

## Impact of agro-climatic factors and fertilization systems on yield and grain quality of hard spring wheat in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine

O. Barabolia✉ | A. Latysh

### Article info

#### Correspondence Author

O. Barabolia

E-mail:

[olga.barabolia@pdaa.edu.ua](mailto:olga.barabolia@pdaa.edu.ua)Poltava State Agrarian  
University,  
1/3, Skovorody str.,  
Poltava, 36003,  
Ukraine

**Citation:** Barabolia, O., & Latysh, A. (2025). Impact of agro-climatic factors and fertilization systems on yield and grain quality of hard spring wheat in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (1), 81–87. doi: 10.31210/spi2025.28.01.14

The cultivation of hard spring wheat holds strategic importance for Ukraine, as this crop serves as a valuable raw material for producing high-quality pasta and cereals, which are in demand both domestically and internationally. In the context of climate change and the pursuit of food security, hard spring wheat is gaining particular relevance due to its drought resistance, short growing season, and the ability to be effectively used as an insurance crop in case of winter crop failure. The aim of this study was to determine the impact of agroclimatic factors and fertilization systems on the yield and grain quality of hard spring wheat in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. Field trials were conducted during the 2023–2024 growing seasons in the Semenivskiyi and Hlobynskiyi districts of Poltava region, using two varieties of hard spring wheat: Akvilon and Nashadok. The results showed that weather conditions ( $HTC < 1.0$ ) had a significant effect on the yield of both varieties. However, the Nashadok variety demonstrated higher stability, with a yield decrease of 6.7 % in 2024 (from 4.5 to 4.2 t/ha), while the Akvilon variety experienced an 18.4 % decline (from 3.8 to 3.1 t/ha). Both varieties met the grain quality requirements, but Akvilon had an advantage in protein content (on average, 0.2 % higher) and grain weight per hectoliter (on average, 1.2 % higher), whereas Nashadok excelled in gluten content (on average, 1.0 % higher). Additionally, both varieties exhibited nearly identical vitreousness, averaging 74.9–75.0 %. To improve yield and grain quality, it is recommended to adjust fertilization systems, expand the use of anti-stress treatments, apply chelated fertilizers and pre-sowing seed treatment, shift sowing dates to an earlier period, reduce seeding rates, and adapt agrotechnical practices to enhance soil moisture retention. The study results highlight the importance of adapting agronomic measures to specific weather conditions.

**Keywords:** climatic conditions, soil conditions, grain weight per hectoliter, protein content, gluten content, falling number, vitreousness.

## Вплив агрокліматичних факторів та систем удобрення на врожайність і якість зерна пшениці твердої ярої в умовах лівобережного Лісостепу України

О. В. Бараболя | А. А. Латиш

Полтавський державний  
аграрний університет,  
Полтава, Україна

Вирощування пшениці твердої ярої має стратегічне значення для України, оскільки ця культура є цінною сировиною для виробництва високоякісних макаронних виробів та круп, що користуються попитом як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках. В умовах зміни клімату та прагнення до продовольчої безпеки, пшениця тверда яра набуває особливої актуальності завдяки її посухостійкості, короткому вегетаційному періоду та можливості ефективно використовувати її як страхову культуру в разі загибелі озимих посівів. Метою дослідження було визначення впливу агрокліматичних факторів та систем удобрення на врожайність і якість зерна пшениці твердої ярої в умовах лівобережного Лісостепу України. Польові дослідні проводилися протягом 2023–2024 років у Семенівському та Глобинському районах Полтавської області з використанням двох сортів пшениці твердої ярої: Аквілон та Нашадок. Результати показали, що погодні умови ( $ГТК < 1,0$ ) мали значний вплив на врожайність обох сортів. При цьому сорт Нашадок продемонстрував вищу стабільність – зменшення врожайності у 2024 році становило 6,7 % (з 4,5 до 4,2 т/га), тоді як у сорта Аквілон – 18,4 % (з 3,8 до 3,1 т/га). Обидва сорти відповідали вимогам за якістю зерна, але сорт Аквілон мав перевагу за вмістом білка (в середньому на 0,2 %) і натурою зерна (в середньому на 1,2 %), а сорт Нашадок – за вмістом клейковини (в середньому на 1,0 %). Також дослідні сорти мали практично однакові показники склоподібності – в середньому 74,9–75,0 %. Для підвищення врожайності та якості зерна рекомендується скорегувати системи удобрення, розширити використання антистресових препаратів, використовувати хелатні добрива та передпосівну обробку насіння, перенести терміни сівби на більш ранні, зменшити норму висіву, адаптувати агротехніку для покращення водоутримуючої здатності ґрунту тощо. Результати дослідження свідчать про важливість адаптації агротехнічних заходів до конкретних погодних умов.

**Ключові слова:** кліматичні умови, ґрунтові умови, натура зерна, вміст білка, вміст клейковини, число падіння, склоподібність.

**Бібліографічний опис для цитування:** Бараболя О. В., Латиш А. А. Вплив агрокліматичних факторів та систем удобрення на врожайність і якість зерна пшениці твердої ярої в умовах лівобережного Лісостепу України. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (1). С. 81–87.

## Вступ

Пшениця тверда яра (*Triticum durum* Desf.) є однією з ключових зернових культур, що відіграє важливу роль у забезпеченні продовольчої безпеки та розвитку агропромислового комплексу України [1]. Її зерно високо цінується в харчовій промисловості завдяки високому вмісту білка та клейковини, що робить його незамінним у виробництві макаронних виробів і хлібобулочної продукції [2–4]. Особливо перспективним є вирощування цієї культури в умовах лівобережного Лісостепу України, де поєднання ґрунтово-кліматичних умов створює сприятливі передумови для отримання високоякісного зерна [5].

Однак, кліматичні зміни, що спостерігаються останніми роками в лівобережній частині Лісостепу України, суттєво впливають на сільське господарство. Зокрема, почастишали випадки весняної посухи та пилових бур. Оподи в цей період розподіляються нерівномірно, що є типовим для зон з нестабільним зволоженням. Літня спека, особливо під час наливання зерна ранніх культур, часто призводить до зниження врожайності. У зв'язку з цим, актуальним стає дослідження оптимальних технологій вирощування пшениці твердої ярої з урахуванням нових кліматичних реалій [6].

В останні роки значно зросла увага до покращення якості зерна пшениці твердої ярої, оскільки якісні показники безпосередньо впливають на технологічні властивості та споживчу цінність кінцевої продукції [7]. Вирощування пшениці твердої є економічно доцільним [8], оскільки її зерно зазвичай коштує приблизно на 30 % дорожче за пшеницю м'яку, залежно від показників якості. При цьому витрати на вирощування обох видів пшениці залишаються порівнянними. Продукти, виготовлені з пшениці твердої, зазвичай потребують зерен з високою склоподібністю, значним вмістом білка, насиченим жовтим пігментом та клейковиною середньої чи високої міцності [9].

Для підвищення врожайності та покращення якості зерна необхідно максимально ефективно використовувати біоенергетичний потенціал ґрунту, агроекологічні умови та генетичні характеристики сортів [10, 11]. Формування врожаю залежить від фізіологічних процесів, на які впливають як неконтрольовані фактори (сонячна радіація, температура повітря, рівень опадів тощо), так і ті, що можна регулювати (вибір сорту, методи обробітку ґрунту, норми висіву, строки сівби, внесення добрив, засоби захисту рослин, регулятори росту, зрошення та технологія збирання врожаю) [12, 13].

Нестабільність погодних умов, характерна для лівобережного Лісостепу, вимагає розробки адаптивних технологій вирощування, що враховують специфіку регіону та спрямовані на оптимізацію живлення рослин. Так, надмірна вологість у період наливу зерна може призводити до зниження його якості, тоді як дефіцит вологи на ранніх етапах розвитку рослин обмежує їх ріст та розвиток. Крім

того, температурні стреси, особливо під час цвітіння та формування зерна, негативно впливають на продуктивність культури [14].

Оптимізація систем удобрення є ключовим фактором у забезпеченні стабільної врожайності та високої якості зерна. Використання різних видів добрив, таких як мінеральні, органічні та мікродобрива, дозволяє забезпечити рослини необхідними елементами живлення, покращити фізико-хімічні властивості ґрунту та підвищити його родючість. Дослідження показують, що збалансоване внесення добрив сприяє підвищенню вмісту білка та клейковини в зерні, покращуючи його технологічні властивості [15]. Проте, ефективність застосування тих чи інших систем удобрення залежить від конкретних ґрунтово-кліматичних умов регіону, що вимагає їх адаптації та точного дозування [16].

Отже, досягнення максимальної продуктивності та високої якості зерна можливе за умови збалансованої взаємодії цих факторів на всіх етапах розвитку рослин. Оптимізація їх співвідношення дозволяє значною мірою знизити негативний вплив погодних умов та ефективно використовувати контрольовані елементи технології вирощування [17, 18].

## Мета дослідження

Мета дослідження – визначення впливу агрокліматичних факторів та систем удобрення на врожайність і якість зерна пшениці твердої ярої в умовах лівобережного Лісостепу України.

Завдання дослідження:

- визначити кліматичні умови вирощування пшениці твердої ярої дослідних сортів, розрахувавши та проаналізувавши гідротермічний показник;
- дослідити вплив агрокліматичних факторів і систем удобрення на врожайність пшениці дослідних сортів;
- навести рекомендації щодо поліпшення агротехнологій і систем удобрення з урахуванням ґрунтових показників для забезпечення стабільної врожайності за несприятливих погодних умов;
- проаналізувати показники якості зерна пшениці дослідних сортів за роки дослідження;
- навести рекомендації в системі удобрення для підвищення якості зерна.

## Матеріали і методи

Польові досліди були закладені у 2023–2024 роках на території Полтавської області, а саме у Семенівському районі (с. Василівка) та Глобинському районі (с. Весела Долина). Об'єктом дослідження було обрано два середньостиглі сорти пшениці твердої ярої: Аквілон (KWS Lochow GmbH, Німеччина) та Нашадок (Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН).

Ґрунтові характеристики дослідних ділянок відрізнялись і характеризуються наступними показниками (*табл. 1*):

**Таблиця 1**

Дослідження ґрунтових характеристик ділянок, призначених для вирощування сортів твердої ярої пшениці Аквілон (с. Василівка) та Нашадок (с. Весела Долина)

| Показник                                       | Значення     |                     |                  |                     |
|--|--------------|---------------------|------------------|---------------------|
|  | с. Василівка |                     | с. Весела Долина |                     |
|  | результат    | рівень забезпечення | результат        | рівень забезпечення |
| pH ґрунту (сольовий), од. pH                   | 6,84         | нейтральна          | 7,20             | слаболужна          |
| pH ґрунту (водний), од. pH                     | 7,42         | нейтральна          | 8,02             | слаболужна          |
| Органічна речовина, %                          | 4,68         | Н                   | 3,70             | Н                   |
| Азот (N), мг/кг                                | 185,90       | С                   | 256,14           | В                   |
| Азот аміачний (NH <sub>4</sub> ), мг/кг        | 10,50        | П                   | 29,99            | В                   |
| Азот нітратний (NO <sub>3</sub> ), мг/кг       | 11,41        | С                   | 10,10            | С                   |
| Фосфор (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ), мг/кг | 54,11        | С                   | 61,26            | С                   |
| Калій (K <sub>2</sub> O), мг/кг                | 141,15       | П                   | 191,74           | В                   |
| Кальцій (Ca), мг/кг                            | 4320,90      | ДВ                  | 5415,50          | ДВ                  |
| Магній (Mg), мг/кг                             | 183,40       | В                   | 205,95           | В                   |
| Сірка (S), мг/кг                               | 7,44         | С                   | 3,11             | Н                   |
| Мідь (Cu), мг/кг                               | 0,40         | Н                   | 1,22             | В                   |
| Бор (B), мг/кг                                 | 1,69         | С                   | 1,42             | С                   |
| Цинк (Zn), мг/кг                               | 0,80         | Н                   | 0,41             | ДН                  |
| Марганець (Mn), мг/кг                          | 81,77        | С                   | 85,90            | С                   |
| Залізо (Fe), мг/кг                             | 19,95        | ДН                  | 41,02            | Н                   |
| Молібден (Mo), мг/кг                           | 0,07         | Н                   | 0,16             | В                   |
| Кобальт (Co), мг/кг                            | 0,08         | Н                   | 0,76             | ДВ                  |

Примітки: ДВ – дуже високий, В – високий, П – підвищений, С – середній, Н – низький, ДН – дуже низький.

Закладання та проведення польових дослідів здійснювалося відповідно до загальноприйнятих методик у сфері рослинництва та землеробства [19], використовуючи трикратне повторення. Дослідні ділянки мали такі розміри: посівна площа – 80 м<sup>2</sup>, облікова – 50 м<sup>2</sup>. Попередником у сівозміні виступав ярий ріпак.

Для вирощування пшениці твердої ярої використано агротехнічні заходи, що відповідали зональним особливостям регіону. Передпосівний обробіток ґрунту передбачав закриття вологи та передпосівну культивуацію на глибину 3–4 см.

Сорт Аквілон:

1. Передпосівна обробка насіння: Гаучо Плюс 466 FS (0,3 л/т) і Ламардор Про 180 FS (0,5 л/т).

2. Внесення разом із посівом добрива Macrostar NPK 8:15:15 (100 кг/га).

3. Норма висіву: 185 кг/га (6 млн насінин/га).

4. Обробки у фазу кущення: мікродобриво Аміофоска (2,5 л/га); інсектицид Грінфорд ІЛ 200 (200 л/га); фунгіциди: Грінфорд ФФ 250 (250 л/га), Грінфорд КД 500 (250 л/га); гербіцид Квелекс (55 г/га).

5. Обробки у фазу цвітіння: мікродобриво Ружверт Турбо (2 л/га); інсектицид Грінфорд ІЛ 200 (200 л/га); фунгіцид Грінфорд Супер (250 л/га).

Сорт Нашадок:

1. Передпосівна обробка насіння: Гаучо Плюс 466 FS (0,3 л/т) і Ламардор Про 180 FS (0,5 л/т).

2. Внесення разом із сівбою добрива Macrostar NPK 8:15:15 (100 кг/га).

3. Норма висіву: 250 кг/га (5 млн насінин/га).

4. Обробки у фазу кущення: добриво Грінфорд Натурамін WPS (0,2 кг/га); фунгіциди: Рекс Дуо 0,5 (0,3 л/га) й Альто Супер 330 ЕС (1 л/га); інсектицид Джеронімо (0,2 кг/га).

5. Обробки у фазу цвітіння: фунгіцид Альто Супер (0,5 л/га); інсектицид Джеронімо (0,1 кг/га); гербіцид Гранстар Голд (25 г/га).

Зазначені заходи були спрямовані на забезпечення

оптимальних умов для росту та розвитку пшениці твердої ярої, що дозволило оцінити вплив сортових особливостей, систем удобрення та погодних факторів на врожайність і якість зерна.

Розрахунок гідротермічного коефіцієнту виконано за формулою:

$$ГТК = \frac{P}{0,1 \times T}$$

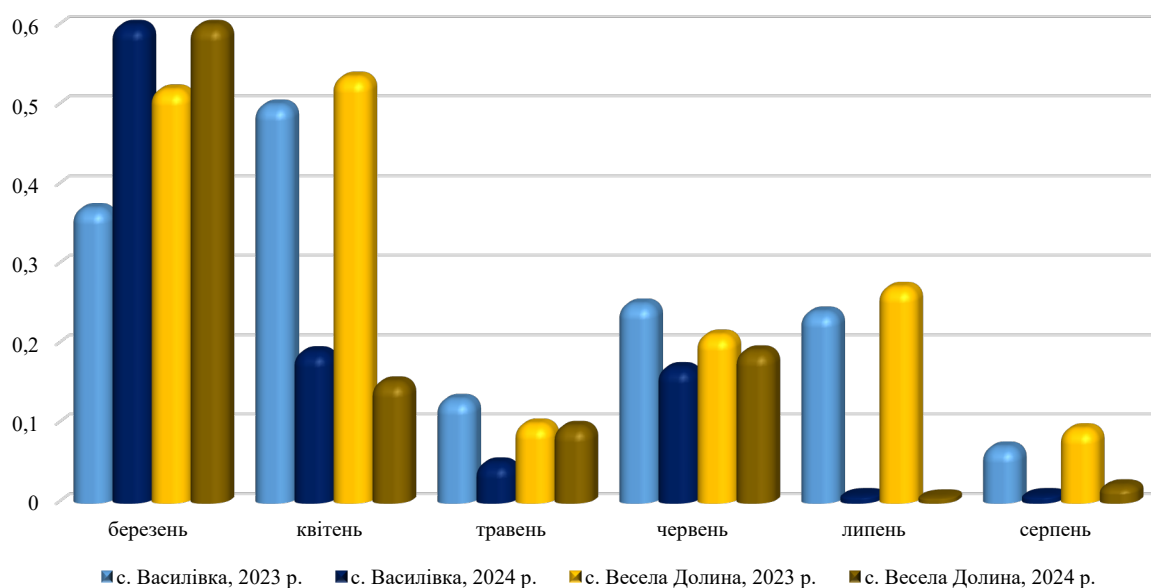
де P – кількість опадів за місяць (мм); T – середньомісячна температура (°C).

Аналіз якісних характеристик зерна пшениці твердої ярої проводився в лабораторних умовах відповідно до вимог ДСТУ 3768-2019 «Пшениця. Технічні умови» [20]. Обробка отриманих даних здійснювалася за допомогою статистичних методів із використанням програмного забезпечення Microsoft Excel.

### Результати та їх обговорення

Сучасні дослідження підтверджують, що агрокліматичні фактори, зокрема температурний режим та розподіл опадів протягом вегетаційного періоду, мають вирішальний вплив на формування врожайності й якісних показників зерна пшениці твердої ярої [21, 22].

Впродовж років досліджень основним фактором, що вплинув на врожайність пшениці твердої ярої дослідних сортів, стали погодні умови, що спричинило її зниження в середньому на 11,9 % [23]. У 2024 році порівняно з 2023 роком спостерігалось значне підвищення температури повітря з квітня по серпень: у с. Василівка – на +0,1–4 °C, у с. Весела Долина – на +2–5,3 °C. При цьому, сумарна кількість опадів упродовж вегетаційного періоду зменшилась у 2024 році відносно 2023 року на 109,7 мм (50,0 %) у с. Василівка та на 97,5 мм (45,8 %) у с. Весела Долина. Розрахований гідротермічний коефіцієнт (ГТК) свідчив про несприятливі умови для вирощування культури (рис. 1).



**Рис. 1.** Динаміка ГТК упродовж вегетаційного періоду пшениці твердої ярої дослідних сортів, 2023–2024 роки

Проаналізувавши отримані показники ГТК можна зазначити, що обидва роки досліджень характеризувались посушливими умовами (ГТК < 1,0). Однак, у 2023 році сорт Аквілон, що вирощувався у с. Васи́лівка, мав більш сприятливі умови, ніж у 2024 році, тому що середній ГТК за вегетаційний період дорівнював відповідно 0,26 і 0,17. Так, у березні–квітні 2023 року спостерігались сприятливі умови для сходів і кущення, розвитку кореневої системи. Спостерігався стабільний баланс тепла і вологи у фазі вихід у трубку та колосіння,

й оптимальні умови у фазі цвітіння та наливання зерна. У результаті, фактична врожайність (3,8 т/га) майже досягла потенційної (3,84 т/га) [24].

У березні 2024 року спостерігалась достатня вологість для проростання, але різке падіння зволоження у квітні створило стресові умови. У наступні місяці (особливо липень–серпень) – сильна посуха під час формування колоса та наливання зерна, що призвело до зменшення врожайності на 0,7 т/га порівняно з 2023 роком (*табл. 2*).

**Таблиця 2**

Показники якості зерна та врожайності пшениці твердої ярої дослідних сортів, 2023–2024 роки

| Показники           | Аквілон  |          | Нащадок  |          | Середнє за сортами |         |
|---------------------|----------|----------|----------|----------|--------------------|---------|
|                     | 2023 рік | 2024 рік | 2023 рік | 2024 рік | Аквілон            | Нащадок |
| Натура зерна, г/л   | 785      | 775      | 776      | 765      | 780                | 771     |
| Вміст білка, %      | 14,4     | 15,0     | 14,1     | 14,8     | 14,7               | 14,5    |
| Вміст клейковини, % | 29,0     | 30,0     | 31,0     | 32,0     | 29,5               | 31,5    |
| Число падіння, сек  | 335      | 355      | 310      | 335      | 345                | 323     |
| Склоподібність, %   | 72,5     | 77,5     | 72,3     | 77,4     | 75,0               | 74,9    |
| Урожайність, т/га   | 3,8      | 3,1      | 4,5      | 4,2      | 3,5                | 4,4     |

Отже, можна зазначити, що для сорту Аквілон система удобрення у 2024 році не була достатньо ефективною. Так, в умовах посухи основне внесення Macrostar NPK 8:15:15 (100 кг/га) виявилось недостатнім. Застосування Амінофоски (2,5 л/га) у фазу кущення дала позитивний ефект, але не змогла компенсувати посуху. Мікродобриво Ружверт Турбо (2 л/га) у фазу цвітіння не компенсувало стрес.

Аналіз ґрунтових умов у с. Васи́лівка за даними табл. 1 свідчить, що спостерігається дефіцит деяких елементів: цинку (знижує ефективність азотного живлення), сірки (обмежує синтез білка та формування якості зерна), заліза (може погіршувати фотосинтез).

Таким чином, враховуючи аналіз кліматичних умов для вирощування пшениці твердої ярої сорту Аквілон рекомендується:

1. Оптимізувати систему удобрення: збільшити дозу основного добрива до 150–200 кг/га, включити сірковмісні добрива (сульфат амонію, 100–150 кг/га), провести позакореневе підживлення цинком (1–1,5 кг/га), додати хелат заліза (1,5–2 кг/га) для покращення фотосинтезу, додатково внести азотні добрива у фазу виходу в трубку (N30–40).

2. Покращити вологозабезпечення: застосувати вологозберігаючі технології обробки ґрунту, внести гуматні препарати для підвищення водотримуючої здатності ґрунту [25], розглянути можливість застосування антистресових препаратів у посушливі періоди [26].

3. Оптимізувати норми висіву: в умовах посухи знизити норму висіву до 5–5,5 млн насінин/га для зменшення конкуренції за вологу; збільшити глибину загортання насіння до 5–6 см для кращого доступу до вологи.



4. Впровадити сівозміни з включенням бобових культур для покращення азотного живлення.

Застосування цих рекомендацій дозволить підвищити стійкість пшениці твердої ярої сорту Аквілон до посухи та наблизити її врожайність до потенційної в умовах нестабільного зволоження за високих температур.

Проаналізувавши взаємозв'язок між кліматичними умовами, ґрунтовими характеристиками та врожайністю пшениці твердої ярої сорту Нашадок, що вирощувалася у с. Весела Долина, можна зробити відповідні висновки. За даними рис. 1 у 2023 році помірне зволоження у березні-квітні створило сприятливі умови для проростання та кущення, тоді як у травні спостерігалася критично низьке зволоження, що негативно вплинуло на вихід у трубку, але рослини змогли використати початковий запас вологи. Недостатнє, але не критичне зволоження червня-липня дозволило сформувати зерно задовільної якості. Посуха у серпні прискорила дозрівання, але основні процеси формування врожаю вже завершилися. В результаті, отримано врожайність на рівні 4,5 т/га (див. *табл. 2*), що на 22,2 % менше потенційної (5,5 т/га) [27], внаслідок посушливих умов року (середній ГТК = 0,28).

У 2024 році добре зволоження у березні забезпечило дружні сходи, але у квітні-травні відбулося різке погіршення водного режиму, що негативно вплинуло на кущення та вихід у трубку. Недостатнє зволоження у червні обмежило формування зерен у колосі, а екстремальна посуха у липні-серпні критично вплинула на налив зерна, що стало головною причиною зниження врожайності. Отже, критичні умови за недостатнього зволоження та високих температур (середній ГТК = 0,18) знизили врожайність до 4,2 т/га, що на 6,7 % менше попереднього року.

Оскільки ґрунт у с. Весела Долина характеризується слаболужною реакцією (див. *табл. 1*), що не є сприятливим для росту та розвитку пшениці твердої, може обмежуватися доступність мікроелементів [28]. За нормального вмісту органічної речовини (3,7 %) спостерігався дефіцит таких елементів, як сірка, залізо та цинк.

В умовах посухи 2024 року (особливо липень-серпень), навіть за доброї забезпеченості макроелементами, критичним фактором став водний дефіцит, який не дозволив повністю реалізувати потенціал сорту. Внесені добрива (Macrostar NPK та Грінфорд Натурамін WPS) частково компенсували негативний вплив посухи, що дозволило отримати урожайність 4,2 т/га замість потенційно гіршого результату.

Отже, враховуючи аналіз агрокліматичних умов для вирощування пшениці твердої ярої сорту Нашадок рекомендується:

1. Оптимізувати норми висіву: зменшити до 4–4,5 млн схожих насінин/га для зниження конкуренції за вологу

2. У системи обробітку ґрунту: впровадити технології мінімального обробітку ґрунту для збереження вологи; використовувати мульчування для зменшення випаровування [29].

3. Корегувати системи удобрення: збільшити дозу сірковмісних добрив для підвищення посухостійкості

(внесення сульфату амонію або гіпсу); провести позакореневе підживлення цинком (сульфат цинку 1–2 кг/га) та залізом; замінити Macrostar NPK на добрива з більшим вмістом фосфору для стимуляції розвитку кореневої системи.

4. Розширити використання антистресових препаратів (крім Грінфорд Натурамін WPS): внести гумінові препарати перед посівом [30]; провести додаткові обробки в фазу виходу в трубку; внести карбамідно-аміачну суміш з мікроелементами у фазу колосіння.

5. Скорегувати сівбу: змістити строки сівби на більш ранні для використання весняної вологи; використати передпосівну обробку насіння стимуляторами росту [31].

6. Провести корекцію кислотності ґрунту: внести фізіологічно кислі добрива для зниження рН до оптимального рівня 5,5–7,5 і покращення доступності мікроелементів [32].

7. Включити сидеральні культури для покращення структури ґрунту та водоутримуючої здатності [33].

8. Розглянути можливість переходу на пшеницю тверду озиму за постійного дефіциту вологи в критичні фази розвитку ярої пшениці [34].

За умови впровадження комплексу запропонованих заходів та за сприятливіших погодних умов урожайність пшениці твердої ярої сорту Нашадок може бути підвищена до потенційного рівня 5,5 т/га і вище.

Розглянемо показники якості зерна пшениці твердої ярої дослідних сортів з урахуванням кліматичних і ґрунтових умов, систем удобрення (*табл. 2*). Обидва сорти за натурою зерна відповідають нормативам (не менше 750 г/л), але Аквілон має вищу за Нашадок натурою зерна в середньому на 9 г/л. Погодні умови 2023 року були більш сприятливі для вищої натурою зерна – 785 г/л для Аквілон і 776 г/л для Нашадок.

За показниками вмісту білка обидва сорти відповідають вимогам для твердої пшениці вищого класу (не менше 14,0 %), але сорт Аквілон демонструє вищий вміст білка в середньому на 0,2 %, ніж сорт Нашадок. Погодні умови 2024 року сприяли більшому вмісту білка на 4,2–5,0 % завдяки посушливим умовам.

За вмістом клейковини сорт Нашадок має перевагу перед сортом Аквілон в середньому на 2 % (див. *табл. 2*). При цьому обидва сорти за цим показником відповідають нормативним вимогам для твердої пшениці вищого класу (не менше 28 %). Аналіз показників свідчить, що погодні умови 2024 року сприяли більшому вмісту клейковини в обох сортах (30–32 %), ніж 2023 року (29–31 %).

За показником числа падіння обидва сорти значно перевищують нормативи (не менше 220 с), але сорт Аквілон має вище число падіння в середньому на 22 с. Цей показник також змінювався за погодних умов і був вище у 2024 році – 335 і 355 с для сортів Нашадок і Аквілон відповідно.

Також обидва сорти практично однакові за показником склоподібності та відповідають вимогам (не менше 70 %). Вони майже однакові впродовж відповідного року (див. *табл. 2*), але змінюються

за роками: 72,3–72,5 % – у 2023 році; 77,4–77,5 % – у 2024 році.

Необхідно відмітити, що сорт Нащадок демонструє значно вищу врожайність в середньому на 0,9 т/га (26,2 %), але його потенціал є вищим на 25,0 %. Як вже було зазначено, у більш сприятливому 2023 році обидва сорти показали вищу врожайність, ніж у 2024 році через несприятливі гідротермічні умови. Також необхідно враховувати, що сорт Аквілон має потенційну врожайність, нижче за сорт Нащадок на 44,7 %.

Таким чином, сорт Аквілон має перевагу за натурою зерна, вмістом білка та числом падіння, тоді як сорт Нащадок переважає за вмістом клейковини. Сорти є практично однаковими за склоподібністю. За роки досліджень сорт Нащадок демонструє більшу стабільність урожайності в різні роки (зниження лише на 0,3 т/га в посушливому 2024 році проти 0,7 т/га у сорту Аквілон). Обидва сорти показали покращення якісних показників у 2024 році, що свідчить про вплив посухи на підвищення вмісту білка та клейковини

Отже, враховуючи аналіз показників якості зерна для їх покращення доцільно вносити сірковмісні добрива (15–20 кг/га діючої речовини) для підвищення білковості, а також скорегувати удобрення:

- сорту Аквілон для підвищення вмісту клейковини внести додаткове азотне підживлення у фазу колосіння (N20–30);

- сорту Нащадок для підвищення натурності зерна забезпечити оптимальне фосфорно-калійне живлення у фазі наливу зерна, використати позакореневе підживлення мікроелементами (особливо мідь і цинк) у фазу колосіння.

З урахуванням усіх показників, пшениця тверда яра сорту Нащадок є більш перспективною для вирощування в даних кліматичних і ґрунтових умовах, особливо в посушливі роки, завдяки вищій урожайності та стабільності показників якості. Для отримання потенційної врожайності обидва сорти потребують додаткових агротехнічних заходів для підвищення посухостійкості та стабілізації врожайності в умовах нестабільного вологозабезпечення.

## Висновки

Результати проведених досліджень дозволяють зазначити, що врожайність та якість зерна пшениці твердої ярої значною мірою залежать від агрокліматичних факторів, таких як температура та кількість опадів, а також від ґрунтових умов і застосованих систем удобрення.

Визначено, що головним лімітуючим фактором упродовж 2023–2024 років був дефіцит вологи у критичні фази розвитку пшениці, особливо у 2024 році під час наливу зерна (ГТК липня – 0,008–0,01). Незважаючи на посушливі умови, врожайність пшениці твердої ярої сорту Нащадок становить 76,4–81,8 % від потенційної, що свідчить про його добру адаптивність. Пшениця сорту Аквілон також показала достатньо високу врожайність відносно потенційної

(80,7–99,0 %), але нижчу за сорт Нащадок на 15,6–26,2 %, і втрати від погодних умов були вищими – 18,4 % проти 6,7 % за сортом Нащадок. За якісними показниками обидва сорти відповідають нормативним вимогам і мають практично однакові показники склоподібності. Сорт Аквілон має перевагу за натурою зерна, вмістом білка та числом падіння, тоді як сорт Нащадок переважає за вмістом клейковини.

Результати цих досліджень дозволяють розробити науково обґрунтовані рекомендації щодо оптимізації технологій вирощування цієї культури, що сприятиме підвищенню її продуктивності та покращенню якості зерна, відповідаючи потребам харчової промисловості та забезпечуючи конкурентоспроможність української аграрної продукції на світовому ринку.

*Перспективи подальших досліджень* мають бути спрямовані на розробку адаптивних агротехнологій для вирощування пшениці твердої ярої в умовах змін клімату та недостатнього зволоження.

## Конфлікт інтересів

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

## References

1. Barabolia, O., & Latysh, A. (2024). The prospects of hard spring wheat cultivation to ensure internal consumption. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (1), 64–68. <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.01.11>
2. Saini, P., Kaur, H., Tyagi, V., Saini, P., Ahmed, N., Dhaliwal, H. S., & Sheikh, I. (2022). Nutritional value and end-use quality of durum wheat. *Cereal Research Communications*, 51, 283–294. <https://doi.org/10.1007/s42976-022-00305-x>
3. Hospodarenko, H., Mostoviyak, I., Karpenko, V., Liubych, V., & Novikov, V. (2022). Yield and quality of winter durum wheat grain depending on the fertiliser system. *Scientific Horizons*, 25 (3), 16–25. [https://doi.org/10.48077/scihor.25\(3\).2022.16-2](https://doi.org/10.48077/scihor.25(3).2022.16-2)
4. Mefleh, M., Conte, P., Fadda, C., Giunta, F., Piga, A., Hassoun, G., & Motzo, R. (2019). From ancient to old and modern durum wheat varieties: Interaction among cultivar traits, management, and technological quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99, 2059–2067. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9388>
5. Shevnikov, D. M. (2013). Vplyv umov zovnishnoho seredovyschha livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy na rist i rozvytok pshenytsi tvrdoj yaroi. *Visnyk KhNAU. Seriya: Roslynnnytstvo, Seleksiia i Nasynnytstvo, Plodoovochivnytstvo*, 9, 61–64. [in Ukrainian]
6. Bobro, M. A., Rozhkov, A. O., & Svyrydova, L. A. (2006). Diia elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia na formuvannia vehetatyvnoi masy i urozhainist yaroi pshenytsi. *Visnyk Ahrarnoi Nauky Prychornomoria*, 4 (1), 10–17. [in Ukrainian]
7. Barabolia, O. V. (2009). Vplyv ahroekolohichnykh faktoriv na urozhainist ta yakist zerna pshenytsi tvrdoj yaroi v livoberezhnii lisostepovii zvolozhenii pidzoni. *Candidate's thesis*. Kharkiv [in Ukrainian]
8. Popov, S. I., Usov, O. S., Manko, K. M., & Tsekhmeistruk, M. H. (2013). Urozhainist sortiv pshenytsi tvrdoj yaroi zalezno vid fonu zhyvlennia. *Visnyk Tsentru Naukovoho Zabezpechennia APV Kharkivskoi Oblasti* 15, 104–111. [in Ukrainian]
9. Alemu, H. (2017). Review paper on breeding durum wheat (*Triticum Turgidum* L. var. *durum*) for quality traits. *International Journal of Advanced Research and Publications*, 1 (5), 448–455.
10. Zhemela, H. P., & Duda, H. H. (1990). Polipshennia yakosti zerna polovykh kultur za dopomohoiu vykorystannia dobryv. In: *Udobrennia polovykh kultur pry intensyvykh tekhnolohiakh vyroshchuvannia*. (s. 176–190). Kyiv: Urozhai. [in Ukrainian]
11. Shevnikov, D. M. (2011). Vplyv mineralnykh dobryv ta mikrobiolohichnykh preparativ na formuvannia vrozhaivosti pshenytsi tvrdoj yaroi. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 4, 165–168. [in Ukrainian]

12. Shevchenko, O. I. (2005). Produktyvnist i yakist zerna pshenytsi yaroi za riznykh sposobiv zastosuvannya fiziologichno aktyvnykh rečovyn. *Naukovi Pratsi Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 4 (23), 280–285. [in Ukrainian]
13. Chaika, T. O., & Polezhak, Ye. Yu. (2024). The formation of main indicators of spring durum wheat grain quality in Poltava region. *Taurian Scientific Herald*, 2 (139), 156–163. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.139.2.19>
14. Yula, V. M., & Drozd, M. O. (2015). Vplyv pohodnykh umov ta udobrennia na produktyvnist pshenytsi tvrdoi yaroi v pivnichnii chastyni Lisostepu. *Visnyk Ahrarnoi Nauky*, 93 (4), 23–27. [in Ukrainian]
15. Mefleh, M., Conte, P., Fadda, C., Giunta, F., Piga, A., Hassoun, G., & Motzo, R. (2019). From ancient to old and modern durum wheat varieties: Interaction among cultivar traits, management, and technological quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99, 2059–2067. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9388>
16. Lykhochvor, V. V., Petrychenko, V. F., Ivashchuk, P. V., & Kornichuk, O. V. (2010). Roslynnytstvo. *Tekhnologii vyroshchuvannya silskohospodarskykh kultur (3-tie vydannia ayypravlene i dopovnene)*. Lviv: Ukrainski tekhnologii [in Ukrainian]
17. Osoblyvosti vyroshchuvannya tvrдыkh sortiv pshenytsi. *Ahrosep-mash*. Retrieved from: <https://agrosep-mash.ua/uk/osoblyvosti-viroshhuvannya-tverdix-sortiv-pshenic/> [in Ukrainian]
18. Tverda pshenytsia: populiarini sorty ta osoblyvosti vyroshchuvannya. *Tetra-agro*. Retrieved from: [https://tetra-agro.com.ua/news/tverda\\_psenicya\\_populyarni\\_sorty\\_ta\\_osoblyvosti\\_viroshhuvannya?srsId=Afm-BOoro2iket4IHj8EXLuOVb-zHwNNq\\_vHXg9O\\_V6ZighsDly-lahoGJ](https://tetra-agro.com.ua/news/tverda_psenicya_populyarni_sorty_ta_osoblyvosti_viroshhuvannya?srsId=Afm-BOoro2iket4IHj8EXLuOVb-zHwNNq_vHXg9O_V6ZighsDly-lahoGJ) [in Ukrainian]
19. Mishchenko, Yu. H., Prasol, V. I., Davydenko, H. A., Masyk, I. M., Ermantraut, E. R., & Hudz, V. P. (2024). *Metodyka naukovykh doslidzhen v ahronomii : navchalnyi posibnyk*. Sumy: SNAU [in Ukrainian]
20. DSTU 3768:2019. *Pshenytsia. Tekhnichni umovy*. Chynnyi vid 2019-06-10. (2019). Kyiv. 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].
21. Jańczak-Pieniżek, M., & Kaszuba, J. (2024). The influence of agro-technical factors on the yield and quality parameters of winter triticale grain. *Agriculture*, 14 (12), 2219. <https://doi.org/10.3390/agriculture14122219>
22. Boulelouah, N., Berbache, M. R., Bedjaoui, H., Selama, N., & Rebouh, N. Y. (2022). Influence of nitrogen fertilizer rate on yield, grain quality and nitrogen use efficiency of durum wheat (*Triticum durum* Desf) under Algerian semiarid conditions. *Agriculture*, 12 (11), 1937. <https://doi.org/10.3390/agriculture12111937>
23. Latysh, A. A. (2024). Optymizatsiia systemy udobrennia pshenytsi tvrdoi yaroi v umovakh Lisostepu Ukrainy. In T. O. Chaika (Red.) *Zbalansovanyi rozvytok ekosystem: suchasnyi stan i perspektivy : kolektyvna monohrafiia*. (s. 43–52). Poltava: Astraia [in Ukrainian]
24. Sort KVS AKVILON. *Agrarii-Razom*. Retrieved from: <https://agrarii-razom.com.ua/culture-variety/kvs-akvilon> [in Ukrainian]
25. Korotkova, I. V., & Chaika, T. O. (2022). Rol huminovykh preparativ ta yikh sumishei z mineralnymi dobryvamy v tekhnologiiakh vyroshchuvannya pshenytsi ozymoi. In: T. O. Chaika (Red.) *Ekoloohoorientovani pidkhody vidnovlennia tekhnohenko zabrudnenykh terytorii i stvorenna stalnykh ekosystem : kolektyvna monohrafiia*. (s. 279–322). Poltava: Astraia [in Ukrainian]
26. Korotkova, I. V., & Chaika, T. O. (2023). Biologichna aktyvnist huminovykh rečovyn: vzaiemozviazok struktura – biologichna aktyvnist. *Ahrarna osvita i nauka: dosiahnennia ta perspektivy rozvytku: IV Mizhnarodna nauково-praktychna konferentsiia prysviachena vydatnym vchenym Vasylkivskomu S. P. i Molotksomu M. Ya*. Bila Tserkva: BNAU [in Ukrainian]
27. Nasinnia pshenytsi yaroi Nashchadok. *Agrostadion*. Retrieved from: <https://agrostadion.com/catalog/nasinnia-polovykh/nasinnia-pshenytsi/nasinnia-pshenytsi-iaroi-nashchadok-tverda-elita> [in Ukrainian]
28. Yaroshko, Ya., & Bremmer, K. (2016). Kyslotnist hruntiv ta yii vplyv na zhyvlennia roslyniu. *Ahronom*. <https://www.agronom.com.ua/kyslotnist-gruntiv-ta-yiyi-vplyv-na-zhyv/> [in Ukrainian]
29. Chaika, T. O., & Lotysh, I. I. (2020). Zberezhenia rodiuchosti gruntiv za suchasnykh system zemlerobstva. *Orhanichne vyrobnytstvo i prodovolcha bezpeka: VIII Mizhnarodna nauково-praktychna konferentsiia*. Zhytomyr: ZhNAEU [in Ukrainian]
30. Korotkova, I. V., & Chaika, T. O. (2023). Vplyv mineralnykh dobryv, huminovykh preparativ ta yikh sumishei na vmist fotosyntetichnykh pihmentiv v roslynakh pshenytsi ozymoi. *Problemy ta dosiahnennia suchasnoi biotekhnologii: III Mizhnarodna nauково-praktychna internet-konferentsiia*. Kharkiv: NFAU [in Ukrainian]
31. Korotkova, I. V., Chaika, T. O., Romashko, T. P., Chetveryk, O. O., Rybalchenko, A. M., & Barabolia, O. V. (2023). Emmer wheat productivity formation as depending on pre-sowing seed treatment method in organic and traditional technology cultivation. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 14 (1), 41–47. <https://doi.org/10.15421/022307>
32. Kuk, Dzh., & Feset, R. Dzh. (2022). Vplyv kyslotnosti ta zasolenosti gruntu na vrozhai pshenytsi. *Ahronom*. Retrieved from: <https://www.agronom.com.ua/vplyv-kyslotnosti-ta-zasolenosti-gruntu-na-vrozhaj-pshenytsi/> [in Ukrainian]
33. Chaika, T. O., & Ponomarenko, S. V. (2015). Zeleni dobryva – syderaty v orhanichnomu zemlerobstvi. *Ahrarnyi biuletyn*, 54, 25–31. [in Ukrainian]
34. Palamarchuk, A. (2022). Vyroshchuvannya yakisnoho zerna tvrdoi ozymoi pshenytsi v Ukraini. *Ahronomiia sohodni*. Retrieved from: <https://agronomy.com.ua/statti/ozymi-kultury/897-vy-roshchuvannya-yakisnoho-zerna-tvrdoi-ozymoi-pshenytsi-v-ukraini.html> [in Ukrainian]

## ORCID

O. Barabolia  <https://orcid.org/0000-0002-5563-8445>  
 A. Latysh  <https://orcid.org/0009-0002-5570-1931>



© 2025 Barabolia O. and Latysh A. 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.