

УДК 633.11:631.811.98

Сортова реакція пшениці озимої на позакореневе підживлення азотом

О. І. Місюра,  С. М. Каленська*

Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна, *e-mail: kalenskaya@nubip.edu.ua

Мета. Ідентифікація сортів пшениці озимої щодо реакції на рівень азотного живлення за врожайністю. **Методи.** Польові дослідження проводили в умовах ТОВ «ЧІМК» (Чернігівський р-н, Чернігівська обл.) упродовж 2023–2024 рр. У досліді висівали 17 сортів пшениці озимої (фактор А) та використовували три варіанти позакореневого підживлення азотом (фактор Б): N_{0+45} ; N_{50+45} ; N_{100+45} . Розмір облікової ділянки – 9×20 м (180 м^2), повторність п'ятиразова. Збирали врожай подільно, з подальшим аналізуванням карт врожайності, отриманих із даних комбайнових моніторингових систем. **Результати.** Виділено сорти, які краще витримують зниження рівня азотного живлення, демонструючи стабільну врожайність: 'Депот' – 6,36 т/га; 'Софру' – 6,49, 'Керамік' – 5,97 т/га. Толерантні до дефіциту азоту, але водночас показують високу врожайність при збільшенні норм внесення добрив сорти 'Бонанза' – 7,51 т/га, 'Депот' – 7,93; 'Колонія' – 7,33 т/га. Результати двофакторного дисперсійного аналізу (ANOVA) показали статистично значущий вплив як сорту пшениці озимої, так і рівня азотного живлення на врожайність. У 2023 році фактор сорту був значущим ($F = 59.996$, $p = 5.65 \times 10^{-68}$), фактор рівня азотного живлення показав дуже значущий вплив ($F = 1373.04$, $p = 4.56 \times 10^{-119}$), взаємодія між сортами та рівнями азоту також була значущою ($F = 9.652$, $p = 2.52 \times 10^{-26}$). У 2024 році вплив факторів залишився значущим: фактор сорту ($F = 30.981$, $p = 6.91 \times 10^{-46}$), фактор рівня азотного живлення ($F = 1020.59$, $p = 5.69 \times 10^{-107}$), а взаємодія ($F = 5.998$, $p = 3.01 \times 10^{-16}$). Також між цими факторами встановлено значущу взаємодію, що свідчить про різну реакцію сортів на зміну інтенсивності азотного живлення у 2022/2023 та 2023/2024 вегетаційних роках. Вплив рівня азотного живлення виявився найбільш значущим, проте відмінності між сортами були більш вираженими у 2024 вегетаційному році. **Висновки.** Отримані результати мають практичне значення для вдосконалення технологій вирощування пшениці озимої в умовах північної частини Лівобережного Лісостепу України. Вони дають змогу коригувати рівень азотного живлення залежно від сорту для підвищення врожайності та ефективності використання ресурсів. Зокрема, сорти з високим потенціалом приросту врожайності доцільно використовувати в технологіях диференційованого внесення добрив (VRA), що забезпечує точне дозування добрив відповідно до потреб конкретного сорту та умов поля.

Ключові слова: пшениця озима; азотне живлення; урожайність; інтенсивність мінерального живлення; Північний Лісостеп України.

Вступ

Вибір оптимальних сортів, що забезпечують стабільну врожайність при різних нормах азотного живлення, є важливою складовою ефективною технологією вирощування пшениці озимої в умовах північного Лісостепу України [1–3]. Нині увага акцентується на отриманні високих врожаїв зерна пшениці озимої відповідно до якості харчових продуктів, за одночасної мінімізації витрат на виробництво [4–6]. Важливе значення для росту та розвитку пшениці озимої, формування урожайності та якості зерна відіграє система живлення і зокрема азотне живлення [7–9]. Для

Як цитувати: Місюра О. І., Каленська С. М. Сортова реакція пшениці озимої на позакореневе підживлення азотом. *Новітні агротехнології*. 2025. Т. 13, № 3. <https://doi.org/10.47414/na.13.3.2025.342043>



© The Author(s) 2025. Published by Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of the NAAS of Ukraine. This is an open access article distributed under the terms of the license CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

отримання високих урожаїв та якісного зерна пшениці необхідна достатня кількість азоту (N), але ефективність використання азоту залишається низькою при високих рівнях удобрення, а азот, не засвоєний рослинами, може мати негативний вплив на навколишнє середовище через стік, вимивання та випаровування [10].

Макару та ін. [11] доводять, що пізнє перше або одноразове внесення азоту на стадії ВВСН 29/31 не призвело до відмінностей в урожайності зерна або вмісті білка порівняно з трьома внесеннями азоту. Однак одноразове внесення азоту на стадії ВВСН 25/27 призвело до зниження вмісту білка. Розвиток компонентів урожаю істотно не відрізнявся між сортами. Раннє внесення азоту збільшило густоту рослин, але не врожайність. Протягом двох років низька густота рослин компенсувалася більшою кількістю зерен на колос. Отже, за тестованих умов кількість внесення азоту можна було зменшити, оскільки висока компенсаторна здатність сучасних сортів дає змогу проводити удобрення азотом у вигляді двох або навіть одного внесення [11]. За даними А. Burton [12], для пшениці озимої, за вирощування в умовах Швейцарії, азот є вирішальним у формуванні високого врожаю. Ефективність використання азоту в більшій мірі визначається валовою нормою внесення азоту, а не способами його внесення. Оптимальним режимом внесення азоту є 40-40-80 кг/га діючої речовини, щодо врожайності та якості врожаю. Відмінності між сортами, щодо реакції на добрива, більше проявляються за внесення низьких норм добрив загалом і азоту зокрема. Однак за якістю зерна сорт відігравав значну роль, зокрема сорт 'Rupal' мав вищий вміст азоту в зерні на всіх майданчиках [12].

Реакція пшениці озимої на азотні підживлення досліджена і підтверджує важливість прикореневого підживлення у фазі кущіння для підвищення продуктивності культури. Використання сучасних підходів до регулювання норм азотного живлення є перспективним напрямом підвищення урожайності пшениці озимої. Лі та ін. [13] показали, що в кліматичних умовах з опадами менше 520 мм на рік і лише за третини опадів, що випадають у період вегетації пшениці озимої, за обмежених ресурсів на рівнині Хуань-Хуай-Хай у Китаї (37°79'N, 115°31'E), підживлення у фазі кущення за одночасної обробки регулятором росту Паклобутразол сприяють морфологічним змінам, які обумовлюють зростання врожайності – більша кількість зерен у колосі, маса 1000 насінин. Підживлення на більш ранніх фазах було менш ефективним. Урожайність у 2011/2012 році коливалася в межах 8,8–9,7 т/га, а у 2012/2023-му – 7,5–8,1 т/га, залежно від строків проведення підживлень та обробки регулятором росту [13].

Адаптація сорту є важливою ознакою стабільного виробництва зерна пшениць [1, 14, 15]. Зростання врожайності, підвищення стійкості рослин до стресів значною мірою досягнуто завдяки успіхам селекції [16]. Сорти різняться за генотиповими та фенотиповими ознаками, адаптивністю до умов вирощування, урожайністю та якістю зерна [17, 18]. Сорти, які краще адаптовані до місцевих умов, демонструють вищу врожайність та відіграють важливу роль у господарській ефективності вирощування пшениці озимої [4, 19, 20]. Результати досліджень показують залежність врожайності від строків сівби та типів розвитку сортів. Важливу роль відіграє також час внесення добрив, враховуючи вплив на подальшу вегетацію. Зазначені фактори впливають на кількість і якість майбутнього врожаю.

Урожайність озимої пшениці значною мірою залежить від тривалості вегетаційного періоду, який, своєю чергою, визначається кліматичними умовами, сортом пшениці та технологією вирощування [21]. Чим довший вегетаційний період, тим більше часу рослина має для накопичення фотосинтетичних продуктів.

Тривалість вегетації пшениці озимої впливає на її врожайність. Результати досліджень показують на значну залежність врожайності від типу розвитку сортів [22].

Важливу роль відіграє також час внесення добрив, враховуючи вплив на подальшу вегетацію. Зазначені фактори впливають на кількість і якість майбутнього врожаю [23, 24].

Litovchenko A. O. [25] та Гамаюнова В. В. та ін. [26] показують вагому роль сорту у формуванні врожайності пшениці озимої за вирощування в Степу України за умов критичного забезпечення вологою, а також ролі попередника й удобрення у підвищенні стійкості до стресу та формуванні врожайності.

Derejko та ін. [27] провели порівняльне аналізування 51 сорту пшениці озимої за вирощування в 52 локаціях у шести регіонах Польщі, які різнилися за погодними та ґрунтовими умовами. Урожайність змінювалася від 9,22 до 15,72 т/га, залежно від умов регіону вирощування сортів пшениці. Сорти різнилися за реакцією, стабільністю, пластичністю на умови вирощування. Tarpley

та ін. [28] в умовах Алабани, за результатами польових досліджень із трьома сортами пшениці озимої, показав суттєву різницю урожайності сортів пшениці – від 1,39 до 6,24 т/га залежно від регіону вирощування та погодних умов року. Базалій В. В. [29] стверджує щодо важливості створення та використання високопродуктивних сортів пшениці озимої різного типу розвитку зі слабо вираженою фотоперіодичною чутливістю і короткою стадією яровізації, що сприяє активному весняному відростанню рослин при короткому дні та ефективному використанню вологи, формування врожайності. Стійкість рослин пшениці озимої різних генотипів до затримки часу відновлення весняної вегетації залежить від потреби до тривалості стадії яровізації, яка контролюється певною комбінацією генів і чутливістю до фотоперіоду.

Незважаючи на численні дослідження впливу азотного живлення на врожайність пшениці озимої, недостатньо уваги приділено вивченню реакції конкретних сортів на зміну рівня азотного живлення в умовах Лівобережного Лісостепу України. Дослідження, що охоплюють вплив різної інтенсивності азотного живлення на стабільність врожайності та потенціал сортів за дворічний період, є актуальними для удосконалення технологій вирощування культури в цьому регіоні.

Гіпотеза дослідження полягає в тому, що різні сорти пшениці озимої по-різному реагують на зміну рівня азотного живлення, що дозволяє виділити сорти зі стабільною врожайністю при знижених нормах азоту та сорти, які демонструють максимальний приріст врожайності при підвищених нормах азотного живлення. Наукове завдання полягає у визначенні впливу різних рівнів азотного живлення на врожайність і структуру врожаю пшениці озимої для різних сортів, а також у формуванні рекомендацій щодо оптимізації азотного живлення в умовах Північного Лісостепу України.

Мета досліджень – ідентифікація сортів пшениці озимої щодо реакції на рівень азотного живлення за врожайністю.

Матеріали та методика досліджень

Дослідження проводили у 2022/2023 та 2023/2024 вегетаційних роках на базі підприємства ТОВ «ЧІМК» (Чернігівський р-н, Чернігівська обл.). Ґрунт – чорнозем типовий малогумусний з умістом гумусу 3,7 % та слабкокислою реакцією (рН 6,5).

Для досягнення поставленої мети був закладений двофакторний польовий дослід (табл. 1).

Таблиця 1

Схема двофакторного польового дослідження щодо встановлення сортової реакції пшениці озимої на схемі проведення підживлень

Фактор	Варіанти
Фактор А – сорти пшениці озимої	‘Колонія’ (контроль), ‘Бодіцек’, ‘Бонанза’, ‘Депот’, ‘Джерсі’, ‘Емерік’, ‘Еміл’, ‘Керамік’, ‘Лазулі’, ‘Леммі’, ‘Реформ’, ‘Сорріал’, ‘Софру’, ‘Спенсер’, ‘Стромболи’, ‘Талант’, ‘Фріскі’
Фактор В – доза азотного підживлення	ВВСН 21–22 : 1) 0 кг/га д. р.; 2) 50 кг/га д. р.; 3) 100 кг/га д. р. ВВСН 28–29 45 кг/га д. р. – фоново на всі варіанти

Джерело: розроблено авторами на основі технології вирощування культур, які застосовуються у ТОВ «ЧІМК», з використанням методик дослідної справи в агрономії [30].

Розмір облікової ділянки в досліді становив 180 м² (9 × 20 м) за п'ятиразової повторності.

Попередником у досліді був соняшник. Після збирання попередника проводили лущення стерні на глибину 13–15 см та передпосівний обробіток ґрунту на 3–4 см. Передпосівну обробку насіння проводили фунгіцидами (49,95 г/т тритіконазол; 49,95 г/т флудіоксоніл; 49,95 г/т флуксапіроксад) та інсектицидами (139,8 г/т імідаклопрід; 139,8 г/т клотіанідин).

Фонове основне внесення мінеральних добрив передбачало 60 кг/га д. р. Р₂О₅ та 90 кг/га д. р. К₂О. Азотні добрива (фактор В) вносили двічі: 1) перед відновленням вегетації у фазі кушення (ВВСН 21–22) – різні дози азоту, відповідно до схеми дослідження у амонійній та нітратній формі – аміачна селітра; 2) у мікростадії ВВСН 28–29 фоново 45 кг/га азоту в амідній формі (карбамід).

Посів здійснювали сівалкою Horsch Pronto 9 DC з міжряддям 15 см, норма висіву – 3,5 млн насінин/га. Сівбу проводили в перших декадах жовтня 2022 та 2023 років. Збирання врожаю щороку проводили у 3-й декаді липня.

У фазі 2–3-х листків (ВВСН 12–13) восени вносили гербіцид (3 г/га метсульфурон-метил; 7,5 г/кг трибенурон-метил) з метою контролю дводольних бур'янів (переважно хрестоцвітих та айстрових).

У фазі початку виходу у трубку (ВВСН 30) застосовували регулятор росту (240 г/га мепікват-хлорид; 40 г/га прогексадіон кальцію), гербіцид (3,5 г/га флорасулам; 7 г/га амінопіралід; 126 г/га 2,4 Д), фунгіцид (256 г/га прохлораз; 128 г/га тебуконазол; 32 г/га проквіназид), інсектицид (15 г/га альфа-циперметрин). У фазі прапорцевого листа (ВВСН 37) проводили обробку посівів фунгіцидом (93,75 г/га пропіконазол; 75 г/га азоксистробін; 56,25 г/га адепідин) та інсектицидом (15 г/га альфа-циперметрин). З метою підвищення якості зерна під час цвітіння (ВВСН 65) було використано фунгіцид (120 г/га протіоконазол; 240 г/га тебуконазол), а у фазі дозрівання зерна (ВВСН 85) – інсектицид (50 г/га імідаклопрід; 6,25 г/га бета-цифлутрин).

Збирання врожаю проводили комбайнами, обладнаними датчиками для картування врожайності. По кожній дослідній ділянці була отримана карта врожайності, що містить геопросторові точки, до яких прив'язані дані по врожайності. Аналіз врожайності дослідних ділянок здійснювався на основі отриманих карт врожайності.

Для оцінки впливу факторів дослідження на врожайність пшениці озимої використовували програму для статистичного аналізу даних експерименту (ANOVA), що дозволяє оцінити значущість впливу факторів та їх взаємодії. Для обробки даних застосовували статистичний пакет програм R. Геопросторовий аналіз врожайності здійснювали за допомогою карт врожайності, отриманих з датчиків комбайнових систем. Дані було агреговано та проаналізовано для виявлення залежностей між рівнями азотного живлення та продуктивністю різних сортів. Оцінювали середню врожайність, варіативність показників та кореляційні зв'язки між факторами. Для аналізу геоданих використовувалась програма QGIS.

Результати досліджень

Вегетаційні роки різнилися за середньодобовими температурами та кількістю опадів, що впливало на ріст і розвиток пшениці озимої. Метеорологічні показники за вегетаційний сезон пшениці озимої (1 жовтня – 20 липня) наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

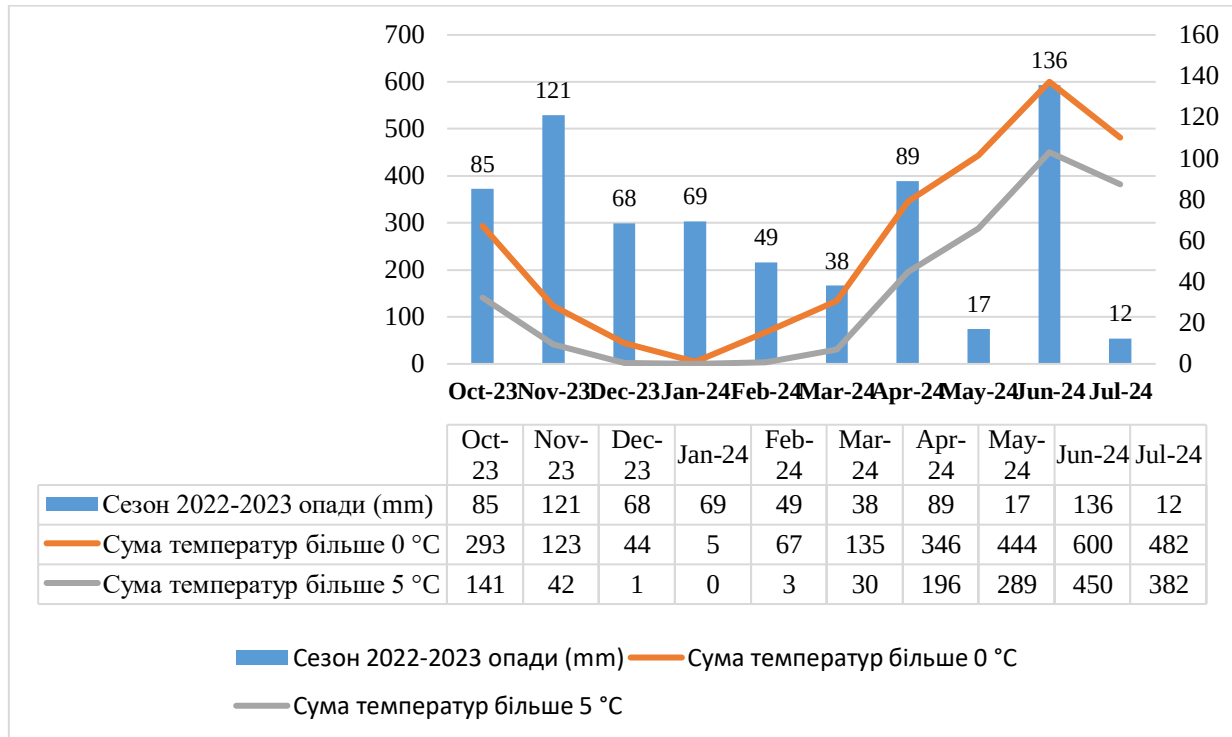
Узагальнені метеорологічні показники за 2022/2023 та 2023/2024 вегетаційні роки			
Показник	Вегетаційний рік (в. р.)		Різниця між 2024 та 2023 рр.
	2022/2023	2023/2024	
Сума активних температур > 0°C	2257	2538	281
Сума ефективних температур > 5°C	1314	1534	220
Опади від сівби до збирання пшениці озимої, мм	594	685	91

Джерело: розроблено авторами на основі погодних даних 2022–2024 рр., наданих компанією Geosys.

Порівняння двох сезонів показує значні відмінності в температурному режимі та кількості опадів. Середня урожайність сортів пшениці озимої в 2023/2024 в. р., незважаючи на більшу кількість опадів в період «сівба – повна стиглість» (рис. 1), була нижчою порівняно з 2022/2023 в. р., який характеризувався більш рівномірними опадами (рис. 2).

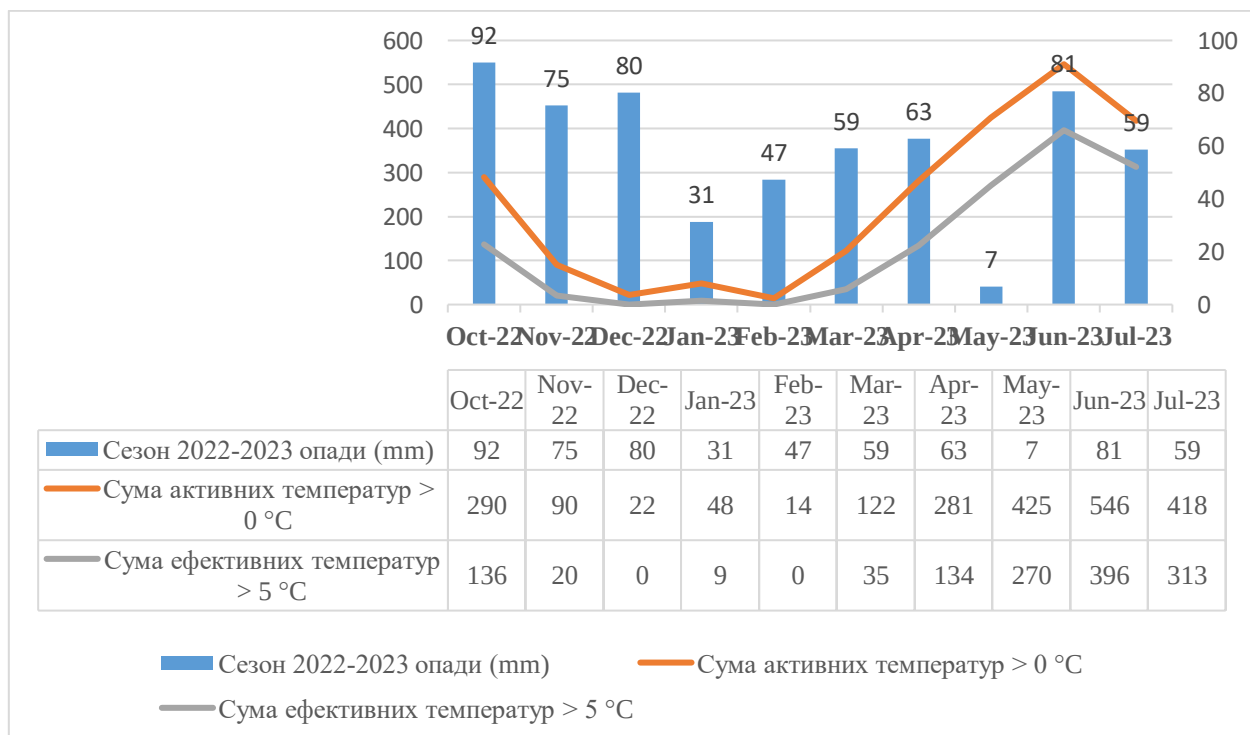
У 2023/2024 в. р. був низький запас вологи у ґрунті перед сівбою, що вплинуло на початковий розвиток рослин. Крім того, впродовж 2022/2023 в. р. спостерігався більш рівномірний розподіл опадів та оптимальніші температурні умови, що сприяло кращому засвоєнню поживних речовин та формуванню врожайності. 2023/2024 в. р. характеризувався більш високими сумами температур, особливо у весняно-літній період, що могло сприяти прискоренню розвитку пшениці озимої.

Також було зафіксовано нерівномірний розподіл опадів – найбільша кількість випала в червні, тоді як у травні спостерігався дефіцит вологи, що могло викликати стрес у рослин у критичний період формування зерна. Порівняно з попереднім сезоном, більш теплі умови могли вплинути на швидкість розвитку рослин та їхню адаптацію до різних рівнів азотного живлення. У 2023/2024 в. р. також були більш посушливі умови під час наливу зерна, що сприяло кращій якості зерна, зокрема підвищенню вмісту білка та клейковини.



Джерело: розроблено авторами на основі погодних даних 2023/2024 в. р., наданих компанією Geosys.

Рис. 1. Опади та суми активних та ефективних температур (2023/2024 в. р.)



Джерело: розроблено авторами на основі погодних даних 2023/2024 в. р., наданих компанією Geosys.

Рис. 2. Опади та суми активних та ефективних температур (2022/2023 в. р.)

Аналіз результатів випробувань врожайності пшениці озимої у 2022/2023 та 2023/2024 вегетаційних роках показав значні відмінності щодо реакції сортів на рівні азотного живлення. Внесення підвищених норм азоту позитивно впливало на врожайність, але ефективність такого підживлення була різною для окремих сортів (табл. 3; табл. 4). Діапазон зміни врожайності в дослідженнях становив від 4,88 ('Бодіцек', N_{0+45}) до 8,44 т/га ('Софру', N_{100+45}) у 2022/2023 в. р. та від 5,11 ('Бодіцек', N_{0+45}) до 7,93 т/га ('Депот', N_{100+45}).

Таблиця 3

**Урожайність сортів пшениці озимої (т/га) залежно від норм
внесення азотних добрив (2022/2023 в. р.)**

№	Сорт	N ₀₊₄₅	N ₅₀₊₄₅	N ₁₀₀₊₄₅
1	‘Бодіцек’	4,88	6,24	6,95
2	‘Бонанза’	5,60	7,74	8,03
3	‘Депот’	6,44	7,84	8,42
4	‘Джерсі’	5,21	6,83	7,55
5	‘Емерік’	6,98	6,92	8,02
6	‘Еміл’	5,44	6,22	7,67
7	‘Керамік’	6,43	7,29	8,03
8	‘Колонія’	6,31	6,92	7,8
9	‘Лазулі’	5,39	6,93	8,28
10	‘Леммі’	6,08	7,01	7,89
11	‘Реформ’	6,30	7,14	7,9
12	‘Сорріал’	5,85	7,29	7,73
13	‘Софру’	6,62	7,45	8,44
14	‘Спенсер’	5,84	6,86	7,14
15	‘Стромболі’	6,08	7,02	7,91
16	‘Талант’	5,9	7,28	7,98
17	‘Фріскі’	6,4	7,23	8,14

Джерело: результати обробки карт урожайності польового дослідів 2022/2023 в. р.

Подібні результати були отримані в дослідженнях [27], які провели значно ширше порівняльне аналізування 51 сорту пшениці озимої за вирощування в 52 локаціях в шести регіонах Польщі, які різнилися за погодними та ґрунтовими умовами. Отримані результати досліджень – зміна урожайності від 9,22 до 15,72 т/га, підтверджують наші результати, що врожайність може суттєво змінюватися залежно від умов вирощування сортів пшениці. Сорти при цьому різняться за реакцією, стабільністю, пластичністю на умови вирощування [27].

Результати досліджень свідчать, що деякі сорти проявили високу стабільність урожайності навіть за мінімального азотного живлення (N₀₊₄₅), тоді як інші сорти демонстрували значне її підвищення за збільшення норм внесення азотних добрив (N₁₀₀₊₄₅). Серед сортів, які забезпечили стабільний рівень урожайності за мінімального азотного фону у 2022/2023 в. р., слід відзначити ‘Софру’ – 6,62; ‘Депот’ – 6,44 та ‘Реформ’ – 6,30 т/га. У 2023/2024 в. р. аналогічну тенденцію спостерігали також у цих сортів: ‘Софру’ – 6,49; ‘Депот’ – 6,36 та ‘Реформ’ – 6,06 т/га. Ці сорти можна вважати більш толерантними до низького рівня азотного живлення.

Таблиця 4

**Урожайність сортів пшениці озимої (т/га) залежно від норм
внесення азотних добрив (2023/2024 в. р.)**

№	Сорт	N ₀₊₄₅	N ₅₀₊₄₅	N ₁₀₀₊₄₅
1	‘Бодіцек’	5,11	5,71	6,21
2	‘Бонанза’	5,31	7,03	7,51
3	‘Депот’	6,36	7,11	7,93
4	‘Джерсі’	5,16	6,15	6,71
5	‘Емерік’	6,26	6,48	7,53
6	‘Еміл’	5,33	6,02	6,95
7	‘Керамік’	5,97	6,68	7,10
8	‘Колонія’	5,64	6,73	7,33
9	‘Лазулі’	5,25	6,31	7,77
10	‘Леммі’	6,02	6,27	7,12
11	‘Реформ’	6,06	6,64	7,57
12	‘Сорріал’	5,73	6,78	7,16
13	‘Софру’	6,49	7,06	7,61
14	‘Спенсер’	5,77	6,21	6,66
15	‘Стромболі’	5,82	6,14	7,09
16	‘Талант’	6,06	6,67	7,47
17	‘Фріскі’	5,89	6,54	7,41

Джерело: результати обробки карт урожайності польового дослідів 2023/2024 в. р.

З іншого боку, найбільший приріст урожайності за підвищення норм внесення азотних добрив (N_{100+45}) порівняно з мінімальною нормою (N_{0+45}) спостерігався у сортів: 'Лазулі' – +2,89 та +2,52 т/га, відповідно у 2022/2023 в. р. та 2023/2024 в. р.; 'Бонанза' – +2,43 та +2,20 т/га у 2022/2023 в. р.; у 2023/2024 в. р.; 'Софру' – +1,82 та +1,12 т/га у 2022/2023 в. р. та 2023/2024 в. р. (табл. 3; табл. 4). Це свідчить про високу відповідь на підвищене азотне живлення, що робить їх придатними для більш інтенсивних технологій вирощування.

У 2024 році загальна врожайність дещо знизилася порівняно з 2023-м, що могло бути спричинено кліматичними умовами – зокрема, дефіцитом опадів у травні, що вплинуло на процес наливу зерна. Попри це, сорти з високою стійкістю до азотного дефіциту та ті, що добре реагують на підвищене азотне живлення, зберегли свої характеристики в обох роках досліджень.

Для оцінки впливу факторів на врожайність було проведено дисперсійний аналіз отриманих даних з використанням ANOVA, за 2022/2023 та 2023/2024 в. г. окремо (табл. 5).

Таблиця 5

Інтерпретація даних результатів з використанням ANOVA

Параметр	2022/2023 рік	2023/2024 рік
Фактор А (Сорт пшениці озимої)	$F = 59.996$, $p = 5.65 \times 10^{-68}$ (значущий)	$F = 30.981$, $p = 6.91 \times 10^{-46}$ (значущий)
Фактор В (Рівень азотного живлення)	$F = 1373.04$, $p = 4.56 \times 10^{-119}$ (значущий)	$F = 1020.59$, $p = 5.69 \times 10^{-107}$ (значущий)
Взаємодія (Фактор А $\times$ В)	$F = 9.652$, $p = 2.52 \times 10^{-26}$ (значуща)	$F = 5.998$, $p = 3.01 \times 10^{-16}$ (значуща)
Залишкова дисперсія	Не має статистичної значущості	Не має статистичної значущості

Джерело: результати статистичної обробки карт урожайності 2023 та 2024 рр.

Результати ANOVA свідчать про значний вплив рівня азотного живлення (фактор В) на врожайність пшениці озимої впродовж двох років проведення дослідження. Високі значення F-критерію та низькі p -значення підтверджують, що рівень азотного живлення є головним фактором, який визначає продуктивність культури.

Вплив сорту (фактор А) також є статистично значущим у кожному з років, що вказує на те, що генетичні особливості кожного сорту суттєво впливають на врожайність. Проте у 2024 році значення F-критерію для цього фактора знизилася порівняно з 2023-м, що може свідчити про підвищену стабільність сортів або менший вплив погодних умов на відмінності між ними.

Взаємодія між сортами та рівнями азотного живлення (фактор А $\times$ В) також є статистично значущою, що свідчить про різну реакцію сортів на внесення азотних добрив. Однак у 2024 році значення F-критерію для взаємодії зменшилося, що може вказувати на зниження варіативності сортової реакції у відповідь на зміну рівня азотного живлення.

Висновки

Урожайність пшениці озимої суттєво залежить від норм внесення азотних добрив. Найвищі показники врожайності були отримані при внесенні N_{100+45} . Взаємодія між сортами та рівнем азотного живлення була статистично значущою, що підтверджує необхідність диференційованого підходу до удобрення залежно від сорту.

Сорти 'Софру', 'Депот' і 'Реформ' є високопластичними – формують стабільну врожайність навіть за низького рівня азотного живлення, що свідчить про їхню толерантність до обмежених умов живлення. 'Лазулі', 'Бонанза' та 'Софру' є сортами інтенсивного типу – урожайність суттєво зростає за підвищення рівня азотного живлення.

Подальші дослідження будуть спрямовані на аналізування особливостей формування врожайності сортів пшениці озимої залежно від погодних умов та ефективності різних рівнів азотного живлення.

Використана література

1. Demydov O. A., Kyrylenko V. V., Pravdziva I. V. et al. Influence of abiotic and anthropogenic factors of the formation of winter wheat grain quality indicators. *Agronomy Research*. 2024. Vol. 22, No. 3. P. 1128–1145. <https://doi.org/10.15159/ar.24.089>
2. Мірошніченко М. М., Панасенко Є. В., Звонар А. М. та ін. Вимогливість сучасних сортів пшениці озимої до мінерального живлення. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 4. С. 28–35. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202104-04>

3. Litke L., Gaile Z., Ruza A. Effect of nitrogen fertilization on winter wheat yield and yield quality. *Agronomy Research*. 2018. Vol. 16, No. 2. P. 500–509. <https://doi.org/10.15159/AR.18.064>
4. Демидов О. А., Рисін А. Л., Вологдіна Г. Б. та ін. Особливості створення вихідного матеріалу пшениці м'якої озимої з високим потенціалом продуктивності та якості зерна в Лісостепу України. Київ : Компрінт, 2024. 300 с. <https://doi.org/10.31073/978-617-8171-51-3>
5. Заїма О. А., Дергачов О. Л., Сіроштан А. А. та ін. Урожайність та якість зерна пшениці озимої за різних технологій вирощування. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2024. Т. 20, № 1. С. 49–55. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.20.1.2024.300136>
6. Motsnyi I., Lytvynenko M., Golub E. et al. Disease resistance and adaptation of winter wheat lines derived from wide hybridization under arid environments. *Zemdirbyste-Agriculture*. 2022. Vol. 109, No. 3. P. 227–236. <https://doi.org/10.13080/z-a.2022.109.029>
7. Giordano N., Sadras V. O., Lollato R. P. Late-season nitrogen application increases grain protein concentration and is neutral for yield in wheat: a global meta-analysis. *Field Crops Research*. 2023. Vol. 290. Article 108740. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2022.108740>
8. Ellen J., Spiertz J. H. J. Effects of rate and timing of nitrogen dressings on grain yield formation of winter wheat (*T. aestivum* L.). *Fertilizer Research*. 1980. Vol. 1, No. 3. P. 177–190. <https://doi.org/10.1007/BF01053130>
9. Barraclough P. B., Howarth J. R., Jones J. et al. Nitrogen efficiency of wheat: genotypic and environmental variation and prospects for improvement. *European Journal of Agronomy*. 2010. Vol. 33, No. 1. P. 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2010.01.005>
10. Salim N., Raza A. Nutrient use efficiency (NUE) for sustainable wheat production: a review. *Journal of Plant Nutrition*. 2020. Vol. 43, No. 2. P. 297–315. <https://doi.org/10.1080/01904167.2019.1676907>
11. Makary T., Schulz R., Müller T., Pekrun C. Simplified N fertilization strategies for winter wheat. Part 1: plants: compensation capacity of modern wheat varieties. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 2020. Vol. 66, No. 6. P. 847–857. <https://doi.org/10.1080/03650340.2019.1641697>
12. Burton A., Häner L. L., Schaad N. et al. Evaluating nitrogen fertilization strategies to optimize yield and grain nitrogen content in top winter wheat varieties across Switzerland. *Field Crops Research*. 2024. Vol. 307. Article 109251. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2024.109251>
13. Li D., Mo S., Batchelor W. D. et al. Effects of nitrogen topdressing and paclobutrazol at different stages on spike differentiation and yield of winter wheat. *PeerJ*. 2021. Vol. 9. Article e12473. <https://doi.org/10.7717/peerj.12473>
14. Herrera J. M., Levy L., Häner F. et al. Lessons from 20 years of studies of wheat genotypes in multiple environments and under contrasting production systems. *Frontiers in Plant Science*. 2020. Vol. 10. Article 1745. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01745>
15. Kolupaev Yu. E., Yastreb T. O., Ryabchun N. I. et al. Response of *Triticum aestivum* seedlings of different ecological and geographical origin to heat and drought: relationship with resistance to oxidative stress and osmolyte accumulation. *Agriculture and Forestry*. 2023. Vol. 69, No. 2. P. 83–99. <https://doi.org/10.17707/AgricultForest.69.2.07>
16. Гасанова І. І., Ноздріна Н. Л., Єрашова М. В., Педаш О. О. Вплив погодних умов та сортових особливостей на формування елементів структури врожаю пшениці м'якої озимої в Північному Степу. *Зернові культури*. 2022. Т. 6, № 1. С. 82–90. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0210>
17. Hawkesford M. J. Genetic variation in traits for nitrogen use efficiency in wheat. *Journal of Experimental Botany*. 2017. Vol. 68, No. 10. P. 2627–2632. <https://doi.org/10.1093/jxb/erx079>
18. Cormier F., Faure S., Dubreuil P. et al. A multi-environmental study of recent breeding progress on nitrogen use efficiency in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Theoretical and Applied Genetics*. 2013. Vol. 126, No. 12. P. 3035–3048. <https://doi.org/10.1007/s00122-013-2191-9>
19. Харченко М. В., Юрченко Т. В., Пикало С. В., Василюк В. П. Оцінка посухостійкості сортів пшениці м'якої озимої іноземної селекції у Центральному Лісостепу України. *Зернові культури*. 2024. Т. 8, № 1. С. 31–39. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0307>
20. Studnicki M., Derejko A., Wójcik-Gront E., Kosma M. Adaptation patterns of winter wheat cultivars in agro-ecological regions. *Scientia Agricola*. 2019. Vol. 76, No. 2. P. 148–156. <https://doi.org/10.1590/1678-992X-2017-0183>
21. Kyrylenko V. V., Humeniuk O. V., Kochmarskyi V. S. et al. Influence of climatic factors on *Triticum aestivum* L. grains formation in F₁ crossing varieties with 1AL.1RS and 1BL.1RS translocations. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. Vol. 11, No. 2. P. 99–105. https://doi.org/10.15421/2021_85
22. Правдзіва І. В., Демидов О. А., Гудзенко В. М., Дергачов О. Л. Оцінювання врожайності та стабільності генотипів пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.) залежно від попередників та строків сівби. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2020. Т. 16, № 3. С. 291–302. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.16.3.2020.214923>
23. Panfilova A., Gamayunova V., Smirnova I. Influence of fertilizing with modern complex organic-mineral fertilizers to grain yield and quality of winter wheat in the Southern Steppe of Ukraine. *Agraarteadus*. 2020. No. 2. P. 196–201. <https://doi.org/10.15159/jas.20.28>

24. Shtakal M., Holyk L., Levchenko O. et al. Assessment of winter wheat varieties and lines for stable yield and adaptability in the conditions of Forest-Steppe climate change. *Bulletin of Agricultural Science*. 2022. No. 3. P. 62–69. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202203-08>
25. Litovchenko, A. O. (2019). Productivity of winter wheat varieties depending on the predecessor and background of the Southern Steppe of Ukraine: thesis for the degree of Candidate of Agricultural Sciences (PhD) in specialty 06.01.09 "Crop Science" (Agricultural Sciences). Mykolaiv National Agrarian University, Mykolaiv.
26. Гамаюнова В. В., Корхова М. М., Панфілова А. В. Пшениця озима: ресурсний потенціал та технологія вирощування. Миколаїв : МНАУ, 2021. 300 с.
27. Derejko A., Studnicki M., Wojcik-Gront E. Grain yield performance and stability of winter wheat and triticale cultivars in a temperate climate. *Crop Science and Engineering*. 2021. Vol. 61, No. 6. P. 3962–3971. <https://doi.org/10.1002/csc2.20594>
28. Tapley M., Ortiz B. V., Van Santen E. et al. Location, seeding date, and variety interactions on winter wheat yield in Southeastern United States. *Agronomy Journal*. 2013. Vol. 105. P. 509–518. <https://doi.org/10.2134/agronj2012.0379>
29. Базалій В. В., Бойчук І. В., Козлова О. П. та ін. Вплив часу відновлення весняної вегетації і строків сівби на врожайність сортів пшениці озимої різного типу розвитку. *Аграрні інновації*. 2022. № 11. С. 68–73. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.11.9>
30. Дослідна справа в агрономії. Кн. 1: Теоретичні аспекти дослідної справи / за ред. А. О. Рожкова. Харків : Майдан, 2016. 316 с.

References

1. Demydov, O. A., Kyrylenko, V. V., Pravdziva, I. V., Humeniuk, O. V., Dubovik, N. S., Suddenko, Yu. M., Los, R. M., Olefirenko, B. A., Radchenko, O. V., & Shadchyna, L. V. (2024). Influence of abiotic and anthropogenic factors on the formation of winter wheat grain quality indicators. *Agronomy Research*, 22(3), 1128–1145. <https://doi.org/10.15159/ar.24.089>
2. Miroshnychenko, M. M., Panasenko, Ye. V., Zvonar, A. M., Leonov, O. Yu., Galasun, Yu. P., & Havryliuk, V. A. (2021). Demands of modern winter wheat varieties for mineral nutrition. *Bulletin of Agricultural Science*, 4, 28–35. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202104-04> [In Ukrainian]
3. Litke, L., Gaile, Z., & Ruza, A. (2018). Effect of nitrogen fertilization on winter wheat yield and yield quality. *Agronomy Research*, 16(2), 500–509. <https://doi.org/10.15159/AR.18.064>
4. Demydov, O. A., Rysin, A. L., Volohdina, H. B., Humeniuk, O. V., & Fedorenko, I. V. (2024). *Features of creating initial material of soft winter wheat with high productivity and grain quality potential in the Forest-Steppe of Ukraine*. Komprint. <https://doi.org/10.31073/978-617-8171-51-3> [In Ukrainian]
5. Zaiema, O. A., Dergachov, O. L., Sirotan, A. A., Pravdziva, I. V., & Khomenko, T. M. (2024). Yield and grain quality of winter wheat under different growing technologies. *Plant Varieties Studying and Protection*, 20(1), 49–55. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.20.1.2024.300136> [In Ukrainian]
6. Motsnyi, I., Lytvynenko, M., Golub, E., Nargan, T., Nakonechnyy, M., Lyfenko, S., Molodchenkova, O., Fanin, Ya., Mishchenko, I., Smertenko, A., & Mishchenko, L. (2022). Disease resistance and adaptation of winter wheat lines derived from wide hybridization under arid environments. *Zemdirbyste-Agriculture*, 109(3), 227–236. https://zemdirbyste-agriculture.lt/1093_str-29/
7. Giordano, N., Sadras, V. O., & Lollato, R. P. (2023). Late-season nitrogen application increases grain protein concentration and is neutral for yield in wheat: A global meta-analysis. *Field Crops Research*, 290, Article 108740. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2022.108740>
8. Ellen, J., & Spiertz, J. H. J. (1980). Effects of rate and timing of nitrogen dressings on grain yield formation of winter wheat (*T. aestivum* L.). *Fertilizer Research*, 1(3), 177–190. <https://doi.org/10.1007/BF01053130>
9. Barraclough, P. B., Howarth, J. R., Jones, J., Lopez-Bellido, R., Parmar, S., Shepherd, C. E., & Hawkesford, M. J. (2010). Nitrogen efficiency of wheat: Genotypic and environmental variation and prospects for improvement. *European Journal of Agronomy*, 33(1), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2010.01.005>
10. Salim, N., & Raza, A. (2020). Nutrient use efficiency (NUE) for sustainable wheat production: A review. *Journal of Plant Nutrition*, 43(2), 297–315. <https://doi.org/10.1080/01904167.2019.1676907>
11. Makary, T., Schulz, R., Müller, T., & Pekrun, C. (2020). Simplified N fertilization strategies for winter wheat. Part 1: Compensation capacity of modern wheat varieties. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 66(6), 847–857. <https://doi.org/10.1080/03650340.2019.1641697>
12. Burton, A., Häner, L. L., Schaad, N., Strebel, S., Vuille-dit-Bille, N., Bongiovani, P. F., Holzkämper, 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, 109251. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2024.109251>

13. Li, D., Mo, S., Batchelor, W. D., Cheng, R., Wang, H., & Li, R. (2021). Effects of nitrogen topdressing and paclobutrazol at different stages on spike differentiation and yield of winter wheat. *PeerJ*, 9, Article e12473. <https://doi.org/10.7717/peerj.12473>
14. Herrera, J. M., Levy Häner, L., Mascher, F., Hiltbrunner, J., Fossati, D., Brabant, C., Charles, R., & Pellet, D. (2020). Lessons from 20 years of studies of wheat genotypes in multiple environments and under contrasting production systems. *Frontiers in Plant Science*, 10, Article 1745. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01745>
15. Kolupaev, Yu. E., Yastreb, T. O., Ryabchun, N. I., Kuzmyshyna, N. V., Shkliarevskyi, M. A., Barabolia, O., & Pysarenko, V. M. (2023). Response of *Triticum aestivum* seedlings of different ecological and geographical origin to heat and drought: Relationship with resistance to oxidative stress and osmolyte accumulation. *Agriculture and Forestry*, 69(2), 83–99. <https://doi.org/10.17707/AgricultForest.69.2.07>
16. Hasanova, I. I., Nozdrina, N. L., Yerashova, M. V., & Pedash, O. O. (2022). Influence of weather conditions and varietal characteristics on the formation of yield structure elements of soft winter wheat in the Northern Steppe. *Grain Crops*, 6(1), 82–90. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0210> [In Ukrainian]
17. Hawkesford, M. J. (2017). Genetic variation in traits for nitrogen use efficiency in wheat. *Journal of Experimental Botany*, 68(10), 2627–2632. <https://doi.org/10.1093/jxb/erx079>
18. Cormier, F., Faure, S., Dubreuil, P., Heumez, E., Beauchêne, K., Lafarge, S., Praud, S., & Le Gouis, J. (2013). A multi-environmental study of recent breeding progress on nitrogen use efficiency in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Theoretical and Applied Genetics*, 126(12), 3035–3048. <https://doi.org/10.1007/s00122-013-2191-9>
19. Kharchenko, M. V., Yurchenko, T. V., Pykalo, S. V., & Vasilyuk, V. P. (2024). Assessment of drought tolerance of soft winter wheat varieties of foreign breeding in the Central Forest-Steppe of Ukraine. *Grain Crops*, 8(1), 31–39. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0307> [In Ukrainian]
20. Studnicki, M., Derejko, A., Wójcik-Gront, E., & Kosma, M. (2019). Adaptation patterns of winter wheat cultivars in agro-ecological regions. *Scientia Agrícola*, 76(2), 148–156. <https://doi.org/10.1590/1678-992X-2017-0183>
21. Kyrylenko, V. V., Humeniuk, O. V., Kochmarskyi, V. S., Volohdina, H. B., Pykalo, S. V., Dubovyk, N. S., Sabadyn, V. Ya., & Lobachov, V. O. (2021). Influence of climatic factors on *Triticum aestivum* L. grain formation in F₁ crossing varieties with 1AL.1RS and 1BL.1RS translocations. *Ukrainian Journal of Ecology*, 11(2), 99–105. https://doi.org/10.15421/2021_85
22. Pravdziva, I. V., Demydov, O. A., Hudzenko, V. M., & Dergachov, O. L. (2020). Evaluation of yield and stability of soft winter wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes depending on predecessors and sowing dates. *Plant Varieties Studying and Protection*, 16(3), 291–302. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.16.3.2020.214923>
23. Panfilova, A., Gamayunova, V., & Smirnova, I. (2020). Influence of fertilizing with modern complex organic-mineral fertilizers on grain yield and quality of winter wheat in the Southern Steppe of Ukraine. *Agraarteadus*, 2, 196–201. <https://doi.org/10.15159/jas.20.28>
24. Shtakal, M., Holyk, L., Levchenko, O., Shpakovych, I., & Ivashchenko, S. (2023). Assessment of winter wheat varieties and lines for stable yield and adaptability in the conditions of Forest-Steppe climate change. *Bulletin of Agricultural Science*, 3, 62–69. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202203-08>
25. Litovchenko, A. O. (2019). *Productivity of winter wheat varieties depending on the predecessor and background of the Southern Steppe of Ukraine* (PhD thesis). Mykolaiv National Agrarian University, Mykolaiv, Ukraine.
26. Gamayunova, V. V., Korkhova, M. M., & Panfilova, A. V. (2021). *Winter wheat: Resource potential and cultivation technology*. MNAU. [In Ukrainian]
27. Derejko, A., Studnicki, M., & Wojcik-Gront, E. (2021). Grain yield performance and stability of winter wheat and triticale cultivars in a temperate climate. *Crop Science and Engineering*, 61(6), 3962–3971. <https://doi.org/10.1002/csc2.20594>
28. Tapley, M., Ortiz, B. V., Van Santen, E., Balkcom, K. S., Mask, P., & Weaver, D. B. (2013). Location, seeding date, and variety interactions on winter wheat yield in the Southeastern United States. *Agronomy Journal*, 105, 509–518. <https://doi.org/10.2134/agronj2012.0379>
29. Bazaliy, V. V., Boychuk, I. V., Kozlova, O. P., Larchenko, O. V., & Bazaliy, G. G. (2022). Influence of spring vegetation recovery time and sowing dates on yield of winter wheat varieties of different types of development. *Agrarian Innovations*, 11, 68–73. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.11.9>
30. Rozhkov, A. O., Puzik, V. K., & Kalenska, S. M. (Eds.). (2016). *Experimental work in agronomy. Book 1. Theoretical aspects of experimental work*. Maidan. [In Ukrainian]

UDC 633.11:631.811.98

Misiura, O. I., & Kalenska, S. M.* (2025). Variety-Related Winter Wheat Response to Foliar Application of Fertilisers. *Advanced Agritechnologies*, 13(3). <https://doi.org/10.47414/na.13.3.2025.342043> [In Ukrainian]

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 15 Heroiv Oborony St., Kyiv, 03041, Ukraine,
e-mail: kalenskaya@nubip.edu.ua

Purpose. To identify winter wheat varieties based on their yield response to nitrogen application rates. **Methods.** Field trials were conducted at LLC "CHIMK" (Chernihiv district, Chernihiv region) in 2023–2024. The experiment included 17 winter wheat varieties (Factor A) and three foliar nitrogen fertilisation regimes (Factor B): N_{0+45} ; N_{50+45} ; N_{100+45} . Each plot measured 9×20 m (180 m^2), with five replications. Harvesting was carried out plot by plot, followed by analysis of yield maps generated from combine monitoring systems. **Results.** Varieties demonstrating stable yields under reduced nitrogen rates included 'Depot' (6.36 t/ha), 'Sofru' (6.49 t/ha), and 'Ceramic' (5.97 t/ha). Varieties tolerant to nitrogen deficit but also responsive to increased fertiliser rates included 'Bonanza' (7.51 t/ha), 'Depot' (7.93 t/ha), and 'Colonia' (7.33 t/ha). Two-factor ANOVA revealed statistically significant effects of both winter wheat variety and nitrogen rate on yield. In 2023, the variety factor was significant ($F = 59.996$, $p = 5.65 \times 10^{-68}$), nitrogen rate had a highly significant effect ($F = 1373.04$, $p = 4.56 \times 10^{-119}$), and their interaction was also significant ($F = 9.652$, $p = 2.52 \times 10^{-26}$). In 2024, these effects remained significant: variety ($F = 30.981$, $p = 6.91 \times 10^{-46}$), nitrogen rate ($F = 1020.59$, $p = 5.69 \times 10^{-107}$), and interaction ($F = 5.998$, $p = 3.01 \times 10^{-16}$). The interaction between factors confirmed varietal differences in response to nitrogen rates across the 2022/2023 and 2023/2024 growing seasons. Nitrogen rate had the strongest influence, although varietal differences were more pronounced in 2024. **Conclusions.** The findings are practically relevant for optimising winter wheat cultivation technologies in the northern part of the Left-Bank Forest Steppe of Ukraine. They enable adjustment of nitrogen application rates according to variety to enhance yield and resource efficiency. In particular, varieties with high yield potential are suitable for variable rate application (VRA) technologies, allowing precise fertiliser dosing tailored to specific varietal needs and field conditions.

Keywords: winter wheat; nitrogen nutrition; yield; mineral nutrition intensity; Northern Forest Steppe of Ukraine.

Надійшла / Received 01.10.2025
Погоджено до друку / Accepted 20.10.2025