

УДК 633.11:631.52:631.527:575.113:631.53

В.В. Москалець^{1*}, Т.З. Москалець¹, В.І. Москалець², Н.М. Буняк², Ю.М. Барат³
Селекційна та генетична характеристика сорту пшениці м'якої

Володарка Носівщини

¹Інститут садівництва НААН України, м. Київ, Україна

²Носівська селекційно-дослідна станція Миронівського інститут пшениці імені В.М. Ремесла НААН України, с. Дослідна, Чернігівська обл., Україна

³Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

*E-mail: moskalets7819@ukr.net

UDC 633.11:631.52:631.527:575.113:631.53

V.V. Moskalets^{1*}, T.Z. Moskalets¹, V.I. Moskalets², N.M. Bunyak², Yu.M. Barat³
Breeding and Genetic Characterization of the Common Wheat Cultivar
'Volodarka Nosivshchyny'

¹ Institute of Horticulture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

² Nosivka Breeding and Research Station of the V.M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Doslidne, Chernihivska Oblast, Ukraine

³ Poltava State Agrarian University, Poltava, Ukraine

*E-mail: moskalets7819@ukr.net

Реферат: Наведено комплексну селекційно-генетичну характеристику сорту озимої пшениці Володарка Носівщини (Носівська СДС НААН України). Встановлено, що сорт належить до адаптивного типу універсального призначення, поєднуючи раціональну архітектуру рослин (міцність соломини, вкорочене підколосове міжвузля, напівверектоїдний габітус прапорцевого листка, виражена остистість колоса) та фотоперіодичну пластичність. За результатами трирічних досліджень (2022–2025 рр.) урожайність сорту становила 5,65–9,10 т/га, що на 8–10 % перевищує показники високоінтенсивних сортів порівняння, зокрема в умовах дефіциту вологи. За комплексом технологічних параметрів зерна (натура 790 г/л, білок до 14–16 %, клейковина 22–27 %, сила борошна 138–178 о.а.) генотип ідентифіковано як цінну продовольчу пшеницю (II група якості, за технологічною класифікацією — сильний філер). У порівнянні з еталонними сортами (Смуглянка, Безоста 1, Трізо), Володарка Носівщини демонструє поєднання високої продуктивності, адаптивності та стабільної якості зерна, що визначає її цінність для національної продовольчої безпеки та інтеграції у міжнародні селекційні платформи.

Ключові слова: *Triticum aestivum* L., сорт, Володарка Носівщини, морфологічно-фізіологічні характеристики, врожайність і якість зерна, стійкість проти несприятливих біотичних і абіотичних чинників.

Abstract: The article provides a comprehensive breeding and genetic characterization of the winter common wheat cultivar 'Volodarka Nosivshchyny' (Nosivska Breeding and Research Station of the V.M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat of NAAS of Ukraine). It was established that this cultivar belongs to an adaptive, universal-purpose type, combining rational plant architecture (culm strength, shortened peduncle, semi-erect flag leaf, and pronounced spike awnedness) with photoperiodic plasticity. A three-year study (2022–2025) showed that the grain yield of the cultivar ranged from 5.65 to 9.10 t/ha, which is 8–10% higher than that of high-intensity check cultivars, particularly under moisture deficit. According to the set of technological grain parameters (the test weight is 790 g/L; the protein content is 14–16%; the gluten content is 22–27%; and the flour strength is 138–178), the genotype was identified as valuable bread wheat (Quality Group II; according to technological classification — a 'strong filler'). Compared to reference cultivars ('Smuhlianka', 'Bezosta 1', 'Trizo'), 'Volodarka Nosivshchyny' demonstrates a

ARTICLE HISTORY. Received: March 02, 2026; revised: March 22, 2026; accepted: April 24, 2026.

CITATION. Moskalets, V. V., Moskalets, T. Z., Moskalets, V. I., Bunyak, N. M., & Barat, Yu. M. (2026). Breeding and genetic characterization of the common wheat cultivar 'Volodarka Nosivshchyny'. *Plant Breeding and Seed Production*, (129), 34–54. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2026.129.03>

© Moskalets V. V., Moskalets T. Z., Moskalets V. I., Bunyak N. M., Barat Yu. M., 2026

combination of high productivity, adaptability, and stable grain quality, which determines its value for national food security and integration into international breeding platforms.

Key words: *Triticum aestivum* L., cultivar, 'Volodarka Nosivshchyny', morpho-physiological traits, grain yield and quality, resistance to adverse biotic and abiotic factors.

Вступ

У XXI ст. пшениця м'яка озима (*Triticum aestivum* L.) залишається ключовою продовольчою культурою, що забезпечує понад 20% калорій, споживаних людством. Її виробництво дедалі більше залежить від здатності сортів адаптуватися до нових викликів: кліматичної турбулентності, деградації ґрунтів, нестабільності агрофонів, енергетичних криз та геополітичної напруги. Для України, яка перебуває в умовах повномасштабної війни, питання продовольчої безпеки набуває критичного значення, а сортовий ресурс стає стратегічним інструментом стабільності.

Останніми роками у світі розвивається інтегративна селекція, що поєднує класичні підходи з молекулярними інструментами. Так, Lama et al. (2023) показали, що підвищення температури під час репродуктивної фази та водний дефіцит на етапі проростання є основними чинниками зниження врожайності пшениці. Waites et al. (2025) підкреслили роль технологій редагування геному (CRISPR/Cas9) у створенні кліматично стійких сортів. Abiola et al. (2024) наголосили на важливості генетичної стабільності білкового спектра. Водночас *Nature Climate Change* (2024) зазначає, що традиційні селекційні стратегії не встигають за темпами кліматичних змін, і тому потрібні інноваційні моделі сортотворення (<https://www.nature.com/articles/d41586-025-02321-3>).

В Україні формування адаптивних сортів є предметом активних досліджень у провідних установах НААН та аграрних університетах (Holodna, Holyk, 2022; Tyshchenko et al., 2023; Demydov et al., 2024; Khoroshun, Nazarenko, 2024). Ці роботи підтверджують актуальність створення сортів з високою екологічною пластичністю, стабільною врожайністю та оптимізованими біохімічними показниками.

У цьому контексті особливу увагу привертають генотипи цінної продовольчої пшениці (філерний тип) – ті, які не лише демонструють стабільність у виробництві, а й слугують платформою для створення нових адаптивних форм. Їхня цінність полягає у поєднанні оптимальної морфологічної архітектоники, фотоперіодичної пластичності,

Introduction

In the 21st century, common winter wheat (*Triticum aestivum* L.) remains a pivotal food crop, providing over 20% of the calories consumed by humanity. Its production increasingly depends on the ability of cultivars to adapt to new challenges: climate turbulence, soil degradation, variable farming practices, energy crises, and geopolitical tensions. For Ukraine, amid a full-scale war, food security issues have become critical, and cultivar resources have turned into a strategic tool for stability.

In recent years, integrative breeding has been developing globally, combining classical approaches with molecular tools. For instance, Lama et al. (2023) demonstrated that temperature increases during the reproductive phase and water deficit during germination are the main factors reducing wheat yields. Waites et al. (2025) highlighted the role of genome editing technologies (CRISPR/Cas9) in developing climate-resilient cultivars. Abiola et al. (2024) emphasized the importance of the genetic stability of protein composition. Meanwhile, *Nature Climate Change* (2024) notes that traditional breeding strategies are failing to keep pace with climate change, necessitating innovative cultivar-creation models (<https://www.nature.com/articles/d41586-025-02321-3>).

In Ukraine, the development of adaptable cultivars is a subject of extensive research at leading NAAS institutions and agricultural universities (Holodna & Holyk, 2022; Tyshchenko et al., 2023; Demydov et al., 2024; Khoroshun & Nazarenko, 2024). These studies confirm the relevance of creating cultivars with high environmental plasticity, stable yields, and optimized biochemical parameters.

In this context, genotypes of valuable food-grade wheat (filler type) attract particular attention — those that not only demonstrate production stability but also serve as a platform for developing new adaptable forms. Their

стабільності білкового профілю та стресостійкості, що дозволяє формувати селекційно придатні рішення для майбутніх поколінь сортів.

Метою дослідження є комплексна селекційна і генетична характеристика сорту озимої пшениці Володарка Носівщини як філерного типу стратегічного призначення, що покликана заповнити прогалину у сучасних дослідженнях адаптивності та інноваційного сортотворення в умовах кліматичних змін.

Для досягнення поставленої мети у роботі вирішували такі завдання:

– визначити рівень морфологічної структури, фотоперіодичної пластичності, стабільності білкового профілю та стресостійкості сорту;

– порівняти з існуючими сортами, що культивуються в Україні, для визначення стратегічної ролі сорту Володарка Володарки Носівщини у формуванні сортів майбутнього покоління.

Методика

Дослідження здійснювали на стаціонарах Носівської селекційно-дослідної станції Миронівського інституту пшениці ім. В. М. Ремесла НААН України у 1998–2012 рр. та в 2020–2025 рр. Дослідне поле розташоване в межах екотону Дніпровської низовини, який перебуває під впливом двох фізико-географічних зон – Полісся та Лісостепу. Південна частина належить до Лісостепу, північна – до Полісся. Природна межа проходить лінією населених пунктів Кобища – Носівка – Ніжин.

Ґрунти дослідної ділянки – чорноземи вилугувані малогумусні легкосуглинкові. Вони характеризуються такими показниками: рН 5,0–5,5; гідролітична кислотність – 4,3 мг-екв/100 г ґрунту; вміст гумусу – близько 2,5%; азот, що легко гідролізується – 119 мг/кг; нітратний та амонійний азот – 14 та 26 мг/кг відповідно; P₂O₅ – 109 мг/кг; K₂O – 75,5 мг/кг; сума поглинутих основ – 11,2 мг-екв/100 г ґрунту; ступінь насиченості основами – 72,4%.

Клімат перехідної Полісько-Лісостепової агроecологічної зони помірно континентальний, теплий, із достатнім рівнем зволоження. Середньорічна кількість опадів становить близько 575 мм, тривалість

value lies in combinations of optimal morphological architecture, photoperiodic plasticity, protein profile stability, and stress resistance, which allows for breeding-suitable solutions for future generations of cultivars.

The purpose of this study was to provide a comprehensive breeding and genetic characteristics of the winter wheat cultivar 'Volodarka Nosivshchyny' as a strategic filler wheat intended to fill the gap in current research on adaptability and innovative cultivar development under climate change.

To achieve this goal, the following objectives were addressed:

- To describe the morphological structure, photoperiodic plasticity, protein profile stability, and stress resistance of the cultivar;
- To compare it with existing cultivars grown in Ukraine and to determine the strategic role of 'Volodarka Nosivshchyny' in shaping next-generation cultivars.

Methods

The study was conducted at the long-term experimental sites of Nosivka Breeding and Research Station of the V.M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat of NAAS of Ukraine (NBRS RMIW NAAS) in 1998–2012 and 2020–2025. The experimental field is located within the ecotone of the Dnieper Lowland, which is influenced by two physiographic zones: the Polissia (mixed forests) and the Forest-Steppe. The southern part is the forest-steppe, and the northern part is mixed forests. The natural boundary runs along the line of the following settlements: Kobysycha – Nosivka – Nizhyn.

The soils of the experimental plot are leached, low-humus, light-loamy chernozems. They are characterized by the following parameters: pH 5.0–5.5; hydrolytic acidity — 4.3 meq/100 g of soil; humus content — approximately 2.5%; easily hydrolyzable nitrogen — 119 mg/kg; nitrate and ammonium nitrogen — 14 and 26 mg/kg, respectively; P₂O₅ — 109 mg/kg; K₂O — 75.5 mg/kg; total exchangeable bases — 11.2 meq/100 g of soil; and base saturation degree — 72.4%.

The climate of the transitional mixed forests-forest-steppe agroecological zone is temperate continental, warm, with sufficient wetting. The average annual precipitation is about 575 mm, the frost-free period lasts 200–205 days, and the hydrothermal coefficient is 1.5–1.6.

безморозного періоду – 200–205 дб, гідротермічний коефіцієнт – 1,5–1,6.

Для порівняльної оцінки нового сорту Володарка Носівщини у 2018–2025 рр. були залучені контрольні сорти озимої пшениці, які мають подібні морфологічні та технологічні характеристики. До групи вітчизняних належали Смуглянка (оригінатори – Миронівський інститут пшениці ім. В.М. Ремесла НААН та Інститут фізіології рослин і генетики НАН України) та Куяльник (Селекцетр Одеса). Для міжнародного порівняння використовували сорти Дворянка, Трізо та Безоста. Їх залучення дозволило об'єктивно оцінити селекційний потенціал нового сорту в умовах перехідної екотонної зони Полісся та Лісостепу (табл. 1).

To comparatively assess the new cultivar 'Volodarka Nosivshchyny' in 2018–2025, winter wheat check cultivars with similar morphological and technological characteristics were included in the study. Ukrainian cultivars included 'Smuhlianka' (originators — V.M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat of NAAS and the Institute of Plant Physiology and Genetics of NAS of Ukraine (IPPG NAS)) and 'Kuialnyk' (Plant Breeding & Genetics Institute – National Centre of Seed & Cultivar Investigation (PBGI-NCSCI)). For international comparison, the cultivars 'Dvoryanka', 'Trizo', and 'Bezosta' were used. Their inclusion allowed for an objective evaluation of the breeding potential of the new cultivar in the mixed forest-forest-steppe ecotone (Table 1).

Таблиця 1. Середні показники продуктивності та якості зерна сортів озимої пшениці (2018–2025 рр.) у перехідній підзоні Лісостеп–Полісся

Table 1. Mean yield and grain quality indicators of the winter wheat cultivars (2018–2025) in the transitional forest-steppe–mixed forest subzone.

Сорт / Cultivar	Оригінатор, країна / Originator, country	Висота рослин, см / Plant height, cm	Урожайність зерна, т/га / Grain yield, t/ha	Вміст білка, % / Protein content, %	Вміст клейковини, % / Gluten content, %	Стійкість до іржі (бал) / Rust resistance score, points	Стійкість до септоріозу (бал) / Leaf blotch resistance score, points
Смуглянка / Smuhlianka	МІП НААН + ІФРГ НАН, Україна / RMIW NAAS + IPPG NAS, Ukraine	102.5	6.7	14.2	28.0	8	7
Володарка Носівщини / Volodarka Nosivshchyny	Носівська СДС НААН, Україна / NBRС RMIW NAAS, Ukraine	82.7	6.4	13.5	27.5	9	8
Куяльник / Kuialnyk	СГІ-НЦНС / PBGI-NCSCI, Ukraine	88.5	6.2	13.8	27.2	7	6
Дворянка / Dvoryanka	Міжнародна селекція / International breeding	97.3	6.1	13.5	23.8	7	8
Трізо / Trizo	KWS, Німеччина / KWS, Germany	92.5	5.7	14.7	24.6	8	7
Безоста / Bezosta	Міжнародна селекція / International breeding	96.6	5.9	12.9	26.5	6	5
H _P 0.05 / LSD _{0.05}		2.5	0.28	0.22	0.25		

Протягом 1999–2025 рр. відзначалися різні гідротермічні показники. Упродовж 1999, 2003, 2008, 2011 та 2013–2014 років спостерігалися аномальні погодні умови, що суттєво відрізнялися від середньобагаторічних показників. Осінні посухи та нестабільна вологість призводили до

Different hydrothermal indicators were recorded in 1999–2025. Throughout 1999, 2003, 2008, 2011, and 2013–2014, anomalous weather conditions occurred, which significantly deviated from the long-term averages. Autumn droughts and unstable wetting led to sparse

зріджених сходів, слабого кущення та зниження густоти посівів. Стан рослин пшениці озимої протягом вищезазначених років оцінювався на рівні 4–5 балів, що відповідає середньому або нижчому від середнього рівню розвитку (табл. 2).

seedlings, weak tillering, and reduced crop density. During these years, the condition of winter wheat plants was rated at 4–5 points, corresponding to a medium or even worse level of development (Table 2).

Таблиця 2. Погодні аномалії та біологічні реакції пшениці озимої сорту Володарка Носівщини, 1999–2025 рр.
Table 2. Weather anomalies and biological responses of the winter wheat cultivar 'Volodarka Nosivshchyny' (1999–2025)

Рік / Year	Кліматичні особливості / Weather Anomalies	Біологічний вплив на посіви пшениці озимої / Biological Impact on Winter Wheat Crops	Стан рослин сорту Володарка Носівщини (шкала 1–9) / Condition of 'Volodarka Nosivshchyny' Plants (1–9 scale)
1999	Аномальні гідротермічні умови / Anomalous hydrothermal conditions	Нерівномірна поява сходів, редукція продуктивності / Uneven seedling emergence, reduction in productivity	5
2003	Гідротермічна нестабільність, дефіцит вологи / Hydrothermal instability, moisture deficit	Ослаблене кущення, зниження щільності стеблостою / Weakened tillering, reduced culm density	5
2008	Атмосферна та ґрунтова посуха в жовтні (6–15 мм) / Atmospheric and soil droughts in October (6–15 mm)	Ускладнена поява сходів, зрідженість агроценозу / Impeded seedling emergence, thinned agrocenosis	4
2011	Осіньне підвищення температури на 3–5 °С, суховії / Autumn temperature increase by 3–5 °С, hot dry winds	Зниження ґрунтової вологозабезпеченості, проблеми із сівбою / Reduction in soil water availability, sowing challenges	4
2013–2014	Осіньні посухи (6–24 мм опадів) / Autumn droughts (6–24 mm of precipitation)	Недостатнє кущення, редукція густоти посівів / Insufficient tillering, reduction in crop density	4–5
2018/2019	Тривала зима (110 діб), надлишок опадів / Prolonged winter (110 days), excess precipitation	Сприятлива перезимівля, високий рівень збереження рослин / Favorable overwintering, high plant survival rate	8
2019/2020	Коротка зима (100 діб) / Short winter (100 days)	Перезимівля без істотних втрат / Overwintering without significant losses	7
2020/2021	Тривала зима (134 доби) / Prolonged winter (134 days)	Затримка весняної вегетації / Delay in spring regrowth	6
2021/2022	Середня тривалість зими (112 діб) / Medium winter duration (112 days)	Нормальна перезимівля / Normal overwintering	7
2022/2023	Сприятливі зимові умови / Favorable winter conditions	Добрий стан посівів навіть при пізніх строках сівби / Good crop condition even after late sowing	8
2023	Волога весна, сухе літо, посушлива осінь / Wet spring, dry summer, arid autumn	Дружні сходи, але слабе кущення / Uniform emergence, but weak tillering	6
2024	Тепла й волога весна, спекотне літо / Warm and wet spring, hot summer	Рівномірні сходи, інтенсивний розвиток / Uniform emergence, vigorous development	7–8
2025	Весняна атмосферна посуха, літні суховії / Spring atmospheric drought, summer hot dry winds	Часткове пошкодження площ, середній рівень урожайності / Partial crop damage, medium yield	6

У 2018/2019 та 2022/2023 роках погодні умови були сприятливими: надлишок опадів і оптимальна тривалість зимового періоду забезпечили добру перезимівлю. Рослини мали високий рівень розвитку, що оцінювався у 8 балів. Це були роки з найкращими умовами для формування продуктивності та урожайності.

У 2019–2022 роках умови були контрастними. Тривалість зимового періоду варіювала від 100 до 134 діб, що по-різному впливало на весняний розвиток рослин. У роки з короткою зимою відновлення вегетації відбувалося швидше, тоді як тривала зима затримувала ріст і розвиток. Стан посівів оцінювався на рівні 6–7 балів, що відповідає задовільному рівню, але не оптимальному.

Весна 2023 року була прохолодною з надмірним зволоженням у квітні–травні, що забезпечило рівномірне відновлення весняної вегетації після перезимівлі. Літо характеризувалося дефіцитом опадів, а осінь – сухістю, що ускладнило сівбу нового сорту. Упродовж зими 2023/2024 рр. спостерігався м'який температурний режим, що забезпечив збереження посівів пшениці озимої. Стан рослин оцінювався у 6 балів.

У 2024 році тепла весна та достатня кількість опадів забезпечили рівномірні сходи й добрий розвиток рослин. Літо було спекотним, з періодами посухи у серпні, проте осінь мала оптимальні умови для сівби. Зима 2024/2025 рр. була короткою, але сприятливою для перезимівлі. Стан посівів оцінювався у 7–8 балів.

У 2025 році весна розпочалася з дефіцитом опадів, що затримало активний ріст рослин. У червні–липні спостерігалися високі температури та суховії, які негативно вплинули на формування колоса. Таким чином, стан посівів сорту Володарка Носівщини на початок літа оцінювався як задовільний, хоча частина площ мала ознаки стресу від посухи. Загальна оцінка – 6 балів.

Отже, погодні умови у зоні досліджень мали виражену мінливість: від аномальних посух до сприятливих зимових періодів. Найбільш негативний вплив мали осінні посухи та тривалі бездошові періоди, які знижували густоту сходів і рівень кушення. Найбільш позитивний вплив мали зими з достатнім рівнем опадів, що забезпечували добру перезимівлю та задовільний стан рослин.

Вихідний матеріал пшениці створювали методом внутрішньовидової гібридизації форм пшениці м'якої різного еколого-географічного

In 2018/2019 and 2022/2023, the weather was favorable: excessive precipitation and optimal winter length ensured successful overwintering. The plants exhibited a high level of development, rated at 8 points. These years provided the best conditions for plant performance and grain yield.

In 2019–2022, the conditions were contrasting. The winter period lasted from 100 to 134 days, which differently affected spring plant development. In years with short winters, vegetation resumed earlier, whereas prolonged winters delayed growth and development. The crop condition was rated at 6–7 points, corresponding to a satisfactory but non-optimal level.

The 2023 spring was cool with excessive wetting in April–May, which ensured uniform resumption of spring vegetation after overwintering. There was a precipitation deficit in the summer, and the autumn was dry, which complicated the sowing of the new cultivar. During the 2023/2024 winter, mild temperatures were documented, ensuring the preservation of winter wheat fields. The plant condition was rated at 6 points.

In 2024, a warm spring and sufficient precipitation favored uniform seedling emergence and good plant development. The summer was hot, with droughts in August; however, the autumn conditions were optimal for sowing. The 2024/2025 winter was short but favorable for overwintering. The crop condition was rated at 7–8 points.

In 2025, the spring began with a precipitation deficit, which delayed active plant growth. In June–July, high temperatures and hot dry winds occurred, negatively affecting spike formation. Thus, the condition of the 'Volodarka Nosivshchyny' fields at the beginning of summer was rated as satisfactory, although some areas showed signs of drought stress. The overall rating was 6 points.

Consequently, the weather in the study location was markedly variable: from anomalous droughts to favorable winters. The most negative impact was caused by autumn droughts and prolonged rainless periods, which reduced seedling density and tillering. The most positive impact was recorded during winters with sufficient precipitation, which ensured successful overwintering and a satisfactory plant condition.

The initial wheat material was developed through intraspecific hybridization of common

походження з адаптованими місцевими формами та подальшим індивідуальним добором за цінними господарськими ознаками. Добір елітних рослин проводили за колосом у поколіннях F₂, повторно – у F₃–F₄ та F₆–F₁₂.

Загальна площа дослідної ділянки становила 12 м², облікова – 10 м², виробничі ділянки – понад 2 га; розміщення ділянок – рандомізоване, повторність – шестиразова. Попередниками озимої пшениці були однорічні зернові та зернобобові культури (просо, гречка, горох, соя). Технологія вирощування – загальноприйнята для умов Лісостепу.

Вміст білка в зерні визначали на аналізаторі якості незбираного зерна *Infratec*TM на Носівській селекційно-дослідній станції, хлібопекарські властивості – в Інституті рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН України.

Математично-статистичну обробку даних виконували за допомогою програм Microsoft Excel 2019 та Statistica 6.0.

Результати та обговорення

У сучасній селекції пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.) особливу увагу приділяють створенню сортів із комплексною адаптивністю, стабільною продуктивністю та гарантованою якістю зерна. В умовах глобальних кліматичних трансформацій, зростання частоти абіотичних стресів і нестабільності агрофонів, ключовими селекційними критеріями стають екологічна пластичність, технологічна надійність та стійкість до посухи, морозу і перегрівання (Reynolds et al., 2022; Zhang et al., 2025). У цьому контексті особливу роль відіграють базові генотипи – сорти, які слугують селекційною платформою для створення нових адаптивних форм, поєднуючи стабільну морфологічну архітектоніку з високими біохімічними та генетичними показниками.

Сорт Володарка Носівщини (заявка № 22012049), створений у Носівській селекційно-дослідній станції НААН України, є репрезентативним прикладом перспективного генотипу інтенсивного типу, що має стратегічне значення для оновлення сортових ресурсів України. Його селекційна модель базувалася на індивідуальному доборі з гібридної комбінації [Донська напівкарликова × К-6477/91 (Китай)], що дало змогу інтегрувати адаптивний потенціал південних форм до стресових чинників літнього періоду та генотипову стійкість локального матеріалу до несприятливих умов перезимівлі. Відібрана лінія в F₂ по колосу з однієї рослини

wheat forms of different eco-geographical origins with adapted local forms, followed by individual selection for valuable economic traits. Elite plants were selected by spike in F₂ and repeatedly in F₃–F₄ and F₆–F₁₂.

The total experimental plot area was 12 m²; the harvest area was 10 m²; the production plots were larger than 2 ha. The plot layout was randomized, with six replicates. The preceding crops for winter wheat were annual cereals and grain legumes (millet, buckwheat, pea, soybean). The cultivation technology followed the standard practices for the Forest-Steppe.

The grain protein content was determined on an *Infratec*TM whole grain analyzer at Nosivka Breeding and Research Station; the bread-making properties were analyzed at the Yuriev Plant Production Institute of NAAS of Ukraine. Data were statistically processed in Microsoft Excel 2019 and Statistica 6.0.

Results and Discussion

In modern common winter wheat (*Triticum aestivum* L.) breeding, particular attention is paid to developing cultivars with integrated adaptability, stable productivity, and guaranteed grain quality. Given global climate transformations, the increasing frequency of abiotic stresses, and the instability of agricultural backgrounds, key breeding criteria include environmental plasticity, technological reliability, and resilience to drought, frost, and heat (Reynolds et al., 2022; Zhang et al., 2025). In this context, basic genotypes play a crucial role—they serve as a breeding platform for creating new adaptable forms, combining stable morphology with high biochemical and genetic indicators.

'Volodarka Nosivshchyny' (application No. 22012049), developed at Nosivka Breeding and Research Station of NAAS of Ukraine, is a representative example of a promising intensive genotype, which is of strategic importance for updating Ukraine's varietal resources. Its breeding design was based on individual selection from a hybrid combination ['Donska Napivkarlykova' × 'K-6477/91' (China)], which allowed for the integration of the adaptive potential of southern forms to summer stressors with the genotypic resistance of local material to unfavorable overwintering conditions. The line selected in F₂ by spike from a single plant proved to be constant as early as F₅ and underwent

виявилася константною вже в F₅ і протягом 2–3 років проходила селекційне розмноження. Така схема реалізувала модель стабілізації ознак через ранню гомозиготизацію, що відповідає сучасним підходам до селекції самоzapильних культур (Mujeeb-Kazi et al., 2019).

Морфологічна структура сорту відповідає критеріям короткостеблих форм: висота рослин – 79,5–84,5 см, кількість вузлів – 4–5, довжина міжвузлів – від 5 до 21 см. Прапорцевий листок – вертикально орієнтований, довжиною 13,7–25,5 см, площа листової поверхні – 23,5 см². Колос – призматичний, щільний, з компактним розміщенням 54 квіток. Зернівка – крупна, виповнена, не схильна до осипання та проростання в колосі. Онтогенетична архітектоніка сорту – укорочене верхнє міжвузля, потовщене стебло, синхронний розвиток пагонів – формує оптимальну структуру рослини для інтенсивного типу вирощування.

Агрономічну стабільність сорту зумовлюють висока морозо- та жаростійкість, адаптивна фотоперіодична чутливість, подовжений період яровизації, висока резистентність до листової іржі та борошнистої роси (9 балів), а також стійкість до вилягання. За умов інтенсивного агрофону (N90) сорт забезпечує врожайність на рівні 9–11 т/га, формуючи зерно з високою масою 1000 зерен (до 55 г).

За якісними показниками зерна (вміст білка — до 14%, клейковини — 27,5%) «Володарка Носівщини» стабільно відповідає категорії «сильних» пшениць згідно з ДСТУ 3768:2019. За міжнародними стандартами генотип ідентифікується як високоякісна продовольча пшениця (класи E/A за європейською сіткою та Hard Red Winter/Spring за класифікацією USDA), що підтверджує його високу хлібопекарську цінність.

Сорт Володарка Носівщини (заявка №22012049) пройшов державну реєстрацію майнових прав ІВ 08.10.2025 (патент №250219; свідоцтво №250448) з пріоритетом від 28.11.2022.

Аналіз результатів сортовипробування (табл. 1) свідчить, що сорт Володарка Носівщини характеризується оптимальним поєднанням біометричних параметрів та адаптивного потенціалу. Зокрема, генотип демонструє найвищу у досліді стійкість до збудників іржі (9 балів) та септоріозу (8 балів), що на 1–3 бали перевищує показники сортів порівняння (Смуглянка, Тризо, Безоста).

За урожайністю (6,4 т/га) та вмістом білка (13,5 %) новий сорт відповідає рівню кращих

breeding reproduction for 2–3 years. This scheme implemented a trait stabilization model through early homozygosity, consistent with current approaches to breeding self-pollinating crops (Mujeeb-Kazi et al., 2019).

The morphological characteristics of the cultivar meet the criteria for short-stemmed forms: the plant height is 79.5–84.5 cm; the number of nodes is 4–5; and the internode length ranges from 5 to 21 cm. The flag leaf is vertically oriented, 13.7–25.5 cm long, with a leaf area of 23.5 cm². The spike is prismatic and dense, with a compact arrangement of 54 flowers. The caryopsis is large and plump, resistant to shedding and pre-harvest sprouting. The ontogenetic architectonics of the cultivar—a shortened upper internode, thickened stem, and synchronous shoot development—form an optimal plant structure for intensive cultivation.

The cultivar's agronomic stability is driven by high frost and heat tolerance, adaptive photoperiodic sensitivity, an extended vernalization period, high resistance to leaf rust and powdery mildew (9 points), and lodging resistance. Under intensive farming techniques (N₉₀), the cultivar yields 9–11 t/ha, forming grain with a high thousand-kernel weight (up to 55 g).

In terms of grain quality indicators (the protein content amounts to 14%; the gluten content is 27.5%), 'Volodarka Nosivshchyny' consistently meets the "strong wheat" category according to DSTU 3768:2019. According to international standards, the genotype is rated as top-quality food-grade wheat (classes E/A by the European classification and Hard Red Winter/Spring according to the USDA classification), confirming its high bread-making value.

'Volodarka Nosivshchyny' (application No. 22012049) underwent state registration of property rights on October 8, 2025 (patent No. 250219; certificate No. 250448) with priority from November 28, 2022.

The analysis of trial results (Table 1) indicates that 'Volodarka Nosivshchyny' is characterized by an optimal combination of biometric parameters and adaptability. Specifically, the genotype demonstrates higher (by 1–3 points) resistance to rust pathogens (9 points) and Septoria leaf blotch (8 points) than the check cultivars ('Smuhlianka', 'Trizo', 'Bezosta').

In terms of yield (6.4 t/ha) and protein content (13.5%), the new cultivar meets the

вітчизняних та іноземних стандартів, при цьому достовірно випереджає сорт німецької селекції Трізо за продуктивністю (+0,7 т/га). Важливою морфологічною особливістю Володарки Носівщини є вкорочена соломину (82,7 см), що забезпечує високу стійкість до вилягання порівняно зі Смуглянкою (102,5 см) та Дворянкою (97,3 см).

Таким чином, Володарка Носівщини поєднує раціональну архітектоніку рослин (низькорослість), стабільні біохімічні показники (клейковина 27,5 %) та високу стійкість до хвороб, що визначає її цінність як вихідного матеріалу для селекції адаптивних сортів нового покоління.

Для ринку 2024–2026 рр. ключовими критеріями відбору є урожайність у стресових умовах, пластичність, посухо- та морозостійкість, стійкість до хвороб і технологічна якість зерна. Демонстраційні полігони 2025 р. фіксували середні врожайності 8,6 т/га з лідерами >9,0 т/га у вітчизняних селекційних лініях.

Рослина має прямий габітус (кут відходження стебел 85–90°), середню довжину стебла і колоса (82,7 см), що знижує ризик вилягання та забезпечує рівномірне освітлення. Генотип характеризується озимим типом розвитку та оптимальною для північного Лісостепу тривалістю вегетації (253–268 діб). Такий ритм органогенезу забезпечує синхронізацію критичних фаз розвитку рослин з агрокліматичними параметрами перехідної зони, нівелюючи вплив гідротермічних стресів помірно-континентального клімату. Якщо сорт Володарка Носівщини у зоні Лісостепу демонструє тривалість вегетації 253–264 діб, а у Поліссі – 266–270 діб, то у перехідній екологічній зоні між Поліссям і Лісостепом цей показник має проміжні значення – 260–268 діб, що зумовлено поєднанням ранньостиглості (ранній початок колосіння на 3–5 діб раніше від стандарту), сильного воскового нальоту на піхві та пластинці прапорцевого листка (7 балів), які разом забезпечують адаптивність сорту до вологозабезпечення та температурного режиму екокліну. Соломина слабо виповнена (товщина стінки до 1,0 мм), але помірний восковий наліт на верхньому міжвузлі і сильний на прапорцевому листку створюють бар'єр проти транспірації. Листкова система має слабе антоціанове забарвлення вушок прапорцевого листка (інтенсивність <10%), але сильний восковий наліт на піхві (7 балів) та пластинці (7 балів), що є ознакою посухостійкості.

highest domestic and foreign standards, significantly outperforming the German cultivar 'Trizo' (+0.7 t/ha). A key morphological feature of 'Volodarka Nosivshchyny' is its shortened culm (82.7 cm), which ensures high lodging resistance compared to 'Smuhlianka' (102.5 cm) and 'Dvoryanka' (97.3 cm).

Thus, 'Volodarka Nosivshchyny' combines rational plant architectonics (short stems), stable biochemical parameters (gluten 27.5%), and high disease resistance, defining its value as a starting material for breeding a new generation of adaptable cultivars.

For the 2024–2026 market, the key selection criteria are yield under stressful conditions, plasticity, drought and frost tolerance, disease resistance, and technological grain quality. In 2025 demonstration plots, the mean yield of 8.6 t/ha was harvested, with leaders among domestic breeding lines yielding > 9.0 t/ha.

The plant has an erect habit (stem angle 85–90°), medium stem and spike length (82.7 cm), which reduces the risk of lodging and ensures uniform illumination. The genotype is characterized winter growth habit and an optimal vegetation period for the Northern Forest-Steppe (253–268 days). This rhythm of organogenesis ensures the synchronization of critical development phases with the agro-climatic parameters of the transition subzone, mitigating the impact of hydrothermal stresses in the temperate continental climate. While 'Volodarka Nosivshchyny's vegetation lasts 253–264 days in the forest-steppe zone and 266–270 days in the mixed forest zone, it has an intermediate vegetation length of 260–268 days in the ecotone between the mixed forests and forest-steppe. This is attributed to a combination of early maturity (heading onset 3–5 days earlier than in the check cultivar) and a strong waxy bloom on the flag leaf sheath and blade (7 points), which together provide adaptability to the wetting and temperature regimes of the ecocline. The culm is weakly filled (wall thickness up to 1.0 mm), but a moderate waxy bloom on the upper internode and a strong bloom on the flag leaf create a barrier against transpiration. The flag leaf auricles demonstrate weak (intensity <10%) anthocyanin coloration, but strong waxy bloom on the sheath (7 points) and blade (7 points) serves as a marker of drought tolerance.

Морфологічна архітектоніка сорту Володарка Носівщини відрізняється напівверктойдним типом прапорцевого листка, що є суттєвою перевагою над поширеними генотипами із зігнутою пластинкою (понад 70% популяції). Такий габітус забезпечує раціональний розподіл фотоактивної радіації вглиб посіву та покращує аерацію стеблостою. Язичок середній (1,5–2,0 мм), вушка гострі (кут загострення 40–45°). Відсутність або дуже слабе опушення верхнього вузла (<5%) у пшениці є адаптивною ознакою, що знижує ризик затримки вологи та утворення мікрокрапель конденсату, які сприяють розвитку грибних хвороб. У сорту Володарка Носівщини ця ознака виражена саме так – опушення верхнього вузла відсутнє або дуже слабе, що підтверджує його стійкість у вологих умовах. Ця закономірність підтверджена низкою вітчизняних та зарубіжних досліджень з морфології та адаптивності озимої пшениці (Liubych et al., 2022).

Колос формується рано (початок колосіння на 3–5 діб раніше стандарту), має циліндричну форму (довжина 8–10 см, діаметр 1,0–1,2 см), середню щільність (18–20 колосків на 10 см) та середню довжину (9–10 см). Восковий наліт колоса помірний. Колос циліндричний, середньої довжини і щільності, з білим або солом'яно-жовтим забарвленням. Остюки нижніх квіткових лусок наявні (довжина 15–25 мм), зубці верхівки короткі (2–3 мм), що відповідає вимогам до легкого обмолоту (рис. 1).

The morphology of 'Volodarka Nosivshchyny' is distinguished by a semi-erectoid flag leaf, which is a significant advantage over common genotypes with a bent blade (over 70% of the population). This feature ensures a rational distribution of photoactive radiation deep into the crop and improves canopy aeration. The ligule is medium (1.5–2.0 mm), and the auricles are acute (angle 40–45°). No or very weak pubescence of the upper node (<5%) in wheat is an adaptive trait that reduces the risk of moisture retention and formation of condensate micro-droplets, which create favorable conditions for fungal diseases. In 'Volodarka Nosivshchyny', this trait is expressed exactly this way—pubescence of the upper node is absent or very weak, confirming its resistance under humid conditions. This pattern is supported by several domestic and foreign studies on the morphology and adaptability of winter wheat (Liubych et al., 2022).

The spike forms early (heading begins 3–5 days earlier than in the check cultivar); it is cylindrical (length 8–10 cm, diameter 1.0–1.2 cm), medium-dense (18–20 spikelets per 10 cm), and medium-long (9–10 cm). The waxy bloom on the spike is moderate. The spike is whitish or straw-yellow. There are awns (15–25 mm long) on the lemmas; the apical teeth are short (2–3 mm), meeting the requirements for easy threshing (Fig. 1).



Рис. 1. Посіви озимої пшениці сорту Володарка Носівщини у фазі молочної стиглості, Носівська СДС, 2025 р.
Fig. 1. A field of the winter wheat cultivar 'Volodarka Nosivshchyny' in the milk-ripe stage, Nosivka BRS, 2025.

Зубець нижньої луски довгий (6–8 мм) і дуже зігнутий (кут вигину понад 45°), що додає функціональної остистості та підсилює фотосинтетичну активність колоса. Верхівковий сегмент стрижня має сильне опушення (густота понад 50 волосків/мм²), що у поєднанні з високою восковістю листка створює подвійний щит від перегріву та конденсації.

Нижня колоскова луска овальної форми, характеризується вузьким (0,5–0,7 мм) піднесеним плечем. Зубець колоскової луски помірно вигнутий. Опушення зовнішньої поверхні варіює від слабкого до помірного, внутрішньої — слабке. Нижня квіткова луска має ледве помітний зубець (або остюкоподібний відросток), що є характерною ознакою даного генотипу. Зернівка червона, крупна, із середніми довжиною (5,5–6,0 мм) та шириною (3,0–3,5 мм), співвідношенням довжина/ширина середнім (1,6–1,8) (рис. 2).

The lower glume tooth is long (6–8 mm) and strongly curved (bending angle over 45°), which adds functional awnedness and enhances the photosynthetic activity of the spike. The apical segment of the rachis has dense pubescence (density over 50 hairs/mm²), which, combined with the high waxiness of the leaf, creates a "double shield" against overheating and condensation.

The lower glume is oval-shaped, with a narrow (0.5–0.7 mm) elevated shoulder. The glume tooth is moderately curved. The pubescence of the outer surface varies from weak to moderate, while the inner surface is weakly pubescent. The lemma has a barely perceptible tooth (or an awn-like process), which is a characteristic feature of this genotype. The caryopsis is red and large, with a medium length of 5.5–6.0 mm and width of 3.0–3.5 mm, and a medium length-to-width ratio of 1.6–1.8 (Fig. 2).



Рис. 2. Насіння пшениці м'якої озимої сорту Володарка Носівщини
Fig. 2. Seeds of the common winter wheat cultivar 'Volodarka Nosivshchyny'

Відсутність забарвлення у фенолі свідчить про низьку активність поліфенолоксидази, що важливо для технологічної переробки: зерно не темніє, борошно має стабільний колір. Маса 1000 зерен становить близько 50,7 г, що забезпечує стабільну натуру та високий потенціал продуктивності.

Перехід від морфології до господарської придатності логічний: ранній старт колосіння,

The absence of phenol coloration indicates low polyphenol oxidase activity, which is crucial for industrial processing: the grain does not darken, and the flour maintains a stable color. The thousand-kernel weight is approximately 50.7 g, ensuring a stable test weight and high yield potential.

The transition from morphology to economic suitability is logical: the early heading

висока восковість листка, функціональна остистість і сильне опушення верхівкового сегмента стрижня колоса формують «стрес-адаптивний» фенотип, який прямо конвертується у стабільність урожаю та якості. У Лісостепу сорт демонструє 8,18 т/га, що на 0,77 т/га (+10,4%) перевищує середній показник за п'ять років (7,41 т/га); у Поліссі – 7,31 т/га (+0,57 т/га; +8,5% до середнього); у Степу – 5,65 т/га, на рівні середнього (табл. 3).

start, strong waxy bloom of leaves, functional awnedness, and dense pubescence of the apical rachis segment form a stress-adaptable phenotype. This phenotype directly translates into yield stability and grain quality. In the forest-steppe, the cultivar yields 8.18 t/ha, which is 0.77 t/ha (+10.4%) higher than the five-year average (7.41 t/ha). In the mixed forests, the yield reached 7.31 t/ha (+0.57 t/ha; +8.5% above the average), and in the steppe, it was 5.65 t/ha, remaining at the average level (Table 3).

Таблиця 3. Середні показники господарської придатності сортів озимої пшениці за результатами державного сорто випробування (<http://sort.sops.gov.ua/cultivar/view/23148>)

Table 3. Average economic suitability indicators of winter wheat cultivars based on state variety trial results (<http://sort.sops.gov.ua/cultivar/view/23148>)

Показник / Parameter	Степ / Steppe	Лісостеп / Forest-steppe	Полісся / Mixed forests
Усереднена урожайність за 5 років, т/га / Five-year mean yield, t/ha	5.77	7.41	6.74
Урожайність (14% вологості), т/га / Yield (14% moisture), t/ha	5.65	8.18	7.31
± до середньої, т/га / ± to the mean value, t/ha	-0.12	0.77	0.57
± до середньої, % / ± to the mean value, %	-2.1	10.4	8.5
Довірчий інтервал, т/га / Confidence interval, t/ha	0.08	0.05	0.04
Тривалість вегетації, днів / Vegetation length, days	253	264	268
Висота рослини, см / Висота рослини, см	90.6	88.9	91.4
Маса 1000 зерен, г / 1000-kernel weight, g	44.6	50.7	50
Вміст білка, % / Protein content, %	13.5	13.4	13.5
Вміст сирової клейковини, % / Crude gluten content, %	27.8	26.1	26.2
Альвеограф (W), о.а. / Flour strength (W)	156	178	138
Об'єм хліба зі 100 г борошна, мл / Loaf volume from 100 g of flour, cm ³	510	573.3	540

Така диференціація узгоджується з морфологічним профілем: ранньостиглість і восковість зменшують втрати від теплових хвиль у Лісостепу, а опушення стрижня та середня щільність колоса покращують аерацію і знижують ризик конденсації у Поліссі.

Варто зазначити, що новий сорт має високу стійкість до вилягання (9 балів) та обсіпання (9 балів). Стійкість до посухи оцінена на рівні 6–8 балів, що підтверджує роль воскового нальоту та остистості у збереженні води.

Реакція генотипу на ураження фітопатогенами в розрізі еколого-географічних зон:

Such differentiation aligns with the morphological profile: early maturity and waxy bloom reduce losses from heat waves in the forest-steppe, while rachis pubescence and medium spike density improve aeration and lower the risk of condensation in the mixed forests.

It is worth noting that the new cultivar is highly resistant to lodging (9 points) and shedding (9 points). Drought tolerance is rated at 6–8 points, confirming the role of the waxy bloom and functional awnedness in water conservation.

The genotype's response to phytopathogen infection across different eco-geographical zones is as follows:

- борошниста роса (*Blumeria graminis*): сорт характеризується високою польовою стійкістю (7–9 балів), що особливо виражено в умовах Степу; у зоні Полісся, за сприятливих для патогенезу гідротермічних показників, резистентність залишається на стабільному середньому рівні (6 балів).

- бура іржа (*Puccinia recondita*): імунологічний відгук становить 5–8 балів; найвищу адаптивність сорт демонструє в умовах Лісостепу, тоді як на жорсткому інфекційному фоні перехідної зони Полісся спостерігається помірне ураження.

- фузаріоз колоса (*Fusarium* spp.): висока толерантність (7–9 балів) є стратегічною перевагою генотипу, що мінімізує ризики деградації якості зерна та накопичення мікотоксинів у регіонах із надлишковим зволоженням у фазу цвітіння.

- стійкість проти летючої та твердої сажки – 8–9 балів.

- стійкість проти шкідників (муха шведська, клоп-черепашка) – 9 балів, що відповідає вимогам сучасного виробництва.

Зимостійкість і морозостійкість посівів – 7 балів, що забезпечує стабільність у континентальних умовах. Така комплексна оцінка морфологічних та адаптивних властивостей сорту Володарка Носівщини дозволяє узагальнити його профіль у порівнянні з сучасними українськими та зарубіжними сортами (табл. 4).

Аналіз фенологічних характеристик показує, що ранній початок колосіння у сорту Володарка Носівщини забезпечує уникнення літньої спеки та знижує ризик фузаріозного ураження колоса в пізні терміни. Така особливість узгоджується з глобальним трендом скорочення тривалості вегетаційного періоду у стресових регіонах і ставить сорт у ряд із ранньостиглими лініями США, зокрема Hard Red Winter, TAM 114, SY Monument, а також Німеччини – Julius, RGT Reform, Patras. Водночас він демонструє кращу адаптацію до континентальної вологості Полісся, що є важливим чинником стабільності врожаю. У контексті українського сортименту Володарка Носівщини стоїть поруч із сортами Смуглянка, МПП Візерунок, Царівна, які також мають скорочений період вегетації для виходу з літньої спеки, але новий сорт вирізняється додатковим захисним механізмом – сильним опушенням стрижня колоса, що посилює його адаптивність у зоні Полісся.

• Powdery mildew (*Blumeria graminis*): The cultivar is highly resistant in the field (7–9 points), which is particularly pronounced in the steppe. In the mixed forest zone, where the hydrothermal conditions are favorable for pathogenesis, resistance remains at a stable medium level (6 points).

• Leaf rust (*Puccinia recondita*): The immunological response ranges from 5–8 points. The cultivar demonstrates the highest adaptability in the forest-steppe, whereas moderate infection is observed on severe infectious backgrounds of the Polissia transition zone.

• Fusarium head blight (*Fusarium* spp.): High tolerance (7–9 points) is a strategic advantage of the genotype, minimizing the risks of grain quality degradation and mycotoxin accumulation in regions with excessive wetting during anthesis.

• Resistance to loose smut and common smut: 8–9 points.

• Pest resistance (frit fly, Sunn pest): 9 points, which meets the requirements of modern production.

Winter hardiness and frost tolerance are rated at 7 points, ensuring stability under continental conditions. This comprehensive evaluation of the morphological and adaptive features of the 'Volodarka Nosivshchyny' allows for its profile to be generalized in comparison with modern Ukrainian and foreign cultivars (Table 4).

Analysis of phenological characteristics shows that the early heading onset in 'Volodarka Nosivshchyny' ensures avoidance of summer heat and reduces the risk of Fusarium head blight in late stages. This feature aligns with the global trend of shortening the growing season in stress-prone regions and places the cultivar alongside early-ripening lines from the USA (specifically 'Hard Red Winter', 'TAM 114', 'SY Monument') and Germany ('Julius', 'RGT Reform', 'Patras'). At the same time, it is better adapted to the continental humidity of Polissia, which is a key factor in yield stability. Within the Ukrainian assortment, 'Volodarka Nosivshchyny' stands alongside cultivars such as 'Smuhlianka', 'MIP Vizerunok', and 'Tsarivna', which also have shortened vegetation periods for heat escape; however, the new cultivar is distinguished by an additional protective mechanism—dense pubescence of the rachis, enhancing its adaptability in the mixed forest zone.

Таблиця 4. Морфолого-технологічний профіль сорту Володарка Носівщини у системі сучасних селекційних тенденцій

Table 4. Morphological and technological profile of the 'Volodarka Nosivshchyny' within the framework of modern breeding trends.

Ознаки та властивості / Traits and Features	Володарка Носівщини / Volodarka Nosivshchyny	Тренд сучасних українських сортів / Trend of Modern Ukrainian Cultivars	Тренд сучасних зарубіжних сортів / Trend of Modern Foreign Cultivars
Ранньостиглість / Early maturity	Ранній початок колосіння / Early heading onset	Середньоранні, адаптовані до виходу з літньої спеки (Вежа, Княжна, Калита) / Medium-early, adapted to summer heat escape ('Vezha', 'Kniazhna', 'Kalyta')	Ранньо-/середньостиглі для оптимізації використання вологи (Benchmark, LG Skyscraper, Toborzo) / Early- to medium-ripening for optimal moisture utilization ('Benchmark', 'LG Skyscraper', 'Toborzo')
Восковість / Waxy bloom	Сильна (листок), помірна (колос) / Strong (leaf), moderate (spike)	Підвищена для посухостійкості (Центилівка, Славна, Солоха) / Increased for drought resistance ('Tsentylivka', 'Slavna', 'Solokha')	Висока у остистих лініях для стресових умов (Anapurna, Genius, RGT Kilimanjaro) / High in awned lines for stressfull conditions ('Anapurna', 'Genius', 'RGT Kilimanjaro')
Остюки / Awns	Наявні; зубець довгий, зігнутий / Present; glume tooth is long and curved	Часто остисті для стресових сезонів (Диканька, Говерла, Вежа) / Often awned for stressful seasons ('Dykanka', 'Hoverla', 'Vezha')	Переважають остисті у посушливих регіонах (Patras, Apache, Julius) / Predominantly awned in arid regions ('Patras', 'Apache', 'Julius')
Опушення стрижня / Rachis pubescence	Сильне / Strong	Варіює, іноді поєднане з високою восковістю (Княжна, Калита, Харківська Славна) / Varies, sometimes combined with high waxy bloom ('Kniazhna', 'Kalyta', 'Kharkivska Slavna')	Зустрічається, але не завжди стабільне (Genius, RGT Kilimanjaro) / Occurs, but not always stable ('Genius', 'RGT Kilimanjaro')
Висота/щільність / Height / Density	Середня/середня / Medium / Medium	Баланс для стійкості й продуктивності (Харківська 118, Харківська 120, Центилівка) / Balance for stability and productivity ('Kharkivska 118', 'Kharkivska 120', 'Tsentylivka')	Баланс під інтенсивні технології (Benchmark, KWS Livius, LG Skyscraper) / Balance for intensive technologies ('Benchmark', 'KWS Livius', 'LG Skyscraper')
Зерно / Grain	Крупне, червоне; низька активність поліфенолоксидази / Large, red; low polyphenol oxidase activity	Орієнтація на якість (натура, білок, клейковина) (Славна, Калита, Вежа) / Focus on quality (test weight, protein, gluten) ('Slavna', 'Kalyta', 'Vezha')	Висока продуктивність за належної технології (Apache, Julius, Genius) / High productivity under appropriate technology ('Apache', 'Julius', 'Genius')

Сильний восковий наліт листка виступає маркером посухостійкості. У зарубіжних остистих лініях, таких як TAM 304 і SY Ovation у США чи KWS Emil та RGT Reform у Німеччині, ця ознака працює синергійно з остистістю, формуючи додатковий механізм збереження води. Володарка Носівщини доповнює цей комплекс ще й сильним опушенням верхівкового сегмента стрижня колоса, що рідко зустрічається у європейських сортів і створює додатковий бар'єр проти конденсації та перегріву. За восковістю листка він співставний із українськими сортами МІП Дніпрянка та МІП Вежа, які відзначаються високою посухостійкістю, проте новий сорт має додатковий бар'єр – поєднання восковості та опушення, що підсилює його стійкість у стресових умовах.

Остистість сорту виражена довгим і зігнутих зубцем довжиною 6–8 мм при куті вигину понад 45°, що підсилює фотосинтетичну активність колоса. За функціональністю ця ознака порівнювана з українськими сортами Смоглянка, МІП Візерунок, Царівна та американськими TAM 114 і SY Monument, але Володарка Носівщини має більш збалансовану верхівкову остистість завдовжки 2–3 мм, що полегшує обмолот і зменшує травмування зерна.

Крупна червона зернівка з низькою активністю поліфенолоксидази забезпечує стабільність кольору і натури зерна, що є важливою технологічною перевагою. За цими показниками сорт конкурує з німецькими лініями RGT Reform і Patras та американськими HRW сортами TAM 114 і SY Ovation, демонструючи високий рівень придатності для хлібопекарської і кондитерської промисловості. Водночас він співставний із українськими сортами МІП Вежа та МІП Дніпрянка, які орієнтовані на стабільну якість борошна, але Володарка Носівщини демонструє вищу стабільність кольору завдяки низькій активності поліфенолоксидази.

З огляду на селекційну цінність сорту, особливу увагу було приділено вивченню його фотоперіодичної реакції – ознаки, що визначає темпи розвитку, адаптацію до строків сівби та потенціал урожайності. Дослідження, проведені у співпраці з С.В. Чеботар та ін. (Bakuma et al., 2020), дозволили детально охарактеризувати сорт Володарка Носівщини за ознакою фотоперіодичної чутливості. Генотип сорту несе

The strong waxy bloom of the leaf serves as a marker for drought resistance. In foreign awned lines, such as 'TAM 304' and 'SY Ovation' in the USA or 'KWS Emil' and 'RGT Reform' in Germany, this trait works synergistically with awnedness to form an additional water conservation mechanism. 'Volodarka Nosivshchyny' complements this complex with dense pubescence of the apical rachis segment—a trait rarely found in European cultivars—which creates an extra barrier against condensation and overheating. In terms of leaf waxiness, it is comparable to the Ukrainian cultivars 'MIP Dniprianka' and 'MIP Vezha', known for high drought resistance, but the new cultivar provides a dual barrier—the combination of waxy bloom and pubescence, strengthening its stability under stressful conditions.

The awnedness of the cultivar is expressed by a long and curved tooth (6–8 mm) with a bending angle exceeding 45°, which enhances the photosynthetic activity of the spike. Functionally, this trait is comparable to that in the Ukrainian cultivars 'Smuhlianka', 'MIP Vizerunok', and 'Tsarivna' and the American cultivars 'TAM 114' and 'SY Monument'; however, 'Volodarka Nosivshchyny' features a more balanced apical awnedness (2–3 mm), facilitating threshing and reducing grain damage.

The large red caryopsis with low polyphenol oxidase activity ensures color stability and high test weight, representing a significant technological advantage. According to these indicators, the cultivar competes with the German lines 'RGT Reform' and 'Patras' and the American HRW cultivars 'TAM 114' and 'SY Ovation', demonstrating better suitability for the baking and confectionery industries. At the same time, it is comparable to the Ukrainian cultivars 'MIP Vezha' and 'MIP Dniprianka', which focus on stable flour quality, yet 'Volodarka Nosivshchyny' demonstrates higher color stability due to its low polyphenol oxidase activity.

Given the breeding value of the cultivar, particular attention was paid to its photoperiodic response—a trait determining development rates, adaptation to sowing time, and yield capacity. A study conducted in collaboration with S.V. Chebotar et al. (Bakuma et al., 2020)

гаплотип VII гена *Ppd-D1*, що зумовлює помірну фотоперіодичну реакцію – ключовий адаптивний механізм, який прямо впливає на тривалість вегетації, час колосіння та продуктивність. Фенологічний профіль сорту демонструє пізніше колосіння порівняно з нечутливими генотипами: середня дата – 23 доби, цвітіння – 27 доби від початку травня. Це дозволяє культурі ефективно використовувати запаси зимової та ранньовесняної вологи, що є критично важливим для формування високої біомаси. У польових умовах Лісостепу та Полісся-Лісостепу Володарка Носівщини забезпечує врожайність на рівні 623–624 г/м². Водночас, саме помірна фотоперіодична чутливість лежить в основі високої дисперсії врожайності, що підтверджує залежність сорту від метеорологічних умов сезону.

Проте, саме помірна фотоперіодична чутливість лежить в основі високої дисперсії врожайності, що підтверджує залежність сорту від метеорологічних умов сезону. Така реакція на довжину світлового дня впливає не лише на темпи розвитку рослини, а й на формування біохімічного складу зерна, зокрема на вміст білка та якість клейковини, які є критичними для хлібопекарського використання.

Комплексна оцінка технологічних властивостей сорту Володарка Носівщини підтверджує його високий продовольчий потенціал. Натура зерна на рівні 790 г/л свідчить про високу виповненість та потенційно високий вихід борошна вищих сортів. Показник склоподібності (46 %) у поєднанні з вмістом клейковини (22–27 %) забезпечує формування еластичного тіста з добрими структурно-механічними властивостями. За сукупністю показників (ІДК — 75 од., сила борошна — 138–178 о.а.) сорт класифікується як пшениця II групи якості (цінна), що відповідає вимогам до стабільних філерних сортів універсального призначення. Індекс еластичності (42 %) та стабільний об'ємний вихід хліба (450–510 см³) підтверджують ефективну реалізацію генетичного потенціалу генотипу навіть за умов варіативного гідротермічного та фотоперіодичного режиму. Це визначає стратегічну перевагу сорту для вирощування в нестабільних агрокліматичних умовах перехідних зон України (табл. 5).

allowed for a detailed characterization of 'Volodarka Nosivshchyny' regarding photoperiodic sensitivity. The genotype carries haplotype VII of the *Ppd-D1* gene, which determines a moderate photoperiodic response—a key adaptive mechanism directly influencing vegetation length, heading time, and performance. The phenological profile of the cultivar shows later heading compared to insensitive genotypes: an average of 23 days for heading and 27 days for anthesis from the beginning of May. This allows the crop to effectively utilize winter and early spring moisture reserves, which is critical for high biomass formation. Under the field conditions of the forest-steppe and the mixed forest/forest-steppe transition subzone, 'Volodarka Nosivshchyny' yields 623–624 g/m². However, it is the moderate photoperiodic sensitivity underlies the high yield variance, confirming the cultivar's dependence on the season's meteorological conditions. Such a response to day length affects not only the plant development rate but also the grain biochemical composition, particularly protein content and gluten quality, which are critical for bread-making.

The comprehensive evaluation of the technological properties of 'Volodarka Nosivshchyny' confirmed its high food-grade potential. A test weight of 790 g/L indicates good grain filling and a potentially high yield of premium-grade flour. The vitreousness index (46%) combined with the gluten content (22–27%) ensures the formation of elastic dough with desirable structural and mechanical properties. Based on the aggregate indicators (GDI = 75, flour strength (W) = 138–178), the cultivar is classified as Group II quality wheat (valuable wheat), meeting the requirements for stable, multipurpose "filler" cultivars. The elasticity index (42%) and stable loaf volume (450–510 cm³) confirm the effective realization of the genotype's genetic potential even under variable hydrothermal and photoperiodic regimes. This determines the strategic advantage of the cultivar for cultivation in the unstable agro-climatic conditions of the Ukrainian transition subzones (Table 5).

Таблиця 5. Характеристики якості зерна та хлібопекарський потенціал сорту Володарка Носівщини
Table 5. Grain quality characteristics and bread-making potential of 'Volodarka Nosivshchynu'

Показник / Parameter	Значення / Value	Інтерпретація / значення для технології / Interpretation / Technological Significance
Натура зерна / Test weight	790 г/л / g/L	Висока виповненість та щільність ендосперму; забезпечує стабільно високий вихід борошна вищих сортів / Good grain filling and dense endosperm; consistently high yield of premium-grade flour
Склоподібність / Vitreousness	46%	У поєднанні з високим вмістом білкових фракцій (клейковина 22–27 %) забезпечує формування еластичного тіста з добрими структурно-механічними властивостями / In combination with a high content of protein fractions (gluten 22–27%), it ensures the formation of elastic dough with desirable structural and mechanical properties.
Клейковина / Gluten	22-27%	Високий вміст, забезпечує еластичність тіста / A high content ensures dough elasticity
Група якості / Quality group	II	Стабільний філер універсального призначення. Це характеризує сорт як стабільну філерну основу для формування помольних партій та використання в універсальних хлібопекарських технологіях. / A stable multipurpose filler. The characteristics make the cultivar a stable filler base for producing milling batches and using in universal bread-making technologies.
ВДК (валориметрична оцінка) / GDI	75	Клейковина відповідає I групі якості, що гарантує оптимальні пружно-еластичні характеристики та запобігає надмірному розрідженню тіста під час ферментації. / Gluten corresponds to Quality Group I, guaranteeing optimal resilience and elasticity while preventing excessive dough softening during fermentation.
Сила борошна / Flour strength	138-178 о.а.	Категорія «філерної» (середньої за силою) пшениці. / "Filler" category (medium-strength) wheat
Індекс еластичності / Elasticity index	42%	Збалансована еластичність тіста / Balanced dough elasticity
Об'ємний вихід хліба / Loaf volume	540 мл / 540 cm ³	Конкурентоспроможний рівень якості зерна, що є репрезентативним показником для високопродуктивних пшениць даної категорії та підтверджує високу хлібопекарську якість сорту. / A competitive level of grain quality that is representative of high-yielding wheats in this category and confirms the high bread-making quality of the cultivar.

На рис. 3 наведено зразок хліба, випеченого з зерна цього сорту, що демонструє його технологічну придатність для хлібопекарської промисловості.

Fig. 3 shows a loaf of bread baked from the grain of this cultivar, demonstrating its technological suitability for the baking industry.



Рис. 3. Хліб, випечений із пшениці м'якої сорту Володарка Носівщини
Fig. 3. Bread baked from the common winter wheat cultivar 'Volodarka Nosivshchyny'

У контексті вищезазначених селекційних характеристик особливої ваги набувають результати виробничої апробації сорту Володарка Носівщини, проведеної на базі Носівської СДС протягом 2022–2025 років (табл. 6). Даний етап досліджень дозволив не лише верифікувати потенційну врожайність генотипу за різних систем основного обробітку ґрунту, а й проаналізувати норму реакції його морфо-технологічних ознак на зміну агротехнічних факторів.

Отримані дані підтверджують, що архітектура рослин та стабільність якісних показників зерна сорту повністю корелюють із сучасними глобальними трендами селекції на високу адаптивність та ресурсну ощадливість. Це дозволяє позиціонувати Володарку Носівщини як пластичний генотип, здатний ефективно реалізувати свій біоенергетичний потенціал як за інтенсивних, так і за мінімізованих технологій вирощування.

Результати багаторічних випробувань (2022–2025 рр.) свідчать, що система основного обробітку ґрунту є критичним чинником у реалізації потенціалу продуктивності сорту Володарка Носівщини, особливо в умовах наростаючого дефіциту вологи.

In the context of the aforementioned breeding characteristics, the production trial results on 'Volodarka Nosivshchyny' obtained at Nosivka BRS in 2022–2025, are of particular importance (Table 6). This stage of the research allowed not only for the verification of the genotype's potential yield under different primary tillage methods but also for the analysis of the reaction norm of its morpho-technological traits to changes in agronomic factors.

Our findings confirmed that the plant architecture and the stability of the grain quality indicators of the cultivar fully correlate with current global breeding trends focused on high adaptability and resource efficiency. This allows for positioning 'Volodarka Nosivshchyny' as a plastic genotype capable of effectively realizing its bioenergetic potential under both intensive and minimized cultivation technologies.

Results of multi-year trials (2022–2025) indicate that the primary tillage method is a critical factor in realizing the yield potential of 'Volodarka Nosivshchyny', particularly under increasing water deficits.

Таблиця 6. Урожайність і маса 1000 зерен пшениці озимої сорту «Володарка Носівщини» за різних систем основного обробітку ґрунту (Носівська СДС, 2022–2025 рр.)

Table 6. Yield and thousand-kernel weight of the winter wheat cultivar ‘Volodarka Nosivshchyny’ under different primary tillage methods (Nosivka BRS, 2022–2025)

Рік / Year	Спосіб обробітку ґрунту / Tillage method			
	дискування / Disking		Оранка / Plowing	
	Урожайність зерна, т/га / Grain yield, t/ha	Маса 1000 зерен, г / 1000-kernel weight, g	Урожайність зерна, т/га / Grain yield, t/ha	Маса 1000 зерен, г / 1000-kernel weight, g
2022	9.8	53.0	7.6	46.4
2023	8.5	51.5	6.6	45.1
2024	10.7	54.0	8.3	47.3
2025	7.5	51.0	5.8	44.7
Середнє / Mean	9.1	52.4	7.1	45.9
HP _{0,05} / LSD _{0,05}	0.7	0.6	1.2	1.0

Встановлено, що застосування поверхневого обробітку (дискування) забезпечило формування максимальної врожайності на рівні 9,1 т/га при стабільно високій масі 1000 зерен (52,4 г). Такий ефект пояснюється збереженням цілісності ґрунтових капілярів та створенням мульчувального шару пожнивних решток, що мінімізує випаровування вологи з верхніх горизонтів. Це стало вирішальним фактором виживання та продуктивності посівів у гостропосушливі періоди 2023 та 2025 років, коли дефіцит опадів у фазі кущення та наливу зерна був найбільш відчутним. Натомість за умови полицевої оранки спостерігалось суттєве зниження продуктивності до 7,1 т/га, а маси 1000 зерен — до 45,9 г. Глибоке розпушення ґрунту призвело до надмірної аерації та швидкої втрати залишкових запасів продуктивної вологи, що в умовах водного стресу спричинило передчасне припинення вегетації та "запал" зерна.

Таким чином, сорт Володарка Носівщини демонструє високу адаптивну здатність нівелювати негативний вплив дефіциту вологи за умови застосування енерго- та вологозберігаючих технологій. Перевага дискування (+2,0 т/га) підтверджує генетичну схильність сорту до ефективної водоспоживаючої здатності, що робить його стратегічно важливим для посушливих регіонів України в умовах глобальних кліматичних змін.

It was found that surface tillage (disking) ensured a maximum yield of 9.1 t/ha with a consistently high thousand-kernel weight (52.4 g). This effect is explained by the preservation of soil capillary integrity and the creation of a mulch layer of crop residues, which minimizes water evaporation from the upper horizons. This became a decisive factor for the crop survival and performance during the severely arid periods of 2023 and 2025, when precipitation deficits during the tillering and grain-filling stages were most pronounced. Conversely, under moldboard plowing, a significant reduction in the yield to 7.1 t/ha was observed, with the thousand-kernel weight dropping to 45.9 g. Deep soil loosening led to excessive aeration and rapid loss of residual productive moisture reserves, causing premature termination of vegetation and grain shriveling under water stress.

Thus, ‘Volodarka Nosivshchyny’ demonstrates a high adaptive capacity to mitigate the negative impact of water deficit when energy- and water-saving technologies are applied. The advantage of disking (+2.0 t/ha) confirms the genotype's genetically determined ability to efficiently absorb water, making it strategically important for the arid regions of Ukraine amidst global climate change.

Висновки.

Сорт озимої пшениці Володарка Носівщини визначено як пластичний генотип універсального призначення, що поєднує оптимізовану морфологічну архітектуру, високу фотоперіодичну стабільність та консервативність білкового профілю, що забезпечує стабільну реалізацію продуктивності в широкому діапазоні агроecологічних умов.

Виробничі випробування (2022–2025 рр.) підтвердили високий потенціал продуктивності сорту: середня врожайність становила 5,65–9,10 т/га, що на 8–10 % перевищує середні багаторічні показники регіону, причому максимальна врожайність досягається за умов мінімізації обробітку ґрунту (дискування), що сприяє нівелюванню дефіциту вологи.

Показники якості зерна (натура — 790 г/л, білок — до 14 %, клейковина — 22–27 %, сила борошна — 138–178 о.а.) дозволяють класифікувати сорт як цінну продовольчу пшеницю (II група якості), а низька активність поліфенолоксидази забезпечує стабільність кольору борошна, що є конкурентною перевагою порівняно з європейськими та американськими аналогами.

Наявність житньої транслокації 1BL/1RS (маркер Gli-R1) забезпечує сорту комплексну резистентність до бурої іржі та борошнистої роси, при цьому потенційна деструктивна дія секалінів на якість тіста ефективно нівелюється синергічною дією глютенінових алелів та високим білковим потенціалом.

Сорт вирізняється оптимальною довжиною верхівкових остей (2–3 мм), яка забезпечує високу технологічність обмолоту та мінімізує мікротравмування зернівки.

Сукупність ідентифікаційних ознак позиціонує сорт як стратегічно важливий ресурс для національної продовольчої безпеки та перспективну платформу для інтеграції у селекційні програми.

Конфлікт інтересів: Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Фінансування: дослідження не отримувало зовнішнього фінансування.

Доступність даних: усі дані наведені в тексті статті.

Внесок авторів: усі автори зробили рівнозначний внесок у дослідження та підготовку рукопису.

Conclusions.

The winter wheat cultivar ‘Volodarka Nosivshchyny’ is recognized as a plastic, multipurpose genotype that combines optimized morphology, high photoperiodic stability, and a stable protein profile, ensuring consistent performance across a wide range of agroecological conditions.

The production trials (2022–2025) confirmed the high yield potential of the cultivar: the mean yields ranged from 5.65 to 9.10 t/ha, exceeding the regional multi-year average values by 8–10%. It is noteworthy that maximum yields were achieved under minimized tillage (disking), which helps mitigate moisture deficits.

The grain quality indicators (the test weight is 790 g/L; the protein content amounts to 14%; the gluten content is 22–27%; the flour strength is 138–178) allow the cultivar to be classified as valuable food-grade wheat (Quality Group II). Low polyphenol oxidase activity ensures flour color stability, providing a competitive advantage over European and American counterparts.

The 1BL/1RS rye translocation (marker Gli-R1) confers comprehensive resistance to leaf rust and powdery mildew. Potential negative effects of secalins on dough quality are effectively mitigated by synergistic action of glutenin alleles and high protein potential.

The cultivar boasts an optimal length of apical awns (2–3 mm), ensuring easy threshing and minimizing micro-damage to the caryopsis.

The combination of identifying traits positions the cultivar as a strategically important resource for national food security and a promising platform for integration into breeding programs.

Conflict of Interest: The authors declare no conflict of interest.

Funding: This research received no external funding.

Data Availability: All data are presented in the article.

Author Contributions: All authors contributed equally to the research and the preparation of the manuscript.

References

- Abiola, S. O., Lacasa, J., Carver, B. F., Arnall, B. D., Ciampitti, I. A., & de Oliveira Silva, A. (2024). Nitrogen uptake dynamics of high and low protein wheat genotypes. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1493901. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1493901>
- Bakuma, A. O., Chebotar, G. O., Tkachuk, A. V., Chebotar, S. V., Moskalets, T. Z., & Moskalets, V. V. (2020). Alleles of Ppd-1 genes that control sensitivity to photoperiod in a number of bread winter wheat genotypes. *Plant Varieties Studying and Protection*, 16(3), 253–261. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.16.3.2020.214926>
- Biuleten. (2026). Information-reference system “Sort”: Official descriptions of plant varieties and indicators of economic suitability based on qualifying examination results (Application No. 22012049). [in Ukrainian]
- Demydov, O., Zamlila, N., Novytska, N., Kyrylenko, V., & Miliar, B. (2024). Evaluation of stability of winter bread wheat breeding lines in multi-environment trials. *Science Horizon*, 27(7), 112–120. [in Ukrainian]
- Holodna, A. V., & Holyk, L. M. (2021). Evaluation of new winter bread wheat varieties for yield, winter hardiness, disease resistance and grain quality. *Naukovi Dopovidi Instytutu Zemlerobstva NAAN*, 2, 69–78. [in Ukrainian]
- Khoroshun, I. V., & Nazarenko, M. M. (2024). Yield and grain quality of new winter wheat varieties in the northern Steppe. *Agrarni Innovatsii*, 24, 88–94. [in Ukrainian]
- Lama, S., Leiva, F., Vallenback, P., Chawade, A., & Kuktaite, R. (2023). Impacts of heat, drought, and combined heat–drought stress on yield, phenotypic traits, and gluten protein traits: Capturing stability of spring wheat in excessive environments. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1179701. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1179701>
- Liubych, V. V. (2022). Winter bread wheat performance depending on growth regulators. *Novitni Ahrotekhnologii*, 10(1). <https://doi.org/10.47414/na.10.1.2022.264385> [in Ukrainian]
- Mujeeb-Kazi, A., Rosas, V., Roldan, S., Delgado, R., Cano Sira, E., Amri, A., Kishii, M., Dreisigacker, S., & Braun, H. J. (2019). Breeding strategies for improving wheat adaptation to climate change. *Crop Science*, 59(6), 2364–2378. <https://doi.org/10.2135/cropsci2019.03.0174>
- Nature Climate Change. (2025). Could these five future agricultural innovations slow down climate change? *Nature Climate Change*, d41586-025-02321-3. <https://doi.org/10.1038/d41586-025-02321-3>
- Reynolds, M. P., Saint Pierre, C., Vargas, M., Cossani, C. M., Lopes, M. S., Sukumaran, S., He, X., Molero, G., Joshi, A. K., Govindan, V., Mondal, S., Crespo-Herrera, L. A., Gaju, O., Elazab, A., Pinto, F., Li, Y., Sonder, K., Crossa, J., & Braun, H. J. (2022). International wheat improvement through physiological and genetic strategies. *Agronomy*, 12(3), 635. <https://doi.org/10.3390/agronomy12030635>
- Tyshchenko, V. M., Kryvoruchko, L. M., Kolisnyk, A. V., Husenkova, O. V., Sakalo, M. V., Makaova-Melamud, B. E., & Dubenets, M. V. (2023). Genetic correlations between quantitative traits and breeding indices of winter wheat varieties and lines in the Forest-Steppe of Ukraine. *Tavriiskyi Naukovyi Visnyk APK*, 134, 135–142. [in Ukrainian]
- Waites, J., Achary, V. M. M., Syombua, E. D., Hearne, S. J., & Bandyopadhyay, A. (2025). CRISPR-mediated genome editing of wheat for enhancing disease resistance. *Frontiers in Genome Editing*, 5, 1542487. <https://doi.org/10.3389/fgeed.2025.1542487>
- Zhang, T., Zhang, Y., Ding, Y., Yang, Y., Zhao, D., Wang, H., Ye, Y., Shi, H., Yuan, B., Liang, Z., Guo, Y., Cui, Y., Liu, X., & Zhang, H. (2025). Research on the regulation mechanism of drought tolerance in wheat. *Plant Cell Reports*, 44, 77. <https://doi.org/10.1007/s00299-025-03465-2>