

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ПШЕНИЦІ ЯРОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ

Шувар А., доктор с.-г. наук, професор,
<https://orcid.org/0000-0002-6016-0896>, e-mail: a.shuvar@wunu.edu.ua
Рижак Р., аспірант ЗУНУ
<https://orcid.org/0009-0000-4156-6068>, e-mail: ryzhak08@gmail.com
Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль

Анотація

Мета – наукове обґрунтування впливу окремих елементів технології вирощування, зокрема оптимізації строків позакореневого внесення карбаміду на особливості формування продуктивності та показників якості зерна пшениці ярої (сорт МІП «Олександра») в ґрунтово-кліматичних умовах західного Лісостепу України. Дослідження спрямоване на визначення найбільш ефективного варіанту поєднання термінів підживлення для максимальної реалізації біологічного потенціалу культури в умовах нестабільного гідротермічного режиму та слабкокислих ґрунтів регіону.

Методи. Дослідження проводилися у 2023-2025 рр. на чорноземах опідзолених слабозмитих. У роботі застосовано комплекс загальнонаукових і спеціальних агрономічних методів: польовий (для вивчення взаємодії об'єкта з факторами довкілля), лабораторно-аналітичний (визначення якості зерна методом інфрачервоної спектроскопії згідно з ДСТУ 4117:2007), розрахунковий і статистичний (математична обробка результатів). Схема досліду передбачала вивчення ефективності позакореневого підживлення водним розчином карбаміду (22,5 кг/га) у різні фази органогенезу за шкалою ВВСН (33, 51 та 59) на фоні мінерального удобрення $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{30}$.

Результати. Установлено, що позакореневе внесення карбаміду забезпечує істотне підвищення врожайності та покращення структури посіву. Максимальну середню врожайність за роки досліджень зафіксовано за триразового підживлення (фази 33, 51 та 59 за ВВСН) – 4,62 т/га, що на 0,53 т/га перевищує контрольний показник. Такий результат досягнуто завдяки оптимізації елементів структури врожаю: збільшенню кількості продуктивних стебел до 420 шт/м², маси 1000 зерен до 42,1 г та ваги зерна з колоса до 1,10 г. Якість зерна за цього варіанта відповідала показникам 1-го класу: вміст білка зріс до 13,10%, клейковини – до 24,10%, натура зерна – до 700 г/л. Виявлено високі позитивні кореляційні зв'язки між урожайністю та натурою зерна ($r = 0,97$), а також вмістом білка ($r = 0,88$). Економічний аналіз підтвердив доцільність багаторазового підживлення: додатковий прибуток склав 2,24 тис. грн/га за найнижчої собівартості продукції – 2,06 тис. грн/т.

Висновки. Комплексне триразове позакореневе підживлення карбамідом у критичні фази розвитку (ВВСН 33, 51, 59) є високоефективним технологічним прийомом для західного Лісостепу України. Воно забезпечує збалансоване азотне живлення, стимулює процеси плодоутворення та покращує хлібопекарські властивості зерна. Оптимізація системи підживлення дає змогу не лише підвищити врожайність на 13%, а й суттєво знизити виробничі витрати на одиницю продукції, гарантуючи стабільну економічну ефективність вирощування пшениці ярої.

Ключові слова: пшениця яра, технологія вирощування, позакореневе підживлення, карбамід, урожайність, структура врожаю, якість зерна, економічна ефективність.



Вступ. Пшениця яра є цінною зерновою культурою харчового та фуражного призначення, яка здатна формувати високі врожаї за умови оптимального забезпечення рослин елементами мінерального живлення та створення сприятливих умов для росту й розвитку. Зерно поєднує низку позитивних властивостей і використовується як продовольча, кормова та технічна культура [Бараболя, Латиш, 2024]. Пшениця яра характеризується високою адаптивною здатністю до різних ґрунтово-кліматичних умов, підвищеною стійкістю до стресових факторів, хорошою реакцією на удобрення та достатньо високою потенційною продуктивністю [Saddiq et al., 2019; Гуменюк, Ковалишин, 2022]. Численні дослідження свідчать, що зерно пшениці ярої містить підвищений вміст сирого білка та може формувати високу поживність [Надточій, Байда, 2020]. В Україні простежується зростання зацікавлення до пшениці ярої як до страхової культури з високим потенціалом урожайності та доброю якістю продукції. Зерно і борошно пшениці ярої використовуються у виробництві різноманітних видів хліба, кондитерських виробів, спирту, комбікормів та інших продуктів.

Незважаючи на значний генетичний потенціал продуктивності, культура все ще характеризується недостатнім рівнем реалізації біологічних можливостей у виробничих умовах, що зумовлено браком науково обґрунтованих технологічних рішень, спрямованих на адаптацію рослин до абіотичних стресів і варіабельності агрокліматичних умов [Солодушко, 2014; Rehman et al., 2021; Jalli et al., 2021; Андрусенко, Барановська, 2023].

Особливої актуальності питання оптимізації технології вирощування набуває в західному Лісостепу України, де природні умови вирізняються поєднанням порівняно низької родючості ґрунтів, підвищеної кислотності орного шару та нестабільного водно-теплого режиму. Такі умови обмежують реалізацію потенціалу продуктивності культури та потребують застосування дієвих агротехнологічних заходів,

здатних забезпечити збалансоване мінеральне живлення та підвищити стійкість рослин до стресових факторів [Іванцова, Федоренко 2024; Поліщук, 2025].

До перспективних шляхів удосконалення технології вирощування ярої тритикале належать раціональні системи удобрення та застосування позакореневих підживлень, які забезпечують рослини доступними формами поживних речовин у критичні періоди органогенезу. За даними сучасних досліджень, саме поєднання основного удобрення з позакореневими підживленнями азотом дає змогу значно підвищити реалізацію потенціалу продуктивності й покращити якість зерна тритикале ярої, особливо за умов нестабільного гідротермічного режиму [Надточій, Байда, 2020; Silva-Pérez et al., 2020].

Одним із ключових факторів реалізації продуктивного потенціалу пшениці є оптимізація мінерального живлення, насамперед азотного. Мінеральні добрива впливають на ріст і розвиток рослин, густоту та виживання посівів, інтенсивність фотосинтезу, формування елементів структури врожаю та показники якості зерна [Vasundhara, Chhabra, 2021.; Гуменюк, Ковалишин, 2022]. Результати численних досліджень підтверджують, що вміст білка та клейковини в зерні пшениці істотно зростає за умов раціонального азотного живлення, зокрема за поєднання ґрунтового внесення добрив із позакореневими підживленнями [Крамарьов та ін., 2020; Ляшенко, Марчук, 2021].

Водночас більшість робіт щодо ефективності доз і строків внесення добрив виконано переважно на озимих формах пшениці або інших озимих зернових. Питання реакції саме ярої пшениці на позакореневе азотне живлення, особливо за фазами органогенезу, вивчене недостатньо. З огляду на це актуальним є дослідження впливу позакореневого внесення карбаміду у різні фази розвитку рослин на формування продуктивності та якості зерна пшениці ярої в умовах західного Лісостепу України.

З огляду на вищезазначене досліджен-

ня ефективності елементів технології вирощування, зокрема строків позакореневого внесення карбаміду, є актуальним науковим завданням, спрямованим на підвищення продуктивності пшениці ярої та адаптацію технології до ґрунтово-кліматичних особливостей західного Лісостепу України.

Методи і матеріали. Дослідження проводилися на чорноземі опідзоленому слабозмитому у 2023-2025 рр. Попередник – соя. Агрохімічна характеристика ґрунту, на якому закладено дослід, є такою: вміст гумусу – 3,15%, вміст азоту, що легко гідролізується (за Корнфілдом), – 175 мг N на кг ґрунту, вміст рухомого фосфору (за Чириковим) – 106 мг/кг ґрунту, вміст рухомого калію (за Чириковим) – 106 мг/кг ґрунту. Реакція ґрунтового середовища (рН_{сол.} – 5,8) – слабокисла, гідролітична кислотність – 2,89 мг.-екв/100 г ґрунту, сума увібраних основ – 19,2 мг.-екв/100 г ґрунту. Сорт пшениці ярої – МІП «Олександра». Система обробітку ґрунту – загальноприйнята для зони проведення досліджень.

Схема досліду передбачала таке: 1. контроль (оприскування посівів водою); 2. карбамід (у підживлення на 33 стадії розвитку за ВВСН); 3. карбамід (у підживлення на 51 стадії розвитку за ВВСН); 4. карбамід (у підживлення на 59 стадії розвитку за ВВСН); 5. карбамід (у підживлення на 33, 51 і 59 стадіях розвитку за шкало ВВСН). Позакореневе листкове підживлення здійснювали водним розчином карбаміду нормою 22,5 кг/га на фоні мінеральних добрив $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{30}$ IV е.о. (IV етап органогенезу).

Карбамід (сечовина) – одне з основних азотовмісних добрив для позакореневого підживлення рослин. Агрономічний препарат становить собою безбарвні або білі (іноді з легким жовтим відтінком) кристали без запаху, до складу яких входить 46,2% загального азоту, що забезпечує високу концентрацію елемента живлення. Водний розчин карбаміду має нейтральну реакцію середовища і, на відміну від розчину аміачної селітри, за дотримання

рекомендованих концентрацій не спричиняє опіків листової поверхні. Азот у карбаміді перебуває переважно в амідній формі, яка добре засвоюється рослинами за позакореневого внесення [Мойсієнко, 2015; Пелех, 2022].

Облікова площа ділянок становила 30 м², повторність – чотириразова. Сорт пшениці ярої МІП «Олександра» вирощували за загальноприйнятою для Лісостепу технологією. Збирання врожаю проводили прямим комбайнуванням із подільним зважуванням та перерахунком на 100% чистоту й 14% вологість зерна.

У процесі досліджень застосовувалися загальнонаукові та спеціальні агрономічні методи. Якість зерна пшениці ярої визначалася за стандартизованими методиками та з використанням інфрачервоної спектроскопії відповідно до вимог ДСТУ 4117:2007. Математична обробка результатів польових дослідів здійснювалася з використанням стандартних статистичних процедур у середовищі Microsoft Excel 2010.

Результати. Аналіз метеорологічних умов 2023-2025 рр. засвідчив, що обидва роки мали свої особливості, які по-різному впливали на ріст і розвиток пшениці ярої. За інтегральною оцінкою сприятливості умов для реалізації продуктивності культури більш сприятливим виявився 2023 рік. Він характеризувався підвищеною температурою повітря та надмірною кількістю опадів у березні (60,8 мм за норми 44 мм), що сприяло дружній появі сходів, а також оптимальною сумою опадів у червні (106,3 мм) у фазу виходу в трубку, коли потреба рослин у волозі значно зростає.

Продуктивність пшениці ярої суттєво залежить від керованих технологічних чинників, насамперед від системи мінерального живлення та позакореневих підживлень азотними добривами за етапами органогенезу [9]. Отримані результати свідчать про високу ефективність позакореневого підживлення карбамідом на фоні збалансованого мінерального удобрення (табл. 1).

Установлено, що максимальна врожайність пшениці ярої в середньому за 2023-2025 рр. формувалася за триразового оприскування карбамідом (на 33, 51, та 59 стадіях розвитку рослин за ВВСН) – 4,62 т/га. Це сприяло збільшенню врожайності культури на 0,53 т/га. Одноразове обприскування у фазі 33 за ВВСН також сприяло зростанню врожайності до 4,26 т/га, однак ефект був менш вираженим.

Для пшениці ярої мінеральні добрива, особливо азотні, є важливим чинником формування показників якості зерна. Дослідження свідчать, що раціональне застосування азотних добрив, у тому числі позакореневих підживлень карбамідом, сприяє підвищенню вмісту білка і поліпшенню якості клейковини [3, 10]. Водночас надмірні дози азоту або несвоєчасне внесення можуть негативно позначатися на структурі врожаю, вмісті крохмалю та економічних показниках.

Якість зерна пшениці ярої в середньому за три роки була високою, що свідчить про її потенціал для використання у зернопереробній і харчовій промисловості.

Вміст білка варіювався у межах 11,47-

13,10% і мав високий позитивний кореляційний зв'язок із урожайністю ($r = 0,88$). Вміст сирової клейковини становив 22,20-24,10%, між цим показником і врожайністю також отримано позитивну кореляцію. Натомість вміст крохмалю у зерні (55,0-57,7%) мав обернений зв'язок із урожайністю: мінімальне значення (55,0%) зафіксовано на варіанті з максимальною врожайністю.

Натура зерна пшениці ярої була відносно невисокою – 678-700 г/л, однак між цим показником та врожайністю виявлено дуже високий позитивний кореляційний зв'язок ($r = 0,97$). Максимальну натуру (700 г/л) забезпечив варіант із трьома позакореневими підживленнями карбамідом. Відповідно до ДСТУ 3768:2019, отримане зерно за показниками якості належить переважно до 1 класу.

Аналіз структури врожаю засвідчив, що основними елементами продуктивності, які істотно впливають на врожайність пшениці ярої, є кількість продуктивних стебел, кількість зерен у колосі, маса зерна з колоса та маса 1000 зерен (табл. 2).

Зокрема, оприскування карбамідом на

Таблиця 1 – Урожайність зерна пшениці ярої та його якість (2023-2025 рр.)

Зміст варіантів*	Урожайність, т/га	± до контролю	Натура зерна, г/л	Вміст у зерні, %		
				сирового білка	сирової клейковини	крохмалю
Оприскування водою (контроль)	4,09	-	678	11,47	22,20	57,7
Карбамід (підживлення на 33 стадії за ВВСН)	4,26	0,17	685	12,07	23,60	56,7
Карбамід (підживлення на 51 стадії за ВВСН)	4,20	0,11	683	13,03	23,84	56,5
Карбамід (підживлення на 59 стадії за ВВСН)	4,15	0,06	690	12,93	23,9	56,8
Карбамід (підживлення 3 рази на 33, 51, 59 стадіях за ВВСН)	4,62	0,53	700	13,10	24,10	55,0
Нір05	0,23					

Примітка* - фон мінеральних добрив $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{30}$ IV е.о

Таблиця 2 – Структура урожаю пшениці ярої, 2023-2025 рр.

Зміст варіантів*	Кількість продуктивних стебел, шт./м ²	Кількість зерен в колосі, шт/колос	Вага зерна з колоса, г/колос	Маса 1000 зерен, г
Оприскування водою (контроль)	390	37,0	1,01	39,6
Карбамід (підживлення на 33 стадії за ВВСН)	415	44,4	1,03	40,8
Карбамід (підживлення на 51 стадії за ВВСН)	405	43,4	1,08	41,6
Карбамід (підживлення на 59 стадії за ВВСН)	408	42,2	1,02	41,4
Карбамід (підживлення на 33, 51, 59 стадіях за ВВСН)	420	46,4	1,10	42,1

Примітка* - фон мінеральних добрив $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{30}$ IV е.о.

33 стадії за ВВСН (1 раз по 22,5 кг/га) сприяло збільшенню продуктивних стебел до 415 шт/м², на 51 – до 405 шт/м², на 59 – до 408 шт/м² при 390 шт/м² продуктивних стебел на контрольному варіанті.

Найкращі показники ценозу пшениці ярої за густотою стояння рослин формувалися за триразового позакореневого підживлення карбамідом. На цьому варіанті кількість продуктивних стебел становила 420 шт/м², що на 30 шт/м² більше, ніж на контрольному варіанті. Це свідчить про стимулюючий вплив азотних підживлень на розвиток рослин і формування продуктивних стебел.

Також варто зазначити, що найбільшу кількість зерен з колоса – 46,4 штук/колос – теж отримано на цьому варіанті, що свідчить про покращення процесу плодоутворення та формування більшого числа зерен у колосі. Доцільно вказати, що триразове позакореневе внесення карбаміду сприяло збільшенню ваги зерна з колоса – до 1,10 г і маси 1000 зерен – до 42,1 г, що відобразилося на загальній врожайності та якості культури пшениці ярої. Загалом застосування карбаміду на різних стадіях розвитку рослин сприяло покращенню всіх досліджуваних параметрів якості зерна пшениці ярого.

Економічна ефективність застосування мінеральних добрив є ключовим критерієм доцільності впровадження

відповідних технологічних заходів у виробництво. Мінеральні добрива та позакореневі підживлення здатні істотно підвищувати врожайність і якість продукції, що безпосередньо впливає на рівень доходів сільськогосподарських підприємств.

За результатами розрахунків встановлено, що економічний ефект від застосування карбаміду варіювався у межах 0,20-2,24 тис. грн/га залежно від варіанту досліду (табл. 3). Найвищий додатковий економічний ефект отримано за триразового внесення карбаміду у фазах 33, 51 та 59 за ВВСН – 2,24 тис. грн/га. У цьому варіанті також зафіксовано найнижчу собівартість зерна – 2,06 тис. грн/т, що свідчить про оптимізацію виробничих витрат на одиницю продукції.

Незважаючи на близький рівень виробничих витрат у всіх варіантах (9,34-9,52 тис. грн/га), оптимізація системи позакореневого підживлення дала змогу знизити собівартість продукції та суттєво збільшити прибуток із гектара порівняно з контролем.

Отже, використання карбаміду як джерела азоту є ефективним заходом для підвищення врожайності, якості та розвитку пшениці ярої, особливо якщо застосовується відповідно до фаз розвитку рослин на фоні мінеральних добрив.

Обговорення. Отримані нами результати свідчать, що триразове позакореневе

Таблиця 3 – Економічна ефективність вирощування пшениці ярої, 2023-2025 рр.

Зміст варіантів*	Урожайність, т/га	Виробничі витрати тис. грн./га	Собівартість зерна, тис. грн/т	Прибуток тис. грн./га	Ефективність карбаміду тис. грн./га
Обприскування водою (контроль)	4,09	9,34	2,28	9,06	-
Карбамід (підживлення на 33 стадії за ВВСН)	4,26	9,41	2,21	9,75	0,69
Карбамід (підживлення на 51 стадії за ВВСН)	4,20	9,41	2,24	9,48	0,42
Карбамід (підживлення на 59 стадії за ВВСН)	4,15	9,41	2,27	9,26	0,20
Карбамід (підживлення на 33, 51, 59 стадіях за ВВСН)	4,62	9,52	2,06	11,3	2,24

Примітка*- фон мінеральних добрив $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{30} IV e.o$

підживлення карбамідом у фазах ВВСН 33, 51 і 59 забезпечило найбільший приріст урожайності пшениці ярої (4,62 т/га) порівняно з одно- і дворазовими підживленнями, що узгоджується з даними досліджень щодо позитивної реакції ярих зернових на інтенсивне азотне живлення у період формування генеративних органів. Аналогічні тенденції відзначені окремими авторами, які показали підвищення продуктивності ярих культур за поєднання ґрунтового та позакореневого внесення азоту, однак у їхніх роботах вказано, що максимальний ефект досягався здебільшого за 1-2 позакореневих обробок, що свідчить про вищу чутливість пшениці ярої до багаторазових підживлень у наших умовах [Надточій, Байда, 2020].

Підвищення кількості продуктивних стебел до 420 шт/м² та маси 1000 зерен до 42,1 г підтверджує висновки про те, що позакореневе внесення азотних добрив у критичні фази органогенезу сприяє посиленню асиміляційної діяльності посівів і кращому наливу зерна [Пелех, 2022]. Водночас, на відміну від результатів досліджень на тритикале, де надмірне азотне живлення інколи призводило до збільшення вилягання та погіршення

структурних показників колоса, у нашому досліді такого негативного ефекту не спостерігалось, що може бути зумовлено видовими особливостями пшениці ярої та помірним рівнем основного удобрення ($N_{30}P_{60}K_{60}$).

Отримані якісні показники зерна (вміст білка – 13,10 %, клейковини – 24,10 %, натура – 700 г/л) свідчать про істотне поліпшення хлібопекарських властивостей, що корелює з даними про зростання вмісту протеїну та клейковини за позакореневого застосування карбаміду на зернових культурах. Однак, на відміну від деяких досліджень, де різке підвищення білка супроводжувалося зниженням натури, у наших умовах вдалося одночасно збільшити і білок, і натуру, що свідчить про більш збалансоване забезпечення рослин елементами живлення. Економічний ефект у межах 0,20-2,24 тис. грн/га загалом узгоджується з публікаціями, де доведено рентабельність позакореневого внесення азоту за умови правильно підібраних строків і доз, однак у нашому досліді найбільший прибуток забезпечив саме варіант із триразовим підживленням, водночас частина авторів вказує на економічну доцільність лише одно- або дворазової

обробки. З цими висновками ми частково не погоджуємося, оскільки показано, що в ґрунтово-кліматичних умовах Лісостепу Західного триразове внесення карбаміду не тільки не знижує економічну ефективність, а й забезпечує максимальний додатковий прибуток і зменшення собівартості продукції. Загалом результати підтверджують доцільність комплексного позакореневого підживлення карбамідом у фазах ВВСН 33, 51 і 59 як ефективного інструменту адаптивно-інтенсивної технології вирощування пшениці ярої.

Висновки. Дослідженнями встановлено, що в середньому за 2022-2023 рр. найвищу врожайність пшениці ярої – 4,62 т/га – забезпечило триразове позакореневе підживлення карбамідом (по 22,5 кг/га у фазах 33, 51 і 59 за ВВСН) на фоні основного внесення добрив $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{30}$ (IV етап органогенезу). Таке поєднання мінеральних добрив дало змогу підвищити врожайність культури на 0,53 т/га порівняно з контролем.

Формування продуктивності пшениці ярої відбувалося за рахунок поліпшення всіх основних елементів структури врожаю. На кращому варіанті дослідів кількість продуктивних стебел становила 420 шт./м², маса 1000 зерен – 42,1 г, маса зерна з колоса – 1,10 г. Застосування карбаміду на різних етапах органогенезу позитивно впливало на показники якості зерна: вміст білка зростав до 13,10%, клейковини – до 24,10%, водночас вміст крохмалю дещо зменшувався, що є закономірною реакцією на посилення азотного живлення. Отримані результати підтверджують, що позакореневе внесення карбаміду, узгоджене з критичними фазами росту й розвитку рослин і застосоване на фоні оптимізованого мінерального удобрення, є ефективним засобом підвищення врожайності, якості та економічної ефективності вирощування пшениці ярої.

Список літератури

Андрусенко, І. О., Барановська, О. В.

(2023). Особливості живлення ярих зернових культур у системі інтенсивних технологій. *Землеробство*, 2023, №1, 44-50.

Бараболя, О. В., & Латиш, А. А. (2024). Перспективи вирощування пшениці твердої ярої для забезпечення внутрішнього споживання. *Scientific Progress & Innovations*, 27(1), 64-68.

Гончар, О. М., Мойсієнко, В. В. (2021). Реакція пшениці та тритикале на позакореневе внесення азотних добрив. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*, 2021, №2, с. 74-80.

Гуменюк, О. М., Ковалишин, О. М. (2022). Реакція ярих колосових культур на різні форми азотних добрив залежно від гідротермічних умов. *Вісник аграрної науки*, 2022, №3, 25-33.

ДСТУ 4117:2007. Зерно та продукти його переробки. Визначення показників якості методом інфрачервоної спектроскопії. Київ: Держспоживстандарт України, 2007.

ДСТУ 3768:2019 Пшениця. Технічні умови. Київ: Держспоживстандарт України, 2019.

Іванцова, Л., Федоренко, М. (2024). Особливості формування врожайності сортів пшениці ярої за параметрами пластичності та стабільності. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*, 75(2), 64-74.

Крамарьов, С. М., Крамарьов, О. С., Демиденко, В. Г., Хорошун, К. О., Пісоцький, С. С., Бондарь, В. Ю., Рубан, С. М., & Цуркан, К. П. (2020). Економічна ефективність використання карбамід-аміачних сумішей (КАС) в сучасних системах удобрення сільськогосподарських культур. Дніпро: Нова ідеологія. 195 с.

Ляшенко, С. М., Марчук, О. М. (2021). Ефективність листових підживлень у технологіях вирощування зернових колосових культур. *Агрохімія і ґрунтознавство*, 2021, №108, с. 112-120.

Мойсієнко, О. І. (ред.) (2015). *Агрохімія підручник*. Київ: Видавництво Ліра-К, 2015. 640 с.

Надточій, П. П., Байда, Н. М. (2020). Фізіологічні особливості формування вро-

жаю зернових культур за листового підживлення. *Фізіологія рослин і генетика*, т. 52, №5, с. 391-400.

Пелех, Л. В. (2022). Формування продуктивності агроценозів пшениці ярої в залежності від окремих технологічних прийомів. *Сільське господарство та лісівництво*. 2022. № 3 (26). С. 102-113. DOI: 10.37128/2707-5826-2022-3

Поліщук, М. І. (2025). Формування продуктивності рослин пшениці ярої на сірих опідзолених ґрунтах під впливом застосованих варіантів удобрення в умовах зміни клімату Правобережного Лісостепу України. *Всеукраїнська науково-практична конференція: «Інноваційні технології збереження ґрунтів та екосистем за вирощування сільськогосподарських культур в умовах глобальних змін клімату»*. 22-23 травня 2025 року, Вінниця. 2025. <https://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/39497.pdf>

Солодушко, М. М. (2014). Урожайність та адаптивний потенціал сучасних сортів пшениці м'якої озимої в умовах Північного Степу. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2014. No3. 61-66.

Jalli, M., Huusela, E., Jalli, H., Kauppi, K., Niemi, M., Himanen, S. & Jauhiainen, L. (2021). Effects of crop rotation on spring wheat yield and pest occurrence in different tillage systems: a multi-year experiment in Finnish growing conditions. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 647335. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.647335>

Rehman, H. U., Tariq, A., Ashraf, I., Ahmed, M., Muscolo, A., Basra, S. M., & Reynolds, M. (2021). Evaluation of physiological and morphological traits for improving spring wheat adaptation to terminal heat stress. *Plants*, 10(3), 455. <https://doi.org/10.3390/plants10030455>

Saddiq, M. S., Iqbal, S., Hafeez, M. B., Ibrahim, A. M., Raza, A., Fatima, E. M. & Ciarmiello, L. F. (2021). Effect of salinity stress on physiological changes in winter and spring wheat. *Agronomy*, 11(6), 1193. <https://doi.org/10.3390/agronomy11061193>

Silva-Pérez, V., De Faveri, J., Molero, G., Deery, D. M., Condon, A. G., Reynolds,

M. P. & Furbank, R. T. (2020). Genetic variation for photosynthetic capacity and efficiency in spring wheat. *Journal of experimental botany*, 71(7), 2299-2311. doi:10.1093/jxb/erz439

Vasundhara, D., & Chhabra, V. (2021). Foliar nutrition in cereals: A review. *Pharma Innov. J*, 10, 1247-1254.

References

Andrusenko, I. O., & Baranovska, O. V. (2023). Features of nutrition of spring cereal crops in intensive technology systems. *Zemlerobstvo (Agriculture)*, (1), 44-50.

Barabolia, O. V., & Latysh, A. A. (2024). Prospects for growing spring durum wheat to ensure domestic consumption. *Scientific Progress & Innovations*, 27(1), 64-68.

DSTU 3768:2019. (2019). Wheat. Specifications. Kyiv: Derzhspozhyvstandart of Ukraine.

DSTU 4117:2007. (2007). Grain and grain products. Determination of quality indicators by infrared spectroscopy method. Kyiv: Derzhspozhyvstandart of Ukraine.

Honchar, O. M., & Moisiienko, V. V. (2021). Response of wheat and triticale to foliar application of nitrogen fertilizers. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii (Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy)*, (2), 74-80.

Humeniuk, O. M., & Kovalyshyn, O. M. (2022). Response of spring cereal crops to different forms of nitrogen fertilizers depending on hydrothermal conditions. *Visnyk Ahrarnoi Nauky (Bulletin of Agrarian Science)*, (3), 25-33.

Ivantsova, L., & Fedorenko, M. (2024). Features of yield formation of spring wheat varieties according to plasticity and stability parameters. *Peredhirne ta Hirske Zemlerobstvo i Tvarynnytstvo (Foothill and Mountain Agriculture and Animal Husbandry)*, 75(2), 64-74.

Jalli, M., Huusela, E., Jalli, H., Kauppi, K., Niemi, M., Himanen, S. & Jauhiainen, L. (2021). Effects of crop rotation on spring wheat yield and pest occurrence in different

tillage systems: a multi-year experiment in Finnish growing conditions. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 647335. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.647335>

Kramarov, S. M., Kramarov, O. S., Demidenko, V. H., Khoroshun, K. O., Pisotskyi, S. S., Bondar, V. Yu., Ruban, S. M., & Tsurkan, K. P. (2020). Economic efficiency of using urea-ammonium nitrate solutions (UAN) in modern fertilization systems of agricultural crops. Dnipro: Nova Ideolohiia.

Liashenko, S. M., & Marchuk, O. M. (2021). Efficiency of foliar fertilization in technologies of growing cereal crops. *Ahrokhimiia i Gruntoznavstvo (Agrochemistry and Soil Science)*, (108), 112-120.

Moisiienko, O. I. (Ed.). (2015). *Agrochemistry: Textbook*. Kyiv: Lira-K.

Nadtochii, P. P., & Baida, N. M. (2020). Physiological features of yield formation of cereal crops under foliar fertilization. *Fiziolohiia Roslyn i Henetyka (Plant Physiology and Genetics)*, 52(5), 391-400.

Pelexh, L. V. (2022). Formation of productivity of spring wheat agrocenoses depending on specific technological practices. *Sil'ske Hospodarstvo ta Lisivnytstvo (Agriculture and Forestry)*, 3(26), 102–113. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2022-3>

Polishchuk, M. I. (2025). Formation of productivity of spring wheat plants on grey podzolized soils under the influence of fertilization options in the conditions of climate change in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. In *Innovative technologies for soil and ecosystem conservation in crop production under global climate change (All-Ukrainian Scientific and Practical Conference, May 22-23, 2025, Vinnytsia)*. <https://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/39497.pdf>

Rehman, H. U., Tariq, A., Ashraf, I., Ahmed, M., Muscolo, A., Basra, S. M., & Reynolds, M. (2021). Evaluation of physiological and morphological traits for improving spring wheat adaptation to terminal heat stress. *Plants*, 10(3), 455. <https://doi.org/10.3390/plants10030455>

Saddiq, M. S., Iqbal, S., Hafeez, M. B., Ibrahim, A. M., Raza, A., Fatima, E. M. & Ciarmiello, L. F. (2021). Effect of salin-

ity stress on physiological changes in winter and spring wheat. *Agronomy*, 11(6), 1193. <https://doi.org/10.3390/agronomy11061193>

Silva-Páirez, V., De Faveri, J., Molero, G., Deery, D. M., Condon, A. G., Reynolds, M. P. & Furbank, R. T. (2020). Genetic variation for photosynthetic capacity and efficiency in spring wheat. *Journal of experimental botany*, 71(7), 2299-2311. doi:10.1093/jxb/erz439

Solodushko, M. M. (2014). Yield and adaptive potential of modern winter bread wheat varieties under the conditions of the Northern Steppe. *Sortovyvchennia ta Okhrona Prav na Sorty Roslyn (Plant Varieties Studying and Protection)*, (3), 61-66.

Vasundhara, D., & Chhabra, V. (2021). Foliar nutrition in cereals: A review. *Pharma Innov. J*, 10, 1247-1254.

*Надійшла до редакції 29.09.2025 р.;
переглянуто 27.10.2025 р.;
прийнято до друку 24.11.2025 р.;
опубліковано 29.12.2025 р.*

*Received September 29, 2025;
revised October 27, 2025;
accepted November 24, 2025;
published December 29, 2025*

UDC 633.11:631.559:631.816.3

PECULIARITIES OF SPRING WHEAT PRODUCTIVITY FORMATION DEPENDING ON CULTIVATION TECHNOLOGY ELEMENTS IN THE CONDITIONS OF THE WESTERN FOREST-STEPPE

Shuvar A., Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
<https://orcid.org/0000-0002-6016-0896>, e-mail: a.shuvar@wunu.edu.ua
Ryzhak R., Postgraduate Student,
<https://orcid.org/0009-0000-4156-6068>, e-mail: ryzhak08@gmail.com
Western Ukrainian National University, Ternopil

Summary

Aim. The study aims to scientifically substantiate the impact of specific cultivation technology elements, particularly the optimization of foliar urea application timing, on the productivity formation and grain quality indicators of spring wheat (MIP Oleksandra variety) in the soil and climatic conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine. The research focuses on identifying the most effective combination of fertilizing stages to maximize the biological potential of the crop under conditions of unstable hydrothermal regimes and slightly acidic soils.

Methods. The research was conducted during 2023-2025 on slightly eroded podzolized chernozem. A complex of general scientific and specialized agronomic methods was applied: field method (to study the interaction of the object with environmental factors), laboratory-analytical (determination of grain quality using infrared spectroscopy according to DSTU 4117:2007), as well as computational and statistical methods (data processing using Microsoft Excel 2010). The experimental design included studying the efficiency of foliar feeding with an aqueous urea solution (22.5 kg/ha) at different stages of organogenesis according to the BBCH scale (33, 51, and 59) against a background of mineral fertilization $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{30}$

Results. It was established that foliar application of urea ensures a significant increase in yield and improvement of the crop structure. The maximum average yield over the research years was recorded with three-time fertilization (phases 33, 51, and 59 BBCH) – 4.62 t/ha, which is 0.53 t/ha higher than the control. This result was achieved through the optimization of yield structure elements: an increase in the number of productive stems to 420 pcs/m², 1000-grain weight to 42.1 g, and grain weight per spike to 1.10 g. Grain quality in this variant corresponded to 1st-class indicators: protein content increased to 13.10%, gluten to 24.10%, and test weight to 700 g/l. A high positive correlation was found between yield and test weight ($r = 0.97$), as well as protein content ($r = 0.88$). Economic analysis confirmed the feasibility of multiple fertilizations: the additional profit amounted to 2.24 thousand UAH/ha with the lowest production cost of 2.06 thousand UAH/t.

Conclusions. Comprehensive three-time foliar feeding with urea during critical development phases (BBCH 33, 51, 59) is a highly effective technological practice for the Western Forest-Steppe of Ukraine. It provides balanced nitrogen nutrition, stimulates grain formation processes, and improves the baking properties of the grain. Optimizing the fertilization system allows not only for a 13% yield increase but also significantly reduces production costs per unit of output, ensuring stable economic efficiency in spring wheat cultivation.

Keywords: spring wheat, cultivation technology, foliar feeding, urea, yield, yield structure, grain quality, economic efficiency.