

## Varietal optimization of winter wheat for increasing yield and improving grain quality under the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine

O. Barabolia✉ | V. Yevlash

### Article info

#### Correspondence Author

O. Barabolia

E-mail:

[olga.barabolia@pdaa.edu.ua](mailto:olga.barabolia@pdaa.edu.ua)Poltava State Agrarian  
University,  
Skovoroda Str., 1/3,  
Poltava, 36000, Ukraine

**Citation:** Barabolia, O., & Yevlash, V. (2025). Varietal optimization of winter wheat for increasing yield and improving grain quality under the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (3), 37–44. doi: 10.31210/spi2025.28.03.06

Winter bread wheat is a leading cereal crop in Ukraine, playing a key role in ensuring national food security and the export potential of the agricultural sector. Under conditions of increasing climatic instability and growing demands for grain quality, varietal optimization becomes increasingly important for improving adaptability, yield, and grain quality. The aim of this study was to assess the feasibility of replacing the Bardotka variety with the Baletka variety based on yield and grain quality indicators under the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. The research was conducted during 2022–2025 at the Bilagro LLC farm (Krasnohorivka village, Myrhorod district, Poltava region). The study focused on two Czech-bred winter bread wheat varieties: Bardotka and Baletka. It was established that replacing Bardotka with Baletka resulted in a significant increase in agroecological productivity: the average yield of Baletka exceeded that of Bardotka by 0.98 t/ha (+22.0 %). Furthermore, Baletka demonstrated greater yield stability under fluctuating climatic conditions, as confirmed by a lower coefficient of variation. Grain quality indicators of Baletka were also superior: the protein content was 1.82 p.p. higher, crude gluten content was 3.78 p.p. higher, and the thousand-grain weight was 5.6 g greater. These results ensured Baletka's consistent classification as a valuable wheat variety, whereas Bardotka did not always meet quality standards. The analysis of hydrothermal conditions revealed Baletka's higher adaptability to climatic stress, particularly during the grain-filling stage, when it maintained high productivity even under critically low hydrothermal coefficient values. Enhanced winter hardiness and drought resistance contributed to stable yield formation regardless of weather fluctuations. The results confirm the agronomic and economic efficiency of the varietal replacement, which leads to improved productivity, better grain quality, and greater production stability of winter bread wheat under climate change.

**Keywords:** varietal replacement, climate change, hydrothermal coefficient, protein content, gluten, thousand-grain weight.

## Сортова оптимізація пшениці озимої для підвищення урожайності та покращення якості зерна в умовах Лівобережного Лісостепу України

О. В. Бараболя | В. В. Євлаш

Полтавський державний  
аграрний університет,  
м. Полтава, Україна

Пшениця м'яка озима є провідною зерновою культурою в Україні, відіграючи ключову роль у забезпеченні продовольчої безпеки й експортного потенціалу аграрного сектора. В умовах посилення кліматичної нестабільності та зростання вимог до якості зерна важливого значення набуває сортова оптимізація, спрямована на підвищення адаптивності, урожайності й якості пшениці. Мета дослідження – оцінити доцільність сортозаміни сорту Бардотка на сорт Балетка за показниками урожайності й якості зерна в умовах Лівобережного Лісостепу України. Дослідження проведені впродовж 2022–2025 рр. на базі ТОВ «Білагро» (с. Красногорівка, Миргородський район, Полтавська область). Об'єктом дослідження стали сорти пшениці м'якої озимої чеської селекції – Бардотка та Балетка. Установлено, що заміна сорту Бардотка на Балетку забезпечила суттєве підвищення продуктивності агроценозу: середня урожайність сорту Балетка перевищувала сорт Бардотка на 0,98 т/га (+22,0 %). Крім того, сорт Балетка демонстрував вищу стабільність урожайності в умовах мінливого клімату, що підтверджується нижчим коефіцієнтом варіації. Якісні характеристики зерна сорту Балетка також мали переваги: вміст білка був вищим на 1,82 в.п., сирого клейковини – на 3,78 в.п., маса 1000 зерен – на 5,6 г. Це забезпечувало стабільне віднесення сорту до класу цінної пшениці, на відміну від сорту Бардотка, яка не завжди відповідала якісним стандартам. Аналіз впливу гідротермічних умов на продуктивність засвідчив вищу адаптивність сорту Балетка до кліматичних стресів, особливо у посушливі періоди наливу зерна, де вона зберігала високу врожайність навіть при критично низьких значеннях гідротермічного коефіцієнта. Підвищена зимостійкість і посухостійкість сприяли стабільному формуванню врожаю незалежно від погодних коливань. Результати дослідження доводять доцільність та економічну ефективність сортозаміни, яка сприяє підвищенню продуктивності, покращенню якості зерна та стабілізації виробництва пшениці м'якої озимої в умовах кліматичних змін.

**Ключові слова:** сортозаміна, кліматичні зміни, гідротермічний коефіцієнт, вміст білку, клейковина, маса 1000 зерен.

**Бібліографічний опис для цитування:** Бараболя О. В., Євлаш В. В. Сортова оптимізація пшениці озимої для підвищення урожайності та покращення якості зерна в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (3). С. 37–44.

## Вступ

Пшениця озима (*Triticum aestivum* L.) є однією з найважливіших продовольчих культур світу та стратегічною культурою для України, займаючи провідне місце в структурі зернового виробництва [1, 2]. В умовах глобальних кліматичних змін і зростаючої потреби у продовольчій безпеці, підвищення ефективності виробництва пшениці озимої набуває особливої актуальності [3–5].

Лівобережний Лісостеп України характеризується сприятливими ґрунтово-кліматичними умовами для вирощування пшениці озимої, проте в останні десятиліття спостерігається посилення аридизації клімату, що створює нові виклики для сільськогосподарського виробництва [6–8]. Підвищення температурного режиму та нерівномірність розподілу опадів протягом вегетаційного періоду вимагають перегляду сортової структури посівів з орієнтацією на більш адаптивні та стійкі до стресових факторів сорти [9, 10]. Без впровадження адаптивної селекції та генетичного удосконалення, очікується, що зростання температури на 1 °C спричинить зменшення світового виробництва пшениці приблизно на 6 % [11].

Сортова оптимізація є одним з найефективніших і економічно доступних способів підвищення продуктивності й якості зерна пшениці озимої [12, 13]. Зокрема, у дослідженні [14] відзначено, що своєчасна сортозаміна може забезпечити приріст урожайності на 40–60 %, тоді як за даними [15] сучасні сорти в середньому дають щорічний приріст врожайності на 0,9 %, що впродовж одного десятиліття еквівалентно збільшенню на 20–30 % порівняно зі старими генотипами. Водночас, нові сорти повинні поєднувати високу продуктивність з покращеними якісними характеристиками зерна, відповідаючи вимогам переробної промисловості [16, 17].

Особливого значення набуває проблема посухостійкості сортів пшениці озимої в контексті сучасних кліматичних змін [18], що супроводжуються збільшенням частоти посушливих періодів, температурних стресів і нестабільного вологозабезпечення [19, 20]. Дослідження показують, що сорти з підвищеною толерантністю до водного дефіциту здатні підтримувати стабільну врожайність навіть за умов тривалих гідротермічних стресів, що робить сортову адаптацію важливим інструментом пристосування сільськогосподарського виробництва до змін клімату [21]. Водночас такі сорти мають не лише демонструвати фізіологічну стійкість до стресів, а й зберігати високі якісні показники зерна – передусім вміст білка та клейковини, які є ключовими показниками для хлібопекарського та продовольчого використання [22].

Гідротермічні умови вегетації відіграють вирішальну роль у формуванні як кількісних, так і якісних характеристик зерна пшениці озимої, оскільки ефективність засвоєння елементів живлення й акумуляції білково-крохмального комплексу є безпосередньо залежною від температурного режиму та рівня вологозабезпечення [23]. У практиці агрономічного аналізу одним із найбільш інформативних показників взаємодії тепла та вологи

є гідротермічний коефіцієнт (ГТК), який дозволяє оцінювати рівень забезпеченості посівів вологою з урахуванням температурного фону [24]. Використання ГТК як інтегрального індикатора дозволяє не лише прогнозувати реакцію сортів на умови вегетації, а й обґрунтовано оптимізувати агротехнічні заходи [25].

В умовах зростаючої кліматичної нестабільності математичне моделювання врожайності й якості зерна на основі агрокліматичних показників набуває все більшого значення. Такі підходи дозволяють не лише прогнозувати потенційну результативність за різних погодних сценаріїв, але й адаптувати технологічні рішення до конкретних умов вирощування – включно з вибором сорту, строків сівби, норм живлення тощо [26, 27].

Незважаючи на значну кількість досліджень, присвячених сортовій оптимізації пшениці озимої, залишається актуальною потреба у комплексному вивченні адаптивності нових сортів до конкретних ґрунтово-кліматичних умов регіонів України. Особливої уваги потребує порівняльна оцінка сортів за комплексом господарсько-цінних ознак в умовах мінливості кліматичних факторів.

## Мета дослідження

*Мета дослідження* – встановити ефективність сортової оптимізації пшениці м'якої озимої для підвищення урожайності та покращення якості зерна в умовах Лівобережного Лісостепу України.

*Завдання дослідження:* провести порівняльний аналіз агрономічних характеристик сортів пшениці м'якої озимої Бардотка та Балетка за комплексом господарсько-цінних ознак; проаналізувати вплив агрокліматичних умов на продуктивність та якість зерна сортів з використанням гідротермічних коефіцієнтів для критичної фази розвитку культури; дослідити динаміку врожайності дослідних сортів протягом 2020–2025 рр. й оцінити їх стабільність; визначити якісні показники зерна; провести економічну оцінку ефективності сортозаміни та обґрунтувати доцільність впровадження сорту Балетка.

## Матеріали і методи

Дослідження проведено впродовж 2020–2025 рр. в умовах Лівобережного Лісостепу України на базі ТОВ «Білагро», розташованого в селі Красногорівка Миргородського району. Географічне розташування дослідних ділянок характеризується помірно-континентальним кліматом, типовим для лісостепової зони.

Дослідні ділянки розміщено на чорноземах типових з розподілом на посівну площу (80 м<sup>2</sup>) та облікову (50 м<sup>2</sup>). Агрохімічна характеристика ґрунтів: глибина орного шару – 28 см, механічний склад – суглинок, вміст гумусу – 3,8 %, реакція ґрунтового розчину – слабкокисло (рН сольове – 6,2). Забезпеченість ґрунтів рухомими формами елементів живлення становила: азот – 12 мг/100 г ґрунту, фосфор (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) – 22 мг/100 г ґрунту, калій (K<sub>2</sub>O) – 18 мг/100 г ґрунту.

Об'єкти дослідження – сорти пшениці м'якої

озимої (*Triticum aestivum* L.): сорт Бардотка, що вирощувався раніше, та впроваджений на його заміну сорт Балетка.

Попередники пшениці озимої – чисті пари, горох і кукурудза на силос. Основний обробіток ґрунту – оранка чи мінімальний обробіток з подальшим вирівнюванням поверхні. Глибина загортання насіння – 3 см за достатньої вологості ґрунту.

Висів сорту Бардотка – в період з 20 вересня по 5 жовтня, допускалися пізні посіви до 15 жовтня без значних втрат урожайності. Норма висіву – 3,0–3,5 млн схожих насінин на гектар, за пізніх і складних строків сівби – 4,5–5,5 млн/га.

Висів сорту Балетка – в оптимальні строки з 15 вересня по 1 жовтня, за необхідності допускалися ранні посіви (до 10 вересня) за достатньої вологості ґрунту. Норма висіву – 3,7–4,2 млн/га, за пізніх строків сівби – 4,2–4,5 млн/га.

Протруювання насіння проведено фунгіцидно-інсектицидним препаратом Бригід перед сівбою для захисту від корневих і насінневих хвороб. При сівбі внесено фосфорно-калійні добрива в дозі 60–90 кг д.р./га залежно від результатів агрохімічного аналізу ґрунту.

Весняне підживлення проведено у два етапи: перше підживлення у фазу кущіння (кінець березня – початок квітня) в дозі 30–40 кг/га азоту, друге – у фазу 3–5 стебел (середина–кінець квітня) в дозі 30–40 кг/га азоту. Загальна доза весняного азоту – 80 кг/га.

Захист від бур'янів здійснено гербіцидом Гранстар голд у фазу 1–2 листків рослин пшениці (жовтень). Для захисту від хвороб і шкідників використано фунгіцидно-інсектицидні препарати: Фінекс Дуо + Протеус у фазу кущіння–початок трубкування (квітень), Амістар Екстра перед цвітінням (червень) за наявності хвороб колосу.

Проведено систематичні фенологічні спостереження за ростом і розвитком рослин пшениці озимої згідно з методикою державного сортопробування сільськогосподарських культур. Відмічено дати настання основних фенофаз: сходи (через 7–25 днів після сівби), осіннє кущіння (жовтень), відновлення весняної вегетації (квітень), дозрівання та збирання врожаю (середина липня).

Якість зерна оцінено за показниками: маса 1000 насінин, вміст білка, кількість і якість клейковини. Аналізи проведено в акредитованій лабораторії згідно з чинними державними стандартами.

Урожайність визначено методом суцільного обмолоту дослідних ділянок з перерахунком на стандартну вологість (14 %) та 100 % чистоту.

Для прогнозування потенційної врожайності та якісних показників зерна сортів пшениці м'якої озимої застосовано адаптовану комбіновану агрокліматичну модель, що базується на інтеграції основних метеофакторів за критичні періоди розвитку культури, а також агротехнічних впливів [28–30].

Компоненти моделі: гідротермічний коефіцієнт (ГТК) за Селяниновим – для оцінки умов зволоження в окремі фази розвитку; сума активних температур (САТ, >10 °С) – для оцінки теплозабезпечення; температурні аномалії в період наливу зерна – для виявлення ризиків термічного стресу; індекс весняної

вологості – на основі ГТК в період відновлення вегетації (березень–квітень); коефіцієнти впливу агротехнічних заходів, сортової адаптивності та рівня інтенсифікації. Для прогнозу враховано ключові фази для оцінки: кущіння (жовтень–листопад); весняне відновлення вегетації (березень–квітень); налив зерна (травень–червень).

Гідротермічний коефіцієнт (ГТК) розраховано за формулою:

$$\text{ГТК} = (R \times 10) / \sum t,$$

де  $R$  – сума опадів за фазу, мм;  $\sum t$  – сума середньодобових температур >10 °С, °С.

Граничні значення: ГТК < 0,5 – сильна посуха; 0,5–1,0 – помірна посуха; 1,0–1,5 – оптимум; > 2,0 – надмірне зволоження [31].

Прогнозована врожайність обчислена за формулою:

$$Y = Y_0 \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5 \times K_6,$$

де  $Y_0$  – базовий рівень врожайності сорту (т/га);

$K_1$  – коефіцієнт впливу ГТК у фазі кущіння;

$K_2$  – коефіцієнт впливу ГТК у фазі наливу;

$K_3$  – коефіцієнт температурного стресу в період наливу;

$K_4$  – коефіцієнт агротехнічного рівня (1,0 – стандартна технологія);

$K_5$  – ефективність фунгіцидного/інсектицидного захисту (1,3–1,5);  $K_6$  – якість сортової адаптації (0,9–1,1).

Коефіцієнти визначено за такими правилами:

1)  $K_1$  знижено при надмірному зволоженні восени:  $K_1 = 1,0$  при ГТК 1,0–1,5;  $K_1 = 0,7$  при ГТК > 4,0;

2)  $K_2$  знижено при надлишку вологи під час наливу:  $K_2 = 0,85$  при ГТК > 2,0;

3) для  $K_3$  враховано температурне відхилення:  $K_3 = 1,0$  при 18–22 °С;  $K_3 = 0,85$  при  $T > 26$  °С або < 14 °С;

4)  $K_4$ – $K_6$  визначено експертно, з урахуванням агрофону та сорту. Наприклад:  $K_4 = 1,05$  при посиленій технології;  $K_5 = 1,4$  для системи подвійного фунгіцидного захисту;  $K_6 = 1,1$ .

Для прогнозу вмісту білка використано модель:

$$\text{Білок} = \text{Білок}_0 \times (1 + 0,15 \times \Delta T - 0,08 \times \Delta \text{ГТК}),$$

де  $\text{Білок}_0$  – базовий рівень вмісту білку;  $\Delta T$  – відхилення температури від оптимуму (18–22 °С);  $\Delta \text{ГТК}$  – відхилення від оптимального ГТК\_налив за травень–червень (1,0–1,5).

Прогнозування сирової клейковини здійснено за моделлю:

$$\text{Клейковина} = \text{Клейковина}_0 \times (1 + 0,12 \times \Delta T - 0,06 \times \Delta \text{ГТК}).$$

Прогноз маси 1000 зерен виконано за моделлю:

$$M1000 = M1000_0 \times (0,8 + 0,3 \times \text{ГТК}_{\text{налив}}),$$

де  $\text{ГТК}_{\text{налив}}$  – значення ГТК за травень–червень.

З урахуванням біологічної стійкості сортів, при розрахунку очікуваної врожайності застосовано диференційовану межу реалізації потенціалу: для сорту Балетка – до 95 %, для сорту Бардотка – до 85 % при оптимальних умовах і повній реалізації агротехніки. За умов посухи або гідротермічного стресу ці межі знижено відповідно до агрокліматичних

індикаторів року.

Аналіз якісних характеристик зерна пшениці м'якої озимої здійснено в лабораторних умовах згідно з вимогами ДСТУ 3768:2019 «Пшениця. Технічні умови» [32]. Для математичного моделювання та візуалізації результатів використано Microsoft Excel.

### Результати та їх обговорення

У дослідженні порівнювалися два сорти пшениці м'якої озимої: раніше вирощуваний Бардотка,

рекомендований для Полісся та Лісостепу, та нововпроваджений Балетка, адаптований до умов Степу та визнаний одним із найбільш посухостійких сортів, що дозволяє його вирощувати в регіонах із нестабільним зволоженням [33]. Сортозаміна була обумовлена актуальними кліматичними зрушеннями в зоні Лівобережного Лісостепу, зокрема тенденцією до аридизації, що зумовило потребу у використанні більш посухостійкого сорту.

Порівняльна характеристика агрономічних показників зазначених сортів подана в **таблиці 1**.

**Таблиця 1**

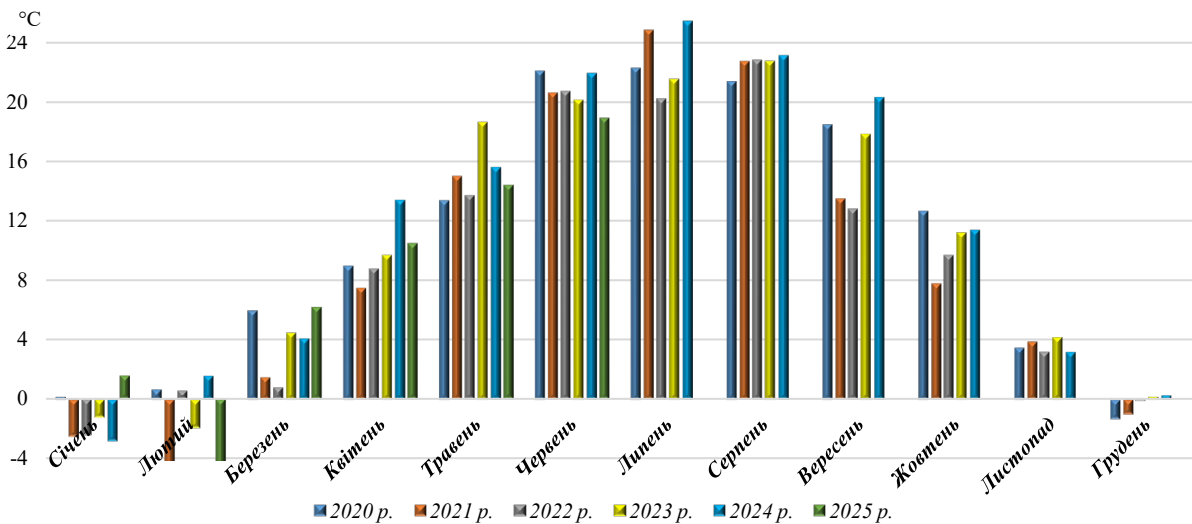
Порівняльна характеристика дослідних сортів пшениці м'якої озимої

Параметр	Балетка	Бардотка
Країна походження, оригінатор	Чехія, RAGT Semences	
Рік реєстрації	2012	
Рекомендована зона вирощування	Степ	Лісостеп, Полісся
Група стиглості	Середньостиглий	
Висота рослин	До 90 см	До 105 см
Різновидність	Лютесценс	
Напрямок використання	Зерновий, хлібопекарський	
Клас якості	Цінна	
Маса 1000 зерен	44–48 г	~45 г
Вміст сирої клейковини	25–27 %	25–30 %
Вміст білка	н/д	12,5–14 %
Потенціал урожайності	12 т/га (60–90 ц/га)	8,0–10,0 т/га
Норма висіву:		
- ранній	3,5–3,9 млн/га	4,0–4,5 млн/га
- оптимальний	3,9–4,5 млн/га	4,5–5,0 млн/га
- пізній	4,5–5,0 млн/га	5,0–5,5 млн/га
Зимостійкість	9 балів	н/д
Посухостійкість	9 балів	н/д
Стійкість до вилягання	8 балів	9 балів
Стійкість до осипання	н/д	9 балів
Стійкість до фузаріозу колосу	8 балів	7 балів
Стійкість до борошнистої роси	7 балів	6 балів
Стійкість до септоріозу	8 балів	7 балів
Стійкість до піренофорозу	7 балів	н/д
Стійкість до жовта іржі	7 балів	н/д
Стійкість до бурої іржі	8 балів	6 балів
Стійкість до перкоспорельозу	8 балів	6 балів
Інші особливості	Пластичний, добре переносить пізні строки сівби, потребує 120 кг/га азоту	Добре переносить стресове дозрівання, мінімум 110 кг/га азоту

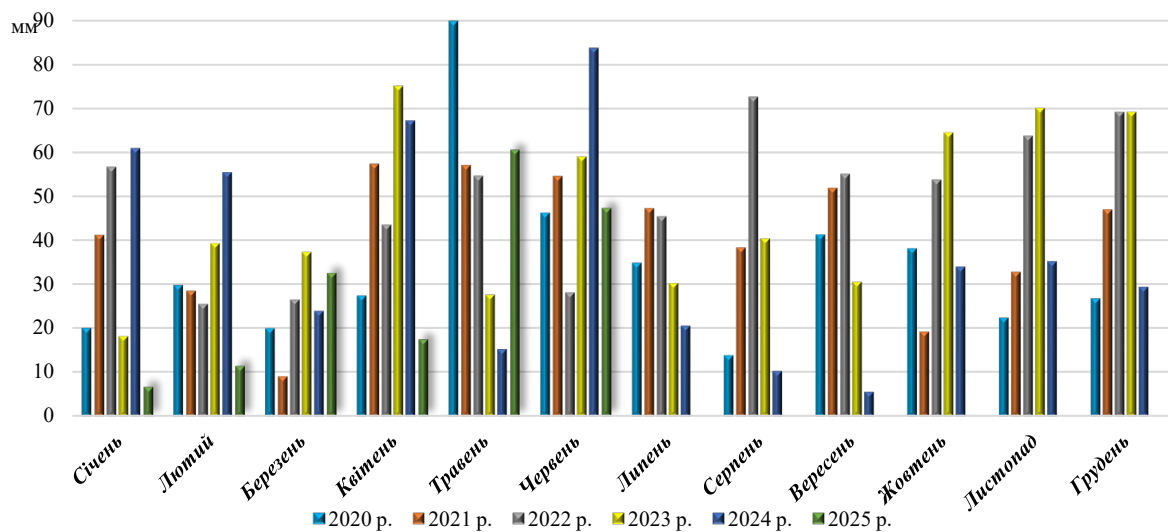
*Примітка:* н/д – відсутні дані у відкритих джерелах. *Джерело:* побудовано авторами за даними [34–37].

Метеорологічні дані за період досліджень характеризувались значною варіабельністю (**рис. 1**). Середня температура повітря у 2020 р. змінювалась у межах від -1,3 °C у грудні до 22,3 °C у липні, з доволі теплою весною (13,4 °C у травні) та м'якою зимою (0,7 °C у лютому). У 2021 р. найнижчу температуру зафіксовано у лютому (-5,6 °C), а найвищу – у липні (24,8 °C). Весна була помірно теплою, а серпень виявився найтеплішим місяцем (22,7 °C). Середня температура повітря у 2022 р. коливалась від -2,4 °C у січні до 22,8 °C у серпні. У 2023 р. температурний режим був дещо м'якшим: від -1,9 °C у лютому до 22,7 °C у серпні. Рік 2024 характеризувався найвищими літніми температурами з максимумом 25,4 °C у липні. У 2025 р. спостерігались значні температурні коливання у першій половині року: від -5,4 °C у лютому до 18,9 °C у червні. Весна була помірно теплою – 14,4 °C у травні, а період наливу зерна (травень-червень) проходив за помірного теплового фону, без екстремального перегріву. Дані за липень-серпень наразі відсутні.

Кількість опадів суттєво варіювала як між роками, так і впродовж вегетаційного періоду (**рис. 2**). У 2020 р. кількість опадів у період травень-серпень складала 184,9 мм, що вказує на достатній рівень зволоження для формування врожаю, хоча опади були нерівномірними – пік припадав на травень (89,8 мм), а серпень був посушливим (13,9 мм). У 2021 р. спостерігали помірне зволоження – загалом 164,9 мм за критичний період, при цьому червень і липень мали найбільшу кількість опадів (54,5 та 47,2 мм відповідно), що було сприятливим для наливу зерна. Найменше опадів у критичний для формування врожаю період (травень-серпень) спостерігали у 2024 р. (129,9 мм), найбільше – у 2022 р. (200,6 мм). Розподіл опадів у 2023 р. був більш рівномірним і становив 157,2 мм за зазначений період. У 2025 р. доступні лише дані до червня включно. За цей період у травні та червні випало загалом 107,6 мм опадів, що свідчить про задовільне зволоження в період вегетації до наливу зерна.



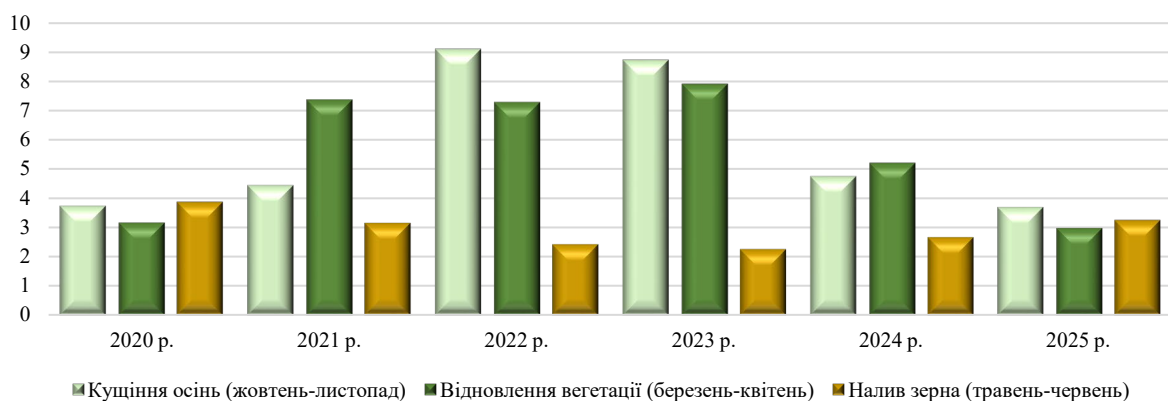
**Рис. 1.** Динаміка середньомісячної температури у селі Красногорівка Миргородського району, 2020–2025 рр.



**Рис. 2.** Динаміка опадів у селі Красногорівка Миргородського району, 2020–2025 рр.

Зважаючи на суттєвий вплив співвідношення тепла та вологості на розвиток пшениці м'якої озимої, особливу увагу приділено розрахунку ГТК для критичних фаз органогенезу культури (рис. 3): осіннього кущіння (жовтень-листопад), весняного відновлення вегетації (березень-квітень) та наливу зерна (травень-червень). Величина ГТК дозволяє

кількісно охарактеризувати забезпечення рослин вологою в поєднанні з температурним фоном, що є вирішальним чинником у формуванні врожайності й якості зерна. Отримані значення ГТК використані як вхідні параметри для подальшого прогнозування урожайності та показників якості зерна.



**Рис. 3.** Динаміка гідротермічного коефіцієнта за фазами розвитку пшениці м'якої озимої впродовж 2020–2025 рр.



Упродовж аналізованого періоду найвищі значення ГТК на фазі осіннього куціння спостерігались у 2022 та 2023 рр. (> 8), що свідчить про надмірне зволоження в умовах порівняно помірної температури. Натомість у 2020 р. відмічався найнижчий ГТК (3,74) для цієї фази, що створювало оптимальніші умови для загартування рослин перед зимівлею.

У фазу відновлення вегетації найвищий ГТК спостерігався у 2021 р. (7,38), що свідчить про надмірне зволоження ґрунту та потенційні проблеми з проведенням весняних польових робіт. Весняний період був найбільш посушливим у 2025 р. (ГТК = 2,99), що негативно вплинуло на розвиток листкового апарату та відновлення вегетативної маси після зимівлі.

Для фази наливу зерна критично низькі показники ГТК відмічались у 2022–2024 рр. (2,24–2,64), що формувало стресові умови наливу зерна та могло призвести до зменшення маси 1000 зерен.

## Таблиця 2

Порівняльна оцінка сортів пшениці м'якої озимої за урожайністю й якісними показниками зерна, 2021–2025 рр.

Сорт	Рік	Урожайність, т/га	Блок, %	Клейковина, %	Маса 1000 зерен, г	Джерело
Бардотка	2021	4,5	13,0	21,0	40,0	Фактичне
	2022	4,2	13,8	22,5	41,5	Прогноз
	2023	4,7	12,4	20,1	42,4	Прогноз
	2024	4,5	10,9	18,3	40,8	Прогноз
	2025	4,4	12,7	20,8	40,7	Прогноз
Балетка	2021	5,8	14,1	24,3	47,8	Прогноз
	2022	5,0	14,4	25,0	45,0	Фактичне
	2023	6,0	14,0	24,4	48,1	Фактичне
	2024	5,0	13,6	23,8	45,2	Фактичне
	2025	5,4	13,8	24,1	47,3	Прогноз

Проведені дослідження показали, що заміна сорту Бардотка на сорт Балетка забезпечила суттєве підвищення продуктивності пшениці озимої в умовах Лівобережного Лісостепу України. Урожайність сорту Бардотка протягом 2021–2025 рр. коливалася від 4,2 до 4,7 т/га, при середньому показнику 4,46 т/га. Водночас сорт Балетка демонстрував вищу продуктивність у межах 5,0–6,0 т/га, з середньою урожайністю 5,44 т/га.

Найвищий рівень урожайності сорту Балетка був зафіксований у 2023 р. (6,0 т/га), що співпадало з оптимальними гідротермічними умовами весняного періоду відновлення вегетації (ГТК = 7,91). Мінімальна урожайність цього сорту становила 5,0 т/га у 2022 та 2024 рр., що все ж значно перевищувало максимальні показники сорту Бардотка.

Аналіз динаміки урожайності засвідчив, що сорт Балетка характеризується більшою стабільністю продуктивності порівняно з сортом Бардотка. Коефіцієнт варіації урожайності для сорту Балетка становив 8,2 %, тоді як для сорту Бардотка цей показник досягав 11,4 %, що свідчить про вищу адаптивність першого сорту до мінливих умов вегетації.

Дослідження якісних показників зерна виявило значні переваги сорту Балетка над сортом Бардотка. Вміст білка в зерні сорту Балетка коливався від 13,6 % до 14,4 %, з середнім значенням 13,98 %. Для сорту Бардотка цей показник був нижчим і варіював від 10,9 % до 13,8 %, при середньому значенні 12,16 %.

Спостерігається стійка тенденція до зменшення ГТК у цю критичну фазу формування врожаю, що свідчить про посилення посушливості в період наливу. Водночас у 2020 і 2025 рр. рівень вологозабезпечення був вищим (3,84 та 3,23 відповідно), що створювало більш сприятливі умови для формування повноцінного зерна.

З метою оцінки ефективності проведеної сортозаміни було здійснено прогноз урожайності й основних показників якості зерна для сорту Бардотка (за період 2022–2025 рр.) та для сорту Балетка (за 2021 і 2025 рр.). Прогнозування здійснювалось із урахуванням агрокліматичних умов вирощування, технологічних особливостей, сортових характеристик і фактичних даних попередніх років. У **таблиці 2** наведено узагальнену порівняльну характеристику обох сортів за урожайністю, вмістом білка, сирої клейковини та масою 1000 зерен упродовж 2021–2025 рр.

Вміст сирої клейковини в зерні сорту Балетка демонстрував стабільно високі значення в межах 23,8–25,0 % (середнє 24,32 %), що відповідає вимогам до цінної пшениці. Сорт Бардотка характеризувався нижчим вмістом клейковини (18,3–22,5 %, середнє 20,54 %), що в окремі роки не забезпечувало відповідність стандартам цінної пшениці.

Маса 1000 зерен сорту Балетка перевищувала аналогічний показник сорту Бардотка на 5,6 г, становлячи в середньому 46,68 г проти 41,08 г. Це свідчить про кращу виповненість зерна та потенційно вищі борошномельні якості.

Аналіз взаємозв'язку між гідротермічними умовами та продуктивністю сортів показав різну реакцію на кліматичні фактори. Сорт Балетка демонстрував більшу стійкість до екстремальних погодних умов, зокрема до посушливих періодів під час наливу зерна.

У 2023 р., коли ГТК періоду наливу зерна становив лише 2,24 (посушливі умови), урожайність сорту Балетка досягла максимального значення 6,0 т/га, тоді як сорт Бардотка показав 4,7 т/га. Це підтверджує високу посухостійкість сорту Балетка, заявлену оригіном (9 балів з 9 можливих).

Зимові умови також по-різному впливали на дослідні сорти. У роки з оптимальними умовами зимівлі (2022–2023 рр., ГТК осінь > 8,0) обидва сорти показували стабільну продуктивність, проте в стресових умовах (2020, 2025 рр., ГТК осінь < 4,0)

сорт Балетка демонстрував кращу збереженість рослин і швидше відновлення весняної вегетації.

Враховуючі ґрунтові умови вирощування сорт Балетка показав кращу адаптивність, що виражалось в стабільно високих врожаях незалежно від погодних коливань. Також цим сортом ефективніше використовувалися наявні елементи живлення, що підтверджується вищими показниками винесення елементів з урожаєм.

Фітосанітарна ситуація в роки досліджень характеризувалася помірним розвитком основних хвороб пшениці озимої. Сорт Балетка демонстрував відносно сорту Бардотка вищу стійкість до септоріозу (8 балів проти 7), фузаріозу колосу (8 балів проти 7), бурої іржі (8 балів проти 6) та церкоспорельозних кореневих гнилей (8 балів проти 6). Це дозволило зменшити кількість фунгіцидних обробок і знизити пестицидне навантаження на агроценоз. Водночас сорт Балетка потребував більш інтенсивного азотного живлення (мінімум 120 кг/га д.р.) порівняно з Бардоткою (110 кг/га д.р.).

Враховуючи вищезазначене, сорт Бардотка відносно сорту Балетка має високу рентабельність заміни. Приріст урожайності в середньому на 0,98 т/га (22,0 %) при одночасному поліпшенні якості зерна забезпечував суттєве збільшення валового доходу з одиниці площі. Покращення якісних показників зерна сорту Балетка (вищий вміст білка та клейковини) дозволяло реалізовувати продукцію за цінами цінної пшениці з відповідною надбавкою. Додаткові витрати на більш інтенсивне азотне живлення компенсувалися зниженням витрат на фунгіцидний захист завдяки підвищеній стійкості сорту Балетка до основних хвороб.

Таким чином, результати досліджень переконливо свідчать про доцільність заміни сорту Бардотка на сорт Балетка в умовах Лівобережного Лісостепу України, що забезпечує підвищення як продуктивності, так і якості зерна пшениці м'якої озимої.

## Висновки

Проведені дослідження сортової оптимізації пшениці м'якої озимої в умовах Лівобережного Лісостепу України протягом 2020–2025 рр. дозволили встановити значні переваги сорту Балетка над сортом Бардотка за комплексом господарсько-цінних ознак. Заміна сорту Бардотка на сорт Балетка забезпечила суттєве підвищення продуктивності агроценозу пшениці м'якої озимої в умовах Лівобережного Лісостепу України. Середня врожайність сорту Балетка перевищила показники сорту Бардотка на 0,98 т/га (22,0 %), супроводжуючись нижчим коефіцієнтом варіації врожайності, що свідчить про вищу стабільність сорту в умовах кліматичної нестійкості. Якісні характеристики зерна сорту Балетка також суттєво переважали: вміст білка був на 1,82 в.п. вищим, сирої клейковини – на 3,78 в.п., а маса 1000 зерен – на 5,6 г. Такі параметри забезпечували надійне досягнення стандартів цінної пшениці, тоді як сорт Бардотка не завжди відповідав вимогам продовольчої якості.

Таким чином, результати досліджень переконливо доводять доцільність та економічну ефективність заміни сорту Бардотка на сорт Балетка в умовах

Лівобережного Лісостепу України. Сорт Балетка забезпечує не лише підвищення продуктивності та якості зерна, але й сприяє стабілізації виробництва пшениці озимої в мінливих кліматичних умовах регіону.

*Перспективи подальших досліджень* будуть спрямовані на вивчення впливу біостимуляторів росту на формування продуктивності, якості зерна та фізіолого-біохімічних показників культури, що потенційно дозволить посилити адаптивні властивості сорту пшениці м'якої озимої та підвищити ефективність виробництва в умовах кліматичних викликів.

## Конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

## References

1. Markovska, O., & Hrechyshkina, T. (2020). Winter wheat varieties productivity of on elements of growing technology under the conditions of Southern Step of Ukraine. *Agrobiologija*, 1 (157), 96–103. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2020-157-1-96-103>
2. Morgun, B. V., Stepanenko, A. I., Stepanenko, O. V., Bannikova, M. O., Holubenko, A. V., Nitovska, I. O., Maystrov, P. D., & Grodzinsky, D. M. (2016). Implementation of molecular systems for identification of genetic polymorphism in winter wheat to obtain high-performance special varieties. *Science and Innovation*, 12 (2), 35–49. <http://dx.doi.org/10.15407/scine12.02.035>
3. Han, W., Wang, S., Ali, M. F., Ma, L., Lin, X., Liu, Y., & Wang, D. (2025). Breeding advances in climate adaptation of winter wheat across diverse ecotypes in China. *European Journal of Agronomy*, 170, 127732. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2025.127732>
4. Tsenov, N., Gubатов, T., & Yanchev, I. (2022). Evaluation of heritability and genetic advance of some quality parameters in common wheat (*Triticum aestivum* L.) under genotype by environmental interaction. *Agricultural Science and Technology*, 2, 12–26. <https://doi.org/10.15547/ast.2022.02.015>
5. Barabolia, O., & Doronin, S. (2023). Influence of weather conditions and fertilizer systems on the winter wheat yield. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (1), 24–30. <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.01.04>
6. Zhalilo, Ya., Rusan, V., & Zhurakovska, L. (2025). *Prospects for development of the agricultural sector facing the climate change (regional dimension)*. Retrieved from: <https://niss.gov.ua/en/doslidzhennya/ekonomika/prospects-development-agricultural-sector-facing-climate-change-regional>
7. Pysarenko, V. M., Pysarenko, P. V., Pysarenko, V. V., Gorb, O. O., & Chaika, T. O. (2019). Droughts in the context of climate changes in Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*, 1, 134–146. <https://doi.org/10.31210/visnyk2019.01.18>
8. Rumiantsev, M. (2020). Oak forests of the left-bank forest-steppe zone of Ukraine and their natural regeneration. *International Scientific Conference*. <https://doi.org/10.30525/978-9934-588-39-6-34>
9. Müller, D., Jungandreas, A., Koch, F., & Schierhorn, F. (2016). *Impact of climate change on wheat production in Ukraine*. Kyiv: Institute for Economic Research and Policy Consulting 41.
10. Gourdji, S., Pandey, A., & Peiris, N. (2025). Impacts of climate change on global wheat production and supply chains. Retrieved from: <https://www.preventionweb.net/media/105225/download?startDownload=20250714>
11. Zhao, C., Liu, B., Piao, S., Wang, X., Lobell, D. B., Huang, Y., Huang, M., Yao, Y., Bassu, S., Ciais, P., Durand, J.-L., Elliott, J., Ewert, F., Janssens, I. A., Li, T., Lin, E., Liu, Q., Martre, P., Müller, C., Peng, S., Peñuelas, J., Ruane, A. C., Wallach, D., Wang, T., Wu, D., Liu, Z., Zhu, Y., Zhu, Z., & Asseng, S. (2017). Temperature increase reduces global yields of major crops in four independent estimates. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 114, 9326–9331. <https://doi.org/10.1073/pnas.1701762114>

12. Demyanyuk, O. S., Oliinyk, K. M., Davydiuk, H. V., Yula, V. M., Shchetina, S. V., Bondar, V. I., & Shatkovskiy, A. P. (2025). Peculiarities of the biological potential of winter wheat (*Triticum aestivum*) under cultivation technologies of different intensity in the conditions of climate change. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 16 (1), e25009. <https://doi.org/10.15421/0225009>
13. Korkhova, M., Panfilova, A., Domaratskiy, Ye., & Smirnova, I. (2023). Productivity of winter wheat (*T. aestivum*, *T. durum*, *T. spelta*) depending on varietal characteristics in the context of climate change. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 24 (4), 236–244. <https://doi.org/10.12912/27197050/163124>
14. Pravdziva, I. V., Vasylenko, N. V., & Khoroshko, N. M. (2023). Study of correlations between yield and grain quality indicators of varieties and breeding lines of *Triticum aestivum* L. *Plant Varieties Studying and Protection*, 19 (4). <https://doi.org/10.21498/2518-1017.19.4.2023.291222>
15. Aula, L., Omara, P., Eickhoff, E., Oyebiyi, F., Dhillon, J. S., & Raun, W. R. (2020). Effect of winter wheat cultivar on grain yield trend under different nitrogen management. *Agrosystems, Geosciences & Environment*, 3 (1), e20017. <https://doi.org/10.1002/agg2.20017>
16. Piryh, A. V., Yurchenko, T. V., Hudzenko, V. M., Demydov, O. A., Kovalyshyna, H. M., Humeniuk, O. V., & Kyrylenko, V. V. (2021). Features of modern winter wheat varieties in terms of winter hardiness components under conditions of Ukrainian Forest-Steppe. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 12 (1), 153–159. <https://doi.org/10.15421/022123>
17. Nazarenko, M. M., Izhboldin, O. O., & Bilan, D. S. (2022). Grain productivity and quality of winter wheat varieties under the Northern Steppe conditions of Ukraine. *Taurian Scientific Herald*, 128, 144–151. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.128.20>
18. Vuković, R., Čamagajevac, I. Š., Vuković, A., Šunić, K., Begović, L., Mlinarić, S., Sekulić, R., Sabo, N., & Španić, V. (2022). Physiological, biochemical and molecular response of different winter wheat varieties under drought stress at germination and seedling growth stage. *Antioxidants*, 11 (4), 693. <https://doi.org/10.3390/antiox11040693>
19. Trnka, M., Rötter, R. P., Ruiz-Ramos, M., Kersebaum, K. C., Olesen, J. E., Žalud, Z., & Semenov, M. A. (2014). Adverse weather conditions for European wheat production will become more frequent with climate change. *Nature Climate Change*, 4 (7), 637–643. <https://doi.org/10.1038/nclimate2242>
20. Semenov, M. A., Stratonovitch, P., Alghabari, F., & Gooding, M. J. (2014). Adapting wheat in Europe for climate change. *Journal of Cereal Science*, 59 (3), 245–256. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2014.01.006>
21. Balla, K., Karsai, I., Bencze, S., Kiss, T., & Veisz, O. (2013). Effect of heat stress on the physiological processes of wheat. *Acta Agronomica Hungarica*, 61 (1), 1–12. <https://doi.org/10.1556/AAgr.61.2013.1>
22. Kharel, T. P., Clay, D. E., Clay, S. A., Beck, D., Reese, C., Carlson, G., & Park, H. (2011). Nitrogen and water stress affect winter wheat yield and dough quality. *Agronomy Journal*, 103 (5), 1389–1396. <https://doi.org/10.2134/agronj2011.0011>
23. Cherenkov, A. V., Shevchenko, M. S., Romanenko, O. L., & Bondarenko, A. S. (2009). Yakist zerna ozymoi pshenytsi na Pivdni Ukrainy ta shliakhy yii pidvyshchennia. *Biuletyn Instytutu Silskoho Hospodarstva Stepovoi Zony NAAN Ukrainy*, 37, 8–12. [in Ukrainian]
24. Samborski, A. S. (2024). Agroclimatic characterization of Zamosc, Poland using hydrothermal coefficient (HTC). *Journal of Agrometeorology*, 26 (4), 473–476. <https://doi.org/10.54386/jam.v26i4.2655>
25. Kyrnasivska, N. V., Nikitin, P. S., & Kyrnasivskiy, O. O. (2023). Analiz ahrometeorolohichnykh umov vehtatsiinoho periodu pshenytsi ozymoi na terytorii Vinnytskoi oblasti. *Ahrarni Innovatsii*, 22, 55–62. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.22.9> [in Ukrainian]
26. Li, Y., Hou, R., Liu, X., Chen, Y., & Tao, F. (2022). Changes in wheat traits under future climate change and their contributions to yield changes in conventional vs. conservational tillage systems. *Science of The Total Environment*, 815, 152947. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.152947>
27. Semenov, M. A., & Stratonovitch, P. (2013). Designing high-yielding wheat ideotypes for a changing climate. *Food and Energy Security*, 2 (3): 185–196. <https://doi.org/10.1002/fes3.34>
28. Kulyk, M. I., Rozhkov, A. O., Kalinichenko, O. V., Taranenko, A. O., & Onoprienko, O. V. (2020). Effect of winter wheat variety, hydrothermal coefficient (HTC) and thousand kernel weight (TKW) on protein content, grain and protein yield. *Agronomy Research*, 18 (3), 2103–2116. <https://doi.org/10.15159/ar.20.187>
29. Esaulko, A., Sitnikov, V., Pismennaya, E., Vlasova, O., Golosnoi, E., Ozheredova, A., Ivolga, A., & Erokhin, V. (2023). Productivity of winter wheat cultivated by direct seeding: measuring the effect of hydrothermal coefficient in the Arid Zone of Central Fore-Caucasus. *Agriculture*, 13 (1), 55. <https://doi.org/10.3390/agriculture13010055>
30. Demyanyuk, O. S., Patyka, V. P., Sherstoboeva, O. V., & Bunas, A. A. (2018). Formation of the structure of microbiocenoses of soils of agroecosystems depending on trophic and hydrothermal factors. *Biosystems Diversity*, 26 (2), 309–315. <https://doi.org/10.15421/011846>
31. Lyashenko, H. V. (2014). *Praktykum z ahroklimatolohiyi*. Odesa: TES [in Ukrainian]
32. DSTU 3768:2019. *Pshenytsia. Tekhnichni umovy. Chynnyi vid 2019-06-10*. (2019). Retrieved from: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=82765](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=82765) [in Ukrainian]
33. Tymoshenko, T. (2019). RAGT Semences: stresostiikist yak kliuch do uspikhu v umovakh posukhy. *Ahrobiznes Sohodni*. Retrieved from: <https://agro-business.com.ua/2017-09-29-05-56-43/item/15072-ragt-semences-stresostiikist-ia-kliuch-do-uspikhu-v-umovakh-posukhy.html> [in Ukrainian]
34. RZhT Baletka. (n.d). *TVK Seed Agrocompany*. Retrieved from: <https://tvkseed.com.ua/baletka.html> [in Ukrainian]
35. Pshenytsia RZhT Baletka vid RAGT. (n.d). *SuperAgronom.Com*. Retrieved from: <https://superagronom.com/nasinnya-pshenicya-ozima/baletka-id9888> [in Ukrainian]
36. Pshenytsia Bardotka vid RADzhT Chekhiia s.r.o. (n.d). *SuperAgronom.Com*. Retrieved from: <https://superagronom.com/nasinnya-pshenicya-ozima/bardotka-id9663> [in Ukrainian]
37. Sort Bardotka (pshenytsia ozyma, pshenytsia miaka). (n.d). *LAS "Ahrarii razom"*. Retrieved from: <https://agrarii-razom.com.ua/culture-variety/bardotka> [in Ukrainian]

#### ORCID

O. Barabolia 

<https://orcid.org/0000-0002-5563-8445>



2025 by the author(s). This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.