (контроль)	3,83	12,6	26,5	477
N_{75}	4,45	14,2	30,1	627
N_{150}	4,66	14,9	31,9	689
$P_{60}K_{80}$	4,13	12,6	26,6	516
$N_{150}K_{80}$	4,71	15,1	32,3	707
$N_{150}P_{60}$	4,87	15,2	32,3	735
$N_{75}P_{30}K_{40}$	4,65	14,4	30,7	662
$N_{150}P_{60}K_{80}$	5,00	15,4	32,9	764
$N_{150}P_{30}K_{40}$	4,81	15,2	32,5	724
$N_{150}P_{60}K_{40}$	4,94	15,3	32,3	746
$N_{150}P_{30}K_{80}$	4,84	15,3	32,4	733

На вміст білка найбільше впливала азотна складова з повного мінерального добрива. Усі варіанти із застосуванням азотних добрив достовірно збільшували вміст білка в зерні. Так, цей показник зростав на 4–26 % порівняно з ділянками без добрив залежно від варіанту дослідів. Так, усі системи удобрення, крім фосфорно-калійної, достовірно впливали на зростання вмісту білка в зерні пшениці твердої озимої. Слід відзначити, що застосування подвійної дози азотних добрив (N_{150}) у складі повного мінерального добрива достовірно збільшувало вміст білка порівняно з тривалим застосуванням N_{75} . Вміст білка зростав на 18 % за внесення N_{75} , на 21 % за внесення $N_{75}P_{30}K_{40}$. Застосування N_{150} збільшувало вміст білка на

23 %, а варіанти з повним мінеральним добривом – на 25–26 % порівняно з ділянками без добрив.

Тривале застосування мінеральних добрив у польовій сівозміні достовірно збільшувало збір білка з урожаю зерна пшениці твердої озимої порівняно з варіантом без добрив. Тривале застосування N_{75} збільшувало збір білка в 1,2 рази, а $N_{75}P_{30}K_{40}$ – у 1,3 рази порівняно з контролем. За азотно-калійної та азотно-фосфорної системи удобрення збір білка був у 1,5 рази більшим. Застосування найбільшої дози азотних добрив на фосфорно-калійному тлі був у 1,5–1,6 рази більшим. Застосування фосфорно-калійної системи удобрення найменше впливало на збір білка з урожаю зерна пшениці твердої озимої.

Слід відзначити, що всі системи удобрення, які містили азотну складову, достовірно підвищували вміст клейковини у зерні впродовж років досліджень. У 2022 р. цей показник зростав на 17–19 % у варіантах застосування N_{75} порівняно з варіантом без добрив. У варіантах застосування найбільшої дози азотних добрив вміст клейковини зростав на 22–23 %. У 2023 р. цей показник зростав на 4–6 % за варіантах застосування N_{75} . У варіантах із застосуванням N_{150} вміст клейковини зростав на 14–15 %. Застосування фосфорно-калійної системи удобрення впливало на цей показник не достовірно.

Отже, внесення азотних добрив є ефективним способом підвищення якості зерна без зниження врожайності пшениці твердої озимої. Проте отримані результати можна застосовувати для умов, подібних Правобережному Лісостепу України. За умови зміни окремих елементів погоди вплив систем удобрення на продуктивність пшениці твердої озимої може змінюватись. Це необхідно враховувати для проведення досліджень в інших ґрунтово-кліматичних умовах. Крім цього, вирощування продуктивніших сортів цієї культури також буде змінювати ефективність застосування добрив.

РОЗДІЛ 6

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

Економічні показники ефективності удобрення пшениці озимої наведено в табл. 5.1.

Таблиця 5.1

Економічна ефективність удобрення пшениці твердої озимої

Варіант досліджу	Показник				
	Приріст урожаю, т/га	Вартість продукції, тис грн/га	Витрати на удобрення, тис грн/га	Умовно чистий прибуток, тис грн/га	Рівень рентабельності, %
N ₇₅	0,62	5,0	3,0	1,9	63
N ₁₅₀	0,83	6,6	7,9	-1,2	-16
P ₆₀ K ₈₀	0,30	2,4	6,2	-3,8	-61
N ₁₅₀ K ₈₀	0,88	7,0	10,5	-3,4	-33
N ₁₅₀ P ₆₀	1,04	8,3	13,3	-5,0	-37
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	0,82	6,6	7,0	-0,5	-7
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	1,17	9,4	15,9	-6,5	-41
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	0,98	7,8	11,9	-4,0	-34
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	1,11	8,9	14,6	-5,7	-39
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	1,01	8,1	13,2	-5,1	-39

Вартість 1 т зерна пшениці м'якої озимої приймали за 8,0 тис. грн, 1 т аміачної селітри – 17,5 тис грн., 1 т суперфосфату простого – 18,0 т калію хлористого – 19,3 тис. грн. За таких параметрів цін економічна ефективність змінювалась залежно від системи удобрення пшениці твердої озимої.

Встановлено, що економічно доцільним було лише застосування азотної ситами удобрення N₇₅ з чистим прибутком на рівні 1,9 тис. грн/га. Решта

систем удобрення були економічно неефективними. Це зумовлено високою вартістю добрив і нижчою реакцією пшениці твердої на застосування добрив.

Отже, в системі удобрення пшениці твердої озимої за економічної ситуації на ринку України у 2023 р. ефективним є застосування лише 75 кг/га д. р. азотних добрив.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

6.1 Організація умов і заходів з охорони праці та моделювання виробничих небезпек за вирощування пшениці м'якої озимої

Мінеральні добрива, регулятори росту рослин, пестициди, знешкоджуючі та інші хімічні речовини широко увійшли в практику рослинництва. Їх застосування дає можливість стабільно отримувати високі врожаї. Проте всі ці речовини в тій чи іншій мірі небезпечні для людини і навколишнього середовища. Неправильне застосування або неграмотне поводження з ними завдає величезної, часто непоправної шкоди не тільки працюючим з ними, але й іншим людям, тваринному і рослинному світу, ґрунту, атмосфері.

Вимоги до виробництва, транспортування, торгівлі, зберігання, застосування, утилізації, знищення та знешкодження пестицидів і агрохімікатів встановлені Законом України «Про пестициди та агрохімікати».

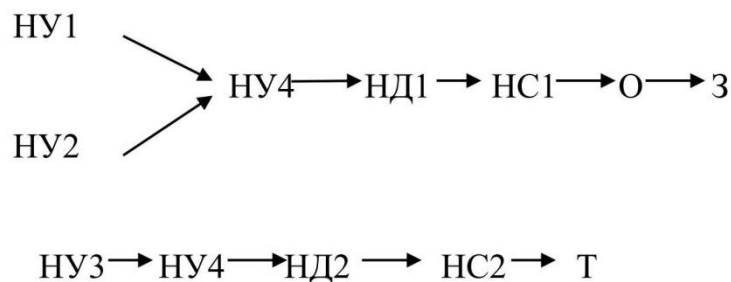
Основні шляхи профілактики отруєнь пестицидами і мінеральними добривами: дотримання норм, правил та інструкцій з охорони праці при роботі з ними; застосування засобів колективного та індивідуального захисту працюючих; суворе дотримання агротехніки, кратності обробок посівів і норм витрати хімічних препаратів; проведення хімічних обробок на достатньому віддаленні від населених пунктів, скотарень, водойм, при дозволених швидкостях вітру; витримування термінів останньої обробки рослин до збору врожаю; застосування тільки досить вивчених, дозволених препаратів. Хороші результати щодо поліпшення умов праці дає застосування пестицидів (навіть високотоксичних) у формі гранул.

Під час проведення агротехнологічних робіт щодо вирощування

пшениці м'якої ярої може виникнути ситуація, яка виражена в такій моделі:

- НУ1 (небезпечна умова) – пил від добрив,
- НУ2 – пил від ґрунту,
- НУ3 – несправність агрегату,
- НУ4 – не проведено навчання і інструктажу з питань охорони праці,
- НД1 – механізатор працює без засобів індивідуального захисту,
- НД2 – тракторист проводить очистку МВУ-0,5 під час включеного двигуна,
- НС1 – потрапляння пилу від добрив і ґрунту в зону дихання механізатора,
- НС2 – самовільний рух трактора,
- О (отруєння) – отруєння пилом добрив,
- З (захворювання) – захворювання органів дихання,
- Т – травма механізатора.

Модель процесу



Отже, такі організаційні заходи сприяють високоякісному проведенню робіт і запобіганню травмування механізаторів, які працюють під час застосування мінеральних добрив. Рекомендується продовжити підтримувати проведення заходів з питань техніки безпеки.

6.2 Охорона навколишнього природного середовища під час вирощування пшениці м'якої ярої

Сільськогосподарське виробництво впливає на систему інших екологічних складових навколишнього природного середовища – воду та атмосферне повітря. Так, застосування мінеральних добрив, а також засобів захисту рослин від шкідників і хвороб сільськогосподарських рослин сприяє частковому попаданню їх у воду. За даними Міністерства екології та природних ресурсів України, у 2011 р. разом із стічними водами до поверхневих водних об'єктів надійшло: 42,4 тис. тонн завислих речовин; 403,4 тонн нафтопродуктів; 801,2 тис. тонн сульфатів; 637,6 тис. тонн хлоридів; 9,1 тис. тонн азоту амонійного; 57,9 тис. тонн нітратів; 2,2 тис. тонн нітритів; 271,4 тонн СПАР; 735,7 тонн заліза; 7,5 тис. тонн фосфатів. У 2011 р. підприємства сільського господарства скинули 84 млн м³ забруднених стічних вод, що на 11,9 % більше порівняно з 2010 р.

Використання сільськогосподарської техніки у польових роботах, а також під час транспортування продукції і сировини спричиняє викидання забруднювальних речовин в атмосферу, що впливає на стан повітря.

В Україні діє низка законодавчих актів, у яких передбачено механізми стимулювання підприємств до раціонального, екологічно безпечного використання, задіяних у виробництві ресурсів, у т.ч. й у сфері сільського господарства. Це, насамперед, Земельний, Водний та Повітряний кодекси України, Закони України «Про охорону навколишнього природного середовища», «Про охорону земель», «Про охорону атмосферного повітря» тощо.

Враховуючи ці положення агротехнологія пшениці ярої спричиняє попаданню в атмосферу не типових речовин для живої природи. Проте застосування азотних добрив екологічно безпечно, оскільки загальна площа внесення становила 0,15 га. Проте застосування засобів захисту очевидно не

ВИСНОВКИ

Тривале застосування добрив, крім фосфорно-калійної системи, у польовій сівозміні достовірно впливає на формування врожаю пшениці твердої озимої. Найвищу ефективність мають системи удобрення з азотною складовою. Фосфорно-калійні добрива найменше впливають на врожайність і якість зерна пшениці твердої озимої.

Ефективність застосування добрив змінюється залежно від погодних умов вегетаційного періоду. Так, у менш сприятливих умовах росту урожайність зростає від 3,4 до 3,5–4,3 т/га, а в кращих – від 3,9 до 4,2–5,5 т/га ($p \leq 0,05$).

В умовах високої температури повітря і меншої кількості опадів усі системи удобрення з азотною складовою достовірно впливали на вміст білка та клейковини у зерні. Вміст білка зростає від 13,8 до 16,3–17,4 % залежно від системи удобрення, а його збір від 465 до 636–750 кг/га ($p \leq 0,05$). В умовах достатнього зволоження достовірний вплив мали системи удобрення із застосуванням N_{150} . Вміст білка за такого сценарію зростає від 12,8 до 14,4 %, а його збір від 493 до 785 кг/га ($p \leq 0,05$). Тривале застосування фосфорно-калійних добрив достовірно не впливало на якість зерна пшениці твердої озимої.

Вміст клейковини змінюється подібно до вмісту білка залежно від системи удобрення. Так, у 2022 р. вміст клейковини зростає від 30,2 до 35,2–37,1 %, а в 2023 р. – від 30,2 до 36,7–37,1 % ($p \leq 0,05$) залежно від системи удобрення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. González-Torralba, J.; Arazuri, S.; Jarén, C.; Arregui, L.M. Stable quality traits of soft Winter wheat under nonlimiting nitrogen conditions. *Crop Sci.* 2011, 51, 2820–2828. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
2. Abedi, T.; Alemzadeh, A.; Abdolreza Kazemeini, S. Wheat yield and grain protein response to nitrogen amount and timing. *Aust. J. Crop Sci.* 2011, 5, 330–336. [[Google Scholar](#)]
3. Makowska, A.; Obuchowski, W.; Sulewka, H.; Koziara, W.; Paschke, H. Effect of nitrogen fertilization of durum wheat varieties on some characteristics important for pasta production. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.* 2008, 7, 29–39. [[Google Scholar](#)]
4. Wingler, A.; Mares, M.; Pourtau, N. Spatial patterns and metabolic regulation of photosynthetic parameters during senescence. *New Phytol.* 2004, 161, 781–789. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
5. Wu, Y.; Zhao, B.; Li, Q.; Kong, F.; Du, L.; Zhou, F.; Shi, H.; Ke, Y.; Liu, Q.; Feng, D.; et al. Non-structural carbohydrates in maize with different nitrogen tolerance are affected by nitrogen addition. *PLoS ONE* 2019, 14, e0225753. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
6. Bala, S.; Asthir, B.; Bains, N.S. Activities of cell wall peroxidises in relation to lignifications in six wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes under heat and drought stress. *J. Environ. Biol.* 2016, 37, 437–442. [[Google Scholar](#)]
7. Pan, J. Effect of Nitrogen on Characteristics of Accumulation and Translocation of Nonstructural Carbohydrates in Stems and Their Genetic Basis; Huazhong Agricultural University: Wuhan, China, 2010. (In Chinese) [[Google Scholar](#)]
8. Svecnjak, Z.; Jenel, M.; Bujan, M.; Vitali, D.; Dragojevic, I.V. Trace element concentrations in the grain of wheat cultivars affected by nitrogen fertilization. *Agric. Food Sci.* 2013, 22, 445–451. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)][[Green Version](#)]

9. Ma, D.; Zhang, J.; Hou, J.; Li, Y.; Huang, X.; Wang, C.; Lu, H.; Zhu, Y.; Guo, T. Evaluation of yield, processing quality and nutritional quality in different-colored wheat grains under nitrogen and phosphorus fertilizer application. *Crop Sci.* 2018, 58, 402–415. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
10. Singh, B.R.; Timsina, Y.N.; Lind, O.C.; Cagno, S.; Janssens, K. Zinc and iron concentration as affected by nitrogen fertilization and their localization in wheat grain. *Front. Plant Sci.* 2018, 9, 307. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)][[Green Version](#)]
11. Smith, E.G.; Janzen, H.H.; Ellert, B.H. Effect of fertilizer and cropping system on grain nutrient concentrations in spring wheat. *Can. J. Plant Sci.* 2018, 98, 125–131. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
12. Shahidi, F.; Ambigaipalan, P. Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects-A review. *J. Funct. Foods* 2015, 18, 820–897. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
13. Ma, D.; Sun, D.; Li, Y.; Wang, C.; Xie, Y.; Guo, T. Effect of nitrogen fertilization and irrigation on phenolic content, phenolic acid, composition and antioxidant activity of winter wheat grain. *J. Sci. Food Agric.* 2015, 95, 1039–1046. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
14. Zhou, K.; Su, L.; Yu, L.L. Phytochemicals and antioxidant properties in wheat bran. *J. Agric. Food. Chem.* 2004, 52, 6108–6114. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
15. Okarter, N.; Liu, C.S.; Sorrells, M.E.; Liu, R.H. Phytochemical content and antioxidant activity of six diverse varieties of whole wheat. *Food Chem.* 2010, 119, 249–257. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
16. Klikocha, H.; Cybulska, M.; Barczak, B.; Narolski, B.; Szostak, B.; Kobialka, A.; Nowak, A.; Wojcik, E. The effect of sulphur and nitrogen fertilization on grain yield and technological quality of spring wheat. *Plant Soil Environ.* 2016, 62, 230–236. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)][[Green Version](#)]

17. Bielski, S.; Romanekas, K.; Sarauskis, E. Impact of nitrogen and boron fertilization on winter triticale productivity parameters. *Agronomy* 2020, 10, 279. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)][[Green Version](#)]
18. Xu, A.; Li, L.; Xie, J.; Wang, X.; Coulter, J.A.; Liu, C.; Wang, L. Effect of long-term nitrogen addition on wheat yield, nitrogen use efficiency and residual soil nitrate in a semiarid area of the Loess Plateau of China. *Sustainability* 2020, 12, 1735. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)][[Green Version](#)]
19. Nakano, H.; Morita, S.; Kusuda, O. Effect of nitrogen application rate and timing on grain yield and protein content of the bread wheat cultivar ‘Minaminokaori’ in southwestern Japan. *Plant Prod. Sci.* 2008, 11, 151–157. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
20. Li, C.; Cao, W.; Dai, T. Dynamic characteristics of floret primordium development in wheat. *Field Crop Res.* 2001, 71, 71–76. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
21. Garrido-Lestache, E.; López-Bellido, R.J.; López-Bellido, L. Durum wheat quality under Mediterranean conditions as affected by N rate, timing and splitting, N form and S fertilization. *Eur. J. Agron.* 2005, 23, 265–278. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
22. Visioli, G.; Bonas, U.; Dal Cortivo, C.; Pasini, G.; Marmiroli, N.; Mosca, G.; Vamerali, T. Variations in yield and gluten proteins in durum wheat varieties under late season foliar versus soil application of nitrogen fertilizer in a northern Mediterranean environment. *J. Sci. Food Agric.* 2018, 98, 2360–2369. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)][[Green Version](#)]
23. Blandino, M.; Vaccino, P.; Reyneri, A. Late-season nitrogen increases improver common and durum wheat quality. *Agron. J.* 2015, 107, 680–690. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)][[Green Version](#)]
24. Belete, F.; Dechassa, N.; Molla, A.; Tana, T. Effect of nitrogen fertilizer rates on grain yield and nitrogen uptake and use efficiency of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties on the vertisols of central highlands of

- Ethiopia. *Agric. Food Secur.* 2018, 7, 1–12. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
25. Lopez-Bellido, R.; Shepherd, C.; Barraclough, P. Predicting post-anthesis N requirements of bread wheat with a Minolta SPAD meter. *Eur. J. Agron.* 2004, 20, 313–320. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
 26. Ye, Y.; Liang, X.; Chen, Y.; Li, L.; Ji, Y.; Zhu, C. Carbon, nitrogen and phosphorus accumulation and partitioning, and C:N:P stoichiometry in late season rice under different water and nitrogen managements. *PLoS ONE* 2014, 9, e101776. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
 27. Yan, W.; Zhong, Y.; Shangguan, Z. The relationships and sensibility of wheat C:N:P stoichiometry and water use efficiency under nitrogen fertilization. *Plant Soil Environ.* 2015, 61, 201–207. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
 28. Haile, D.; Nigussie, D.; Ayana, A. Nitrogen use efficiency of bread wheat: Effects of nitrogen rate and time of application. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 2012, 12, 389–409. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
 29. Ierna, A.; Lombardos, G.M.; Mauromicale, G. Yield, nitrogen use efficiency and grain quality in durum wheat as affected by nitrogen. *Exp. Agric.* 2016, 52, 314–329. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
 30. Zadeh, A.N.; Amiri, E.; Shariffar, A.; Tayefe, M.; Hashemi, S.A. Effect of chemical and biological fertilizer on rice yield, growth and quality in paddy soil of Guilan province (Iran). *J. Biodivers. Environ. Sci.* 2013, 3, 61–68. [[Google Scholar](#)]
 31. Ning, P.; Peng, Y.; Fritschi, F.B. Carbohydrate dynamics in maize leaves and developing ears in response to nitrogen application. *Agronomy* 2018, 8, 302. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)][[Green Version](#)]
 32. Galani, H.N.; Lomte, M.H.; Choudhari, S.D. Juice yield and brix as affected by genotype, plant density and N levels in high-energy sorghum. *Bharatiy Sugar* 1991, 16, 23–24. [[Google Scholar](#)]
 33. Almodares, A.; Jafarinia, M.; Hadi, M.R. The effects of nitrogen fertilizer on

- chemical compositions in corn and sweet sorghum. *Am-Eurasian J. Agric. Environ. Sci.* 2009, 6, 441–446. [[Google Scholar](#)]
34. Chiavaroli, L.; Kendall, C.W.C.; Braunstein, C.R.; Blanco Mejia, S.; Leiter, L.A.; Jenkins, D.J.A.; Sievenpiper, J.L. Effect of pasta in the context of low-glycaemic index dietary patterns on body weight and markers of adiposity: A systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials in adults. *BMJ Open* 2018, 8, e019438. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)][[Green Version](#)]
35. Wieser, H.; Kieffer, R. Correlations of the amount of gluten protein types to the technological properties of wheat flours determined on a micro-scale. *J. Cereal Sci.* 2001, 34, 19–27. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
36. Zhang, P.; He, Z.; Chen, D.; Zhanga, Y.; Larroquee, O.R.; Xia, X. Contribution of common wheat protein fractions to dough properties and quality of northern-style Chinese steamed bread. *J. Cereal Sci.* 2007, 46, 1–10. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
37. Li, Y.Q.; Zhu, R.J.; Tian, J.C. Influence of wheat protein contents and fractions on dough rheological properties as determined by using a reconstitution method. *Agric. Sci. China* 2008, 7, 395–404. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
38. Stepien, A.; Wojtkowiak, K. Composition of gluten proteins in spring and winter wheat grain cultivated under conditions of varied fertilization. *Acta Agric. Scand. B Soil Plant Sci.* 2013, 63, 588–594. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
39. Altenbach, S.B.; Tanaka, C.K.; Hurkman, W.J.; Whitehand, L.C.; Vensel, W.H.; Dupont, F.M. Differential effects of a post-anthesis fertilizer regimen on the wheat flour proteome determined by quantitative 2-DE. *Proteome Sci.* 2011, 9, 46. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)][[Green Version](#)]