



УДК 631.527.5:633.11

DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.12.2025.27>

ПРОДУКТИВНІСТЬ СОРТІВ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД РІВНЯ АЗОТНОГО ПІДЖИВЛЕННЯ НА ПІВДНІ УКРАЇНИ

А. В. Шепель¹

У сучасних аграрних умовах України, особливо в Південному регіоні, де спостерігається нестабільність кліматичних умов, посухи, дефіцит ґрунтової вологи та високі температури, постає необхідність удосконалення технологій вирощування пшениці озимої як провідної зернової культури.

Раціональне застосування мінерального живлення, зокрема азотних добрив, є ключовим фактором, що визначає рівень урожайності та якості зерна. Проте сучасна практика показує, що загальні підходи до удобрення часто не враховують сортових особливостей культур, їхньої реакції на азотне живлення і адаптивність до специфічних умов регіону. У цьому контексті актуальним є визначення оптимального рівня азотного підживлення для поширених сортів пшениці озимої, здатного забезпечити максимальну продуктивність за умов Півдня України.

Метою дослідження є встановлення впливу різних рівнів азотного підживлення на продуктивність поширених сортів пшениці озимої в агрокліматичних умовах Південного регіону України, з метою визначення найбільш ефективних агротехнічних прийомів для підвищення врожайності та покращення якості зерна.

Методи аналізу проблеми включали польові дослідження на дослідних ділянках із застосуванням різних норм унесення азотних добрив (від нульового фону до підвищених, у сучасних умовах, доз), аналіз біометричних показників рослин, визначення врожайності, лабораторне дослідження якісних показників зерна. Статистична обробка результатів проводилась із використанням методу дисперсійного аналізу для визначення достовірності отриманих даних.

Результати дослідження засвідчили, що рівень азотного підживлення має значний вплив на формування врожайності пшениці озимої. Встановлено, що для окремих сортів оптимальними є середні дози азоту (N30), які забезпечують високу врожайність за умов помірного зволоження. Зі збільшенням дози добрив до N60 відзначається підвищення показників умісту білка та натюри зерна, однак економічну ефективність такої дози потрібно перевіряти. Найкращі результати щодо продуктивності та якості зерна показали сорти, які поєднують високу потенційну врожайність і адаптивність до стресових умов.

Наукова новизна полягає у виявленні сортоспецифічної реакції на рівень азотного підживлення в неpolивних умовах Південного Степу України, що дозволяє обґрунтувати диференційований підхід до удобрення залежно від біологічних особливостей сорту. Також дослідження дало можливість виявити оптимальні комбінації «сорт – рівень підживлення», які забезпечують найвищу ефективність за врожайністю та якістю.

Практична значущість результатів полягає в тому, що вони можуть бути безпосередньо вико-

¹ кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри землеробства
(Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон)
e-mail: andrey.inessa_shepel@ukr.net
ORCID: 0000-0002-9955-4569

ристані у виробничій практиці аграрними підприємствами Південного регіону України, особливо зараз, коли площі зрошуваних земель стрімко зменшились. Запропоновані норми азотного підживлення дозволяють не лише отримувати стабільно високі врожаї, але й забезпечують економічну доцільність використання мінеральних добрив, зменшують собівартість і підвищують конкурентоспроможність продукції.

Ключові слова: пшениця озима, сорти, дози азотного підживлення, урожайність, якість зерна.

PRODUCTIVITY OF WINTER WHEAT VARIETIES DEPENDING ON THE LEVEL OF NITROGEN FERTILIZATION IN THE SOUTH OF UKRAINE

A. V. Shepel

In the current agricultural conditions of Ukraine, particularly in the southern region, where there is instability in climatic conditions, droughts, soil moisture deficits, and high temperatures, there is a need to improve the technologies for growing winter wheat, the leading cereal crop. Rational use of mineral nutrition, especially nitrogen fertilizers, is a key factor determining the yield level and grain quality. However, current practices show that general approaches to fertilization often do not take into account the varietal characteristics of crops, their response to nitrogen nutrition, and adaptability to the specific conditions of the region. In this context, it is crucial to determine the optimal level of nitrogen fertilization for widely used varieties of winter wheat that can ensure maximum productivity in the conditions of Southern Ukraine.

The aim of the research is to establish the impact of different levels of nitrogen fertilization on the productivity of widely used varieties of winter wheat in the agro-climatic conditions of the southern region of Ukraine, with the goal of determining the most effective agronomic practices to increase yield and improve grain quality.

The methods of problem analysis included field studies on experimental plots with the application of different nitrogen fertilizer rates (from zero background to increased modern doses), analysis of biometric indicators of plants, determination of yield, and laboratory analysis of the quality indicators of the grain. Statistical processing of the results was carried out using the method of variance analysis to determine the reliability of the obtained data.

The research results showed that the level of nitrogen fertilization has a significant impact on the formation of winter wheat yield. It was found that for certain varieties, optimal nitrogen doses are medium rates (N_{30}), which provide high yields under moderate moisture conditions. With an increase in the fertilizer dose to N_{60} , there is an increase in protein content and grain density indicators, but the economic efficiency of this dose needs to be verified. The best results for productivity and grain quality were demonstrated by varieties that combine high potential yield and adaptability to stressful conditions.

The scientific novelty lies in identifying the varietal-specific response to the level of nitrogen fertilization in the non-irrigated conditions of the Southern Steppe of Ukraine, which allows for a differentiated approach to fertilization based on the biological characteristics of the variety. The research also allowed for identifying optimal "variety – fertilization level" combinations that provide the highest efficiency in terms of yield and quality.

The practical significance of the results lies in the fact that they can be directly applied in the production practices of agricultural enterprises in the southern region of Ukraine, especially now when the area of irrigated land has been rapidly decreasing. The proposed nitrogen fertilization rates not only allow for obtaining consistently high yields but also ensure the economic feasibility of using mineral fertilizers, reducing production costs, and increasing the competitiveness of the product.

Key words: winter wheat, varieties, nitrogen fertilization rates, yield, grain quality.

Вступ

Пшениця озима є однією з головних зернових культур України, відіграє ключову роль у досягненні продовольчої безпеки країни та формуванні експортного потенціалу. У Південному регіоні України, де, з одного боку, агрокліматичні умови є складними через нестачу вологи, високу температуру та часті посухи, а з іншого – висока тем-

пература сухого повітря забезпечує отримання високоякісного зерна культури, особливо важливо забезпечити максимальну продуктивність посівів завдяки раціональному застосуванню агротехнічних заходів. Одним із найважливіших чинників впливу на врожайність озимої пшениці є азотне підживлення. Водночас надмірне або нераціональне застосування азотних добрив

може призводити до зниження рентабельності виробництва та негативного впливу на довкілля. Тому дослідження оптимальних норм і строків внесення азотних добрив залежно від сортових особливостей пшениці озимої є надзвичайно актуальним для підвищення ефективності виробництва культури в умовах Півдня України. Дослідження науковців (Влашук та ін., 2020), проведене в Інституті зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України, показало, що застосування азотних добрив у дозах N60 – N90 забезпечує підвищення врожайності та покращення якісних показників зерна пшениці озимої в умовах Південного Степу України. Згідно з дослідженням (Лубенець, 2021), проведеним у Дніпровському державному аграрно-економічному університеті, роздільне внесення мінеральних добрив по вегетуючих посівах сприяло збільшенню врожайності пшениці озимої до 5,0 т/га та забезпечило найвищу рентабельність – 148,2%. Дослідження (Попов і Авраменко, 2024) виявило, що осіннє внесення азотних добрив у дозах N30 – N60 після попередника соняшнику сприяло істотному підвищенню врожайності пшениці озимої. Дослідження (Золотухіна, 2015) присвячені вивченню процесів формування врожайності та якості зерна інтенсивними сортами пшениці озимої під впливом регуляторів росту та різних рівнів азотного підживлення, що підкреслює важливість комплексного підходу до живлення рослин.

У метааналізі, опублікованому у виданні “Frontiers in Plant Science”, дослідники (Yokamo et al., 2022) виявили, що азотне удобрення значно підвищує врожайність пшениці, причому максимальне збільшення спостерігається за доз 150–300 кг/га. Вони також підкреслили важливість кліматичних умов і властивостей ґрунту для ефективності азотного живлення. Дослідження науковців (Burton et al., 2024) опубліковане в журналі “Field Crops Research”, показало, що режим внесення азоту в дозах 40–40–80 кг/га може максимізувати як урожайність, так і вміст азоту в зерні. Дослідники (Martre et al., 2024) з Технічного університету Мюнхена (TUM) та Французького національного інституту сільськогосподарських досліджень (INRAE) виявили, що нові експериментальні сорти пшениці можуть давати на 16% більший урожай за тих самих умов унесення добрив, завдяки покращеному використанню азоту. Власні результати

представили у глобальному метааналізі, який опублікований в Agricultural Water Management (Hu et al., 2021), де стверджували, що роздільне внесення азоту у 3–4 прийоми підвищує врожайність пшениці на 7% та вміст білка в зерні на 5%. Дослідження науковців (Subbarao et al., 2021) JIRCAS та CIMMYT привело до розроблення сортів пшениці з підвищеною здатністю до біологічного інгібування нітрифікації, що дозволяє зменшити потребу в азотних добривах без зниження врожайності. Загалом, наукові публікації свідчать про те, що оптимізація рівня та строків внесення азотних добрив, урахування сортових особливостей і використання регуляторів росту є ключовими чинниками для підвищення продуктивності та якості зерна пшениці озимої в умовах Півдня України. Незважаючи на наявні наукові роботи щодо впливу мінерального живлення на продуктивність зернових культур, у сучасних умовах зростає потреба в оновленні рекомендацій з урахуванням змін клімату, появи нових сортів пшениці озимої та сучасних підходів до удобрення. У Південному регіоні України актуальним є питання адаптації сортів до екстремальних погодних умов і забезпечення їх високої продуктивності за оптимального рівня мінерального живлення. Проблема полягає в тому, що не досить вивчені особливості реакції сучасних сортів пшениці озимої на різні рівні азотного підживлення саме в умовах Півдня України.

Мета наших досліджень – оптимізувати та рекомендувати товаровиробникам зерна пшениці на півдні України прийоми збільшення врожайності та поліпшення якості зерна сортів пшениці озимої на основі застосування азотного локального підживлення.

Для досягнення поставленої мети програмою досліджень передбачалось вирішення таких завдань:

установити особливості росту, розвитку рослин залежно від рівня азотного підживлення;

виявити вплив рівня азотного живлення на формування продуктивного потенціалу в різних сортах пшениці озимої;

оцінити основні чинники впливу на підвищення показників якості зерна пшениці озимої в умовах браку зволоження Південного Степу України.

Матеріал і методи

Польовий дослід закладали та проводили у 2023–2024 сільськогосподарському році. Попередником пшениці озимої був

чорний пар, що розміщувався після соняшнику. Після збирання соняшнику здійснювали якісне подрібнення рослинних решток мульчувавачем польовим навісним "Agromehanika FPM RM-280" (Сербія). На початку жовтня проводили зяблеву оранку на глибину 25–27 см. Догляд за чорним паром був спрямований на максимальне збереження вологи у ґрунті та знищення бур'янів. Навесні, за настання фізичної стиглості ґрунту, чорний пар боронували зубовими бородами. Надалі застосовували різноглибинні культивачі з боронуванням з метою знищення бур'янів і руйнування ґрунтової кірки, яка іноді утворювалася після зливових дощів. Сівбу культури проводили в I декаду жовтня нормою висіву 4,5 млн схожого насіння на 1 га. Дослідження проводили у двофакторному польовому досліді, схема якого представлена в результатах нашого дослідження.

Результати

Наші дослідження показали, що удобрені навесні рослини пшениці озимої формували більшу фотосинтетичну поверхню порівняно з неудобреними. Так, максимальна площа листків формувалася в посівах пшениці озимої в період від кінця фази виходу у трубку до початку колосіння (табл. 1).

У цей час підживлення рослин сорту Ужинок азотом дозами 30 і 60 кг/га д. р. сприяло формуванню асиміляційної поверхні 44,4 та 50,8 тис. м²/га, що було на 2,6 та на 9,0 тис. м² більше, ніж у варіанті

без підживлення. Рослини сорту Благодарка одеська та Косовиця утворювали дещо меншу площу листків, що також, залежно від дози азоту, становило 40,1 і 44,7 та 38,7 і 49,7 тис. м²/га відповідно. Починаючи з фази колосіння, основна роль у постачанні колоса асимілянтами належить двом верхнім листкам чи навіть одному верхньому (прапорцевому), унаслідок чого в наступні фази розвитку площа листової поверхні рослин поступово зменшується, у фазі молочної стиглості зерна наближається за значеннями до показників весняного кушіння – 27,1–38,3 тис. м²/га. Під час молочної і воскової стиглості зерна площа листової поверхні, як і на початкових фазах росту, була більшою в сорту Ужинок.

Обговорення

Результати проведених нами досліджень свідчать, що різні біологічні властивості сортів забезпечували специфічну їх реакцію за тих чи інших агротехнічних умов, яка проявлялася у формуванні різної продуктивності (табл. 2).

Максимальна врожайність зерна культури була отримана у пшениці озимої сорту Ужинок, яка залежно від прийомів вирощування, що вивчалися в досліді, коливалася від 5,53 до 6,23 т/га. Мінімальну врожайність сформував сорт Косовиця, величина якої коливалася від 4,46 до 5,21 т/га, що було на 1,02–1,13 та 0,43–0,65 т/га менше, ніж відповідно в сортів Ужинок і Благодарка одеська, за однакових умов їх вирощу-

Таблиця 1
Динаміка зміни площі листової поверхні на посівах сортів пшениці озимої залежно від рівня азотного підживлення (2023–2024 с.-г. р.)

Сорти	Дози азоту кг/га	Площа листків у фазі, тис. м ² /га			
		відновлення весняної вегетації	вихід у трубку	колосіння	молочна стиглість
Ужинок	0	20,5	37,2	41,8	27,5
	30		39,4	44,4	36,5
	60		46,7	50,8	38,3
Благодарка одеська	0	28,6	30,8	32,2	28,4
	30		33,9	40,1	33,1
	60		39,1	44,7	36,0
Косовиця	0	26,2	32,7	35,4	27,1
	30		34,3	38,7	29,3
	60		37,9	49,7	34,2
НІР ₀₅ , тис. м ² /га для:	сортів	0,9	1,8	2,0	1,7
	добрив		1,8	2,0	1,7
	взаємодії		3,8	3,3	3,8

Джерело: власні дослідження автора.

Таблиця 2
Урожайність сортів пшениці озимої
залежно від рівня азотного підживлення,
т/га (2023–2024 с.-г. р.)

Сорти	Дози азотного добрива, кг/га д. р.		
	0	30	60
Ужинок	5,53	6,05	6,23
Благодарка одеська	5,11	5,45	5,64
Косовиця	4,46	4,92	5,21
НІР ₀₅ , т/га для:	сортів	0,13	–
	добрив	0,13	–
	взаємодії	0,20	–

Джерело: власні дослідження автора.

вання. Найсуттєвіше збільшення врожайності спостерігалось за внесення азотного добрива в дозі N₆₀ у підживлення рослин пшениці озимої на початку фази виходу у трубку. Цей агротехнічний захід сприяв підвищенню врожайності в середньому по сортах на 0,66 т/га, тоді як унесення N₃₀ збільшувало його лише на 0,44 т/га, порівняно з варіантом, де добрива в підживлення не застосовували взагалі. Приріст врожаю зерна пшениці озимої сорту Ужинок від унесення 30 кг/га азоту становив 0,52 т/га, а за внесення 60 кг/га – 0,70 т/га. У таких

сортів, як Благодарка одеська та Косовиця, ці показники зростали лише на 0,34 і 0,53 та 0,46 і 0,75 т/га відповідно.

У поліпшенні якості зерна пшениці озимої важливе місце належить як агротехнічним, так і екологічним чинникам. Найбільший вплив на накопичення білка, клейковини й інших цінних речовин у зерні мають попередники, мінеральні добрива, сортові особливості тощо. Аналіз літературних джерел показує, що ефективність цього агротехнічного заходу залежить від багатьох чинників, найголовнішими з яких є рівень забезпеченості ґрунту елементами живлення, погодні умови року, сортові особливості й інші.

Внесення азотних добрив є одним з основних елементів технології вирощування пшениці озимої, що передбачає застосування їх як локально, так і позакореневим способом, поряд із використанням інтегрованої системи захисту посівів із метою стабільного отримання високих урожаїв якісного зерна. Отримані експериментальні дані показують, що якість зерна пшениці озимої за період проведення досліджень залежала від технологічних прийомів її вирощування, особливостей сорту та підживлення (рис. 1, 2).

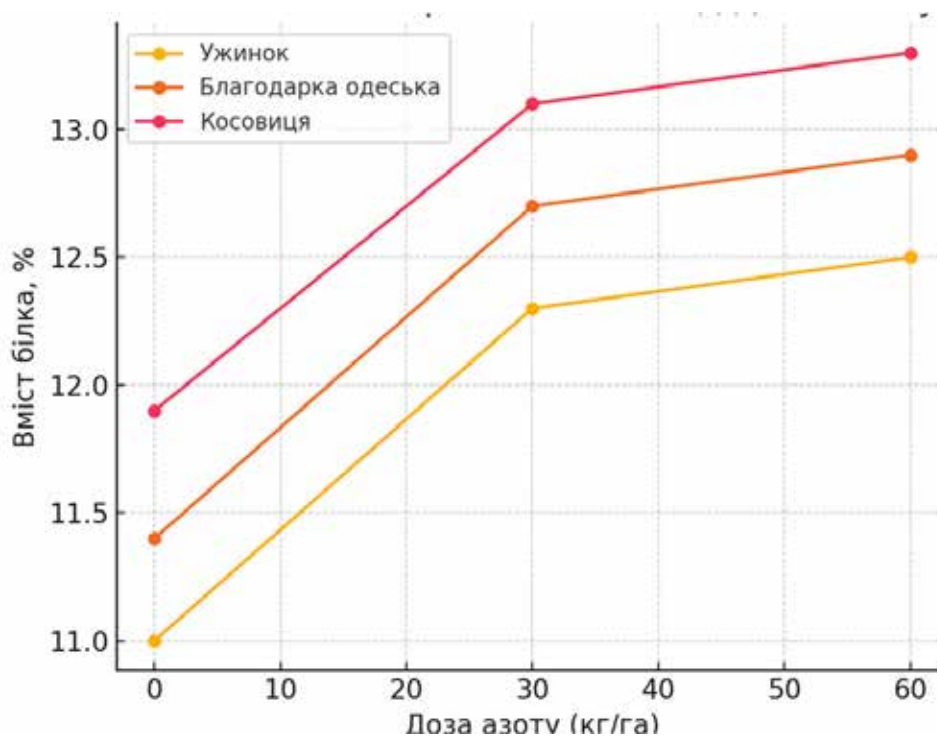


Рис. 1. Вміст білка в зерні залежно від дози азоту

Джерело: власні дослідження автора.

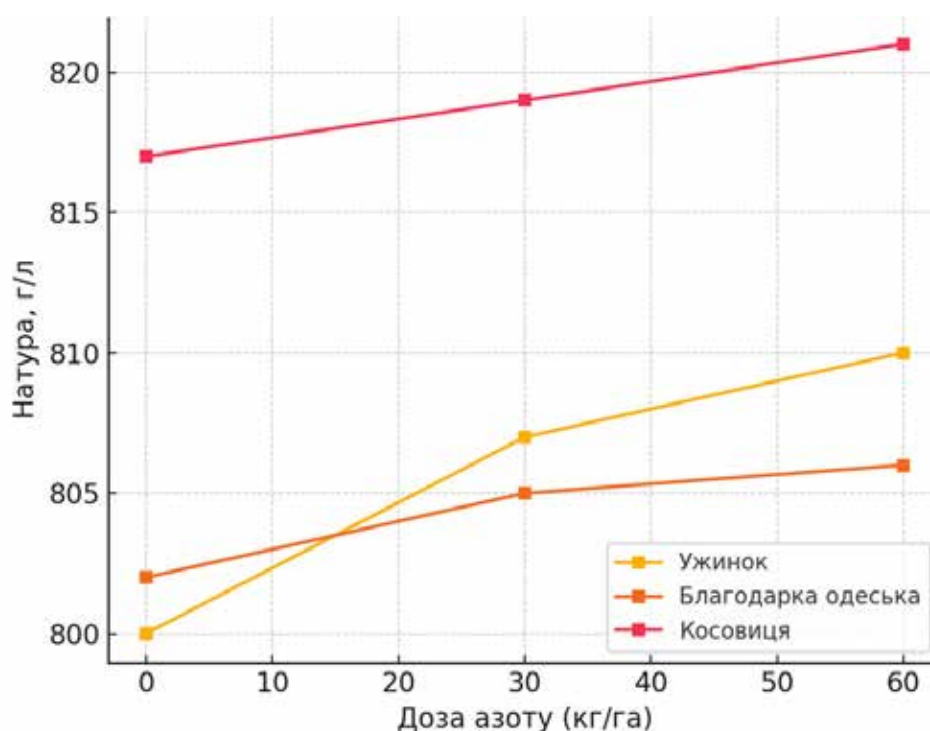


Рис. 2. Натура зерна залежно від дози азоту

Джерело: власні дослідження автора.

Фізіологічні процеси наливу зерна та його досягання проходили за підвищеного температурного режиму, посушливої погоди, низької відносної вологості повітря, що сприяло покращанню якості зерна. Так, локальне внесення 30 та 60 кг/га д. р. азоту сприяло збільшенню вмісту білка в зерні в сорту Ужинок на 1,3 та 1,5 в. п., сорту Благодарка одеська – на 1,3 та 1,5 в. п., сорту Косовиця – на 1,2 та 1,4 в. п., порівняно з контрольним варіантом, де підживлення не застосовували.

Встановлено, що найбільшим умістом білка в зерні характеризувалися сорти Благодарка одеська та Косовиця – 12,9 та 13,3%, дещо менша його кількість була в сорту Ужинок (12,5%). Використання азотних підживлень позитивно впливало також на показники натури зерна різних сортів пшениці озимої, що змінювалася залежно від сортових особливостей від 800 г/л у сорту Ужинок до 821 г/л у сорту Косовиця. Так, унесення локально 30 і 60 кг/га азоту сприяло збільшенню натури зерна в сорту Ужинок на 7 і 10 г/л,

у сорту Благодарка одеська – на 3 і 4 г/л, сорту Косовиця – на 2 і 4 г/л відповідно.

Висновки

У нашому досліді максимальна врожайність зерна пшениці озимої по попереднику пар чорний була отримана в сорту Ужинок, яка, залежно від рівня азотного підживлення, коливалася від 5,53 до 6,23 т/га. Мінімальну врожайність сформував сорт Косовиця, величина якої коливалася від 4,46 до 5,21 т/га. Максимальне збільшення врожайності спостерігалось за внесення азотного добрива в дозі N_{60} у підживлення на всіх сортах. Цей агротехнічний захід сприяв підвищенню врожайності в середньому по сортах на 0,66 т/га, тоді як унесення N_{30} збільшувало його лише на 0,44 т/га, порівняно з контрольним варіантом. Приріст урожаю зерна пшениці озимої сорту Ужинок від унесення 30 кг/га азоту становив 0,52 т/га, а від унесення 60 кг/га – 0,70 т/га. У таких сортів, як Благодарка одеська та Косовиця, ці показники зростали лише на 0,34 і 0,53 та 0,46 і 0,75 т/га відповідно.

Список використаної літератури

Влашук А.М., Марченко Т.Ю., Дробіт О.С. Продуктивність пшениці озимої в умовах Південного Степу України. *AgroONE*. 2020. № 61. С. 30–33.

Золотухіна З.В. Продуктивність та якість зерна інтенсивних сортів пшениці озимої залежно від агротехнічних прийомів вирощування в умовах Південного Степу України. 2015

[Електронний ресурс]. URL: <http://elar.tsatu.edu.ua/handle/123456789/7625> (дата звернення: 02.04.2025).

Лубенець В.В. Вплив рівня азотного живлення на формування зернової продуктивності пшениці озимої в умовах фермерського господарства «Агроланка» Синельниківського району Дніпропетровської області. 2021 [Електронний ресурс]. URL: https://dspace.dsau.dp.ua/bitstream/123456789/4236/1/%D0%9B%D1%83%D0%B1%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%86%D1%8C%20%20%D0%92.%D0%92.%20%28pdf.io%29.pdf?utm_source (дата звернення: 02.04.2025).

Попов Ю. В., Авраменко С. В. Вплив осіннього внесення різних доз та видів азотних добрив на врожайність пшениці озимої після попередника соняшнику. *Селекція і насінництво*. 2024. № 125. С. 94–101.

Burton A., Lev H.L., Schaad N., Strebel S., Vuille-dit-Bille N., de Figueiredo Bongiovani P., Holzkamper A., Pellet D., Herrera J.M. Evaluating nitrogen fertilization strategies to optimize yield and grain nitrogen content in top winter wheat varieties across Switzerland. *Field Crops Research*. 2024. Vol. 307. P. 2–15.

Hu C., Sadras V.O., Lu G., Zhang P., Han Y., Liu L., Xie J., Yang X., Zhang S. A global meta-analysis of split nitrogen application for improved wheat yield and grain protein content. *Soil and Tillage Research*. Elsevier, September 2021. Vol. 213. <https://doi.org/10.1016/j.still.2021.105111>.

Martre P., Dueri S., Guarin J.R. Global needs for nitrogen fertilizer to improve wheat yield under climate change. *Nat Plants*. 2024. Vol. 10 (7). P. 1081–1090. <https://doi.org/10.1038/s41477-024-01739-3>.

Subbarao G.V., Kishii M., Bozal-Leorri A., Orits-Monesterio I., Gao X., Ibba M.I., Karwat H., Gonzalez-Moro M.B., Gonzalez-Murua C., Yoshihashi T., Tobita S., Kommerell V., Braun H.J., Iwanaga M. World's first successful development of wheat that shows high productivity with less nitrogen fertilizer – Use of ammonium to prevent nitrogen pollution and increase food production at the same time. 2021. *Proceedings of the National Academy of Sciences of United States of America (PNAS)*. <https://doi.org/10.1073/pnas.2106595118>.

Yokamo S., Irfan M., Huan W., Wang B., Wang Y., Ishfaq M., Lu D., Chen X., Cai Q., Wang H. Global evaluation of key factors influencing nitrogen fertilization efficiency in wheat: a recent meta-analysis (2000–2022). Systematic review article *Front. Plant Sci.*, 30 October 2023. *Sec. Plant Nutrition*. 2023. Vol. 14. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1272098>.

References

Vlashchuk, A.M., Marchenko, T.Iu., & Drobit, O.S. (2020). Produktivnist pshenytsi ozymoi v umovakh Pivdennoho stepu Ukrainy [Productivity of winter wheat under the conditions of the southern steppe of Ukraine]. *AgroONE [AgroONE]*, 61, 30–33 [in Ukrainian].

Zolotukhina, Z.V. (2015). Produktivnist ta yakist zerna intensyvnykh sortiv pshenytsi ozymoi zalezchno vid ahrotekhnichnykh pryimiv vyroshchuvannya v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy [Productivity and Grain Quality of Intensive Winter Wheat Varieties Depending on Agricultural Practices under the Conditions of the Southern Steppe of Ukraine]. [Electronic resource] URL: <http://elar.tsatu.edu.ua/handle/123456789/7625> (access date 02.04.2025) [in Ukrainian].

Lubenets, V.V. (2021). Vplyv rivnia azotnoho zhyvlennia na formuvannya zernovoi produktivnosti pshenytsi ozymoi v umovakh fermerskoho hospodarstva “Ahrolanka” Synelnykivskoho raionu Dnipropetrovskoi oblasti [The Influence of Nitrogen Nutrition Levels on the Formation of Grain Productivity of Winter Wheat under the Conditions of the “Agrolanka” Farm in Synelnykove District, Dnipropetrovsk Region]. [Electronic resource] URL: https://dspace.dsau.dp.ua/bitstream/123456789/4236/1/%D0%9B%D1%83%D0%B1%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%86%D1%8C%20%20%D0%92.%D0%92.%20%28pdf.io%29.pdf?utm_source (access date 02.04.2025) [in Ukrainian].

Popov, Yu.V., & Avramenko, S.V. (2024). Vplyv osinnoho vnesennia riznykh doz ta vydiv azotnykh dobryv na urozhainist pshenytsi ozymoi pislia poperednyka soniashnyk. Seleksiia i nasinnystvo [The Influence of Autumn Application of Different Rates and Types of Nitrogen Fertilizers on the Yield of Winter Wheat Following Sunflower as a Preceding Crop]. *Seleksiia i nasinnystvo [Plant breeding and seed production]*, 125, 94–101. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2024.306975> [in Ukrainian].

Burton, A., Lev, H.L., Schaad, N., Strebel, S., Vuille-dit-Bille, N., de Figueiredo Bongiovani, P., Holzkamper, A., Pellet, D., & Herrera, J.M. (2024). Evaluating nitrogen fertilization strategies to optimize yield and grain nitrogen content in top winter wheat varieties across Switzerland. *Field Crops Research*, 307, 2–15. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2024.109251> [in English].

Hu, C., Sadras, V.O., Lu, G., Zhang, P., Han, Y., Liu, L., Xie, J., Yang, X., & Zhang, S. (2021). A global meta-analysis of split nitrogen application for improved wheat yield and grain protein content. *Soil and Tillage Research. Elsevier*, 213, 80–88. <https://doi.org/10.1016/j.still.2021.105111> [in English].

Martre, P., Dueri, S., & Guarin, J.R. (2024). Global needs for nitrogen fertilizer to improve wheat yield under climate change. *Nat Plants*, 10 (7), 1081–1090. <https://doi.org/10.1038/s41477-024-01739-3> [in English].

Subbarao, G.V., Kishii, M., Bozal-Leorri, A., Orits-Monesterio, I., Gao, X., Ibba, M.I., Karwat, H., Gonzalez-Moro, M.B., Gonzalez-Murua, C., Yoshihashi, T., Tobita, S., Kommerell, V., Braun, H.J., & Iwanaga M. (2021). World's first successful development of wheat that shows high productivity with less nitrogen fertilizer – Use of ammonium to prevent nitrogen pollution and increase food production at the same time. *Proceedings of the National Academy of Sciences of United States of America (PNAS)*, 5 (113), 84–92. <https://doi.org/10.1073/pnas.2106595118> [in English].

Yokamo, S., Irfan, M., Huan, W., Wang, B., Wang, Y., Ishfaq, M., Lu, D., Chen, X., Cai, Q., & Wang, H. (2023). Global evaluation of key factors influencing nitrogen fertilization efficiency in wheat: a recent meta-analysis. *Systematic review article. Front. Plant Sci., Sec. Plant Nutrition*, 14, 84–94. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1272098> [in English].

Отримано: 10.04.2025
Прийнято: 15.05.2025