

Spring durum wheat yield capacity in the Left-Bank Forest-Steppe

V. Liashenko✉ | Ye. Polezhak

Article info

Correspondence Author

V. Liashenko

E-mail:

viktor.liashenko@ukr.net

Poltava State Agrarian

University,

1/3, Skovorody str.,

Poltava, 36003,

Ukraine

Citation: Liashenko, V., & Polezhak, Ye. (2024). Spring durum wheat yield capacity in the Left-Bank Forest-Steppe. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (4), 21–25. doi: 10.31210/spi2024.27.04.04

Spring durum wheat is a valuable food crop, from which high-quality flour is received for manufacturing macaroni products and grits having high nutritive value. Modern varieties of spring durum wheat can provide yields of 4.5–5.0 t/ha, in contrast to the varieties of winter durum wheat as the former ones are characterized by a considerable plasticity and stability to the environmental conditions as well as a short growing period. This allows introduce the crop into the structure of rotation systems in all zones of Ukraine and use it as an assurance crop for reseeding perished sown areas of winter wheat. The article deals with the increase in the volumes of growing spring durum wheat in Ukraine, which is stipulated by the corresponding conditions, including large areas under sowing and favorable climate. Owing to these factors, both the domestic market will be provided with high-quality raw materials for manufacturing products and the international market in the EU countries, which import grain from Canada, the USA, and Turkey. The experiments were conducted during 2022–2024 in Hlobyne district of Poltava region. Two varieties of spring durum wheat were used in the research: of Ukrainian selection (Nashchadok, of V. Ya. Yurieva Institute of Plant Growing of the National Academy of Agrarian Sciences), and of foreign selection (Acvilon, KVS Lohov GmbH, Germany). It has been determined that the variety of spring durum wheat of Ukrainian selection has the best yield indicators under unstable weather and climatic conditions – at the level of 4.2–4.5 t/ha. It was calculated that in the most favorable year of 2023 the yield of Acvilon variety was by 18.4 % lower than that of Nashchadok variety, and in 2022 and 2024 – by 22.9 % and 35.5 %, respectively. Moreover, the unfavorable weather conditions of 2024 resulted in the yield decrease of Nashchadok variety by 6.7 % and of Acvilon variety – by 18.4 %. It has been substantiated that under the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine, it is expedient to cultivate the regionalized Nashchadok variety fertilized with Macrostar NPK 8:15:15 (100 kg/ha) during the sowing period and with Naturamin WPS (0.2 kg/ha) fertilization in the layering phase.

Keywords: variety, growing period, climatic conditions, yield, fertilizers, profitability.

Врожайність пшениці твердої ярої в Лівобережному Лісостепу

В. В. Ляшенко | Є. Ю. Полежак

Полтавський державний

аграрний університет,

Полтава, Україна

Пшениця тверда яра – цінна продовольча культура, з якої отримують високоякісне борошно для виробництва макаронних виробів і круп з високою харчовою цінністю. Сучасні сорти пшениці твердої ярої можуть забезпечити врожайність у 4,5–5,0 т/га та, на відміну від озимих форм пшениці твердої, характеризуються достатньо високою пластичністю та стабільністю до умов довкілля, коротким вегетаційним періодом. Це дозволяє вводити культуру в структуру сівозмін в усіх зонах України та використовувати як страхову культуру для пересіву загублених посівів пшениці озимої. У статті зазначено про збільшення обсягів вирощування пшениці твердої ярої в Україні, що обумовлено наявністю відповідних умов, включно з великими посівними площами та сприятливим кліматом. Завдяки цьому буде забезпечено як внутрішній ринок високоякісною сировиною для виробництва продукції, так і зовнішній в країнах ЄС, які імпортують зерно з Канади, США, Туреччини. Дослідження проведено протягом 2022–2024 років у польових умовах Глобинського району Полтавської області. У дослідженні було використано два сорти пшениці твердої ярої вітчизняної (Нашадак, Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН) та іноземної селекції (Аквілон, КВС Лохов ГмбХ, Німеччина). Визначено, що сорт пшениці твердої ярої вітчизняної селекції має найкращі показники врожайності за нестабільних погоднокліматичних умов на рівні 4,2–4,5 т/га. Розраховано, що в найбільш сприятливий 2023 рік врожайність сорту Аквілон на 18,4 % менше за сорт Нашадак, а у 2022 і 2024 роки – на 22,9 % і 35,5 % відповідно. При цьому несприятливі погодні умови 2024 року зменшили врожайність сорту Нашадак на 6,7 %, а сорту Аквілон – на 18,4 %. Обґрунтовано, що в умовах лівобережного Лісостепу України доцільно вирощувати районований сорт Нашадак з удобренням під час сівби Macrostar NPK 8:15:15 (100 кг/га) й у фазі кущення Натурамін WPS (0,2 кг/га).

Ключові слова: сорт, вегетаційний період, кліматичні умови, урожай, удобрення, прибутковість.

Бібліографічний опис для цитування: Ляшенко В. В., Полежак Є. Ю. Врожайність пшениці твердої ярої в Лівобережному Лісостепу. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (4). С. 21–25.

Вступ

Пшениця тверда (*Triticum durum Desf.*) є основною продовольчою культурою й єдиним тетраплоїдним видом пшениці, що використовується в комерційних цілях і споживається як харчовий продукт [1]. Вирощується вона приблизно на 17 млн га в усьому світі, переважно в Середземноморському басейні, Канаді та Сполучених Штатах Америки [2, 3]. Світове виробництво пшениці твердої скоротилося на 10 % до 31,4 млн т у 2023/2024 маркетингових роках, а споживання перевищило виробництво на 2,6 млн т. У Канаді, найбільшому світовому експортері, виробництво твердих сортів пшениці знизилось на 30 % до 4,0 млн т через посуху в основних районах вирощування. В ЄС посуха в Іспанії скоротила виробництво, в результаті чого його загальний обсяг країнами ЄС склав 7,0 млн т, що на 7 % менше, ніж у попередньому році. Водночас дощі під час збирання врожаю в Італії погіршили якість врожаю твердих сортів. У результаті імпорту ЄС пшениці твердої зріс на 26 % до 3,4 млн т [4].

Україна займає шосте місце з-поміж країн-експортерів пшениці твердих сортів з обсягами 4,4 % від загального обсягу її експорту, що становить 589 млн дол. До основних покупців вітчизняної пшениці твердої входять Пакистан (7,75 %), Ліван (24,8 %), Ефіопія (27,8 %), Єгипет (32 %) [5].

Хоча, пшениця тверда як в Україні, так і в світі, належить до нішевих культур через незначні загальні площі під її вирощуванням, ця культура має великий потенціал збільшення обсягів виробництва й експорту продукції з неї [6]. Стабільний попит на пшеницю тверду обумовлений стійким запитом на високоякісні макаронні вироби й інші продукти харчування (крупки Артек, кук-кус і булгур) [7], а також використовуватись як поліпшувач при випіканні хліба [8].

Зерно пшениці твердої ярої характеризується особливим складом і високими хлібопекарськими та круп'яними якостями, вміщує більше за пшеницю озимую протеїну – до 15–18 %, клейковини – 28–40 % [9, 10]. Тому вона є єдиним джерелом сировини для виготовлення макаронних виробів найвищої якості, що характеризується високою міцністю, бурштиново-жовтим кольором, низькою засвоюваністю, незначною втратою речовин при варінні, приємним смаком і харчовою цінністю [11].

Доцільно відзначити, що продуктивність пшениці ярої та хімічний склад зерна можуть значно змінюватись. Сорт пшениці, добрива та агротехніка, а також рівень родючості ґрунту, погодні умови – все це впливає на врожайність та якість зерна [12–15]. Також, для підвищення стресостійкості рослин доцільно використовувати передпосівну обробку насіння стимуляторами росту й опромінювати ультрафіолетовим світлом у діапазоні С (100–280 нм), що додатково сприяє збільшенню врожайності від 8 % [16, 17].

Окрім того, Україна володіє відповідними умовами для вирощування пшениці твердої, включно з великими посівними площами та сприятливим кліматом. Вказані фактори сприяють високій якості та врожайності культури. А враховуючи її вищу ціну відносно м'яких сортів (наприклад, на американському ринку – на 23,7 % [4], а на внутрішньому – майже вдвічі [7]) та

існуючий дефіцит, вітчизняна продукція здатна зайняти своє місце на світовому ринку.

Таким чином, посівні площі під пшеницею твердою в Україні повинні становити більше 300 тис. га, тоді як поки що вони поступаються пшениці м'якій озимій. Враховуючи, що вітчизняні сорти пшениці твердої ярої характеризуються більшою адаптацією до ґрунтово-кліматичних умов України, вони мають значні переваги перед іноземними сортами. За достатньо високої урожайності сучасні сорти пшениці твердої ярої (5–6 т/га – Ізольда, Діана, Жизель), вони мають високу якість зерна. Тоді як головною проблемою, що стримувала її розвиток, була невисока врожайність на рівні 2,5 т/га [18]. Отже, вдосконалення технології вирощування, що сприятимуть підвищенню врожаю й якості зерна за умови менших витрат на виробництво цієї культури, забезпечить її рентабельність і привабливість в умовах нестабільного сільськогосподарського ринку [19]. За наявності значної кількості сортів пшениці твердої ярої необхідно обрати відповідну, що здатна реалізувати свій генетичний потенціал за певних агрокліматичних і технологічних факторів вирощування в умовах України [20].

Мета дослідження

Мета дослідження полягає у виявленні факторів впливу на врожайність пшениці твердої ярої в умовах лівобережного Лісостепу України.

Завдання дослідження: провести аналіз погодно-кліматичних умов за роки досліджень; дослідити врожайність пшениці твердої ярої різних сортів; за результатами визначити сорт пшениці, який є більш врожайним і рентабельним для вирощування.

Матеріали і методи

Дослідження закладено впродовж 2022–2024 років у польових умовах Глобинського району Полтавської області. Ґрунти дослідних ділянок характеризуються наступними показниками (*табл. 1*):

Таблиця 1

Аналіз ґрунту дослідних ділянок для вирощування пшениці твердої ярої

Показник	Значення	
	результат	рівень забезпечення
pH ґрунту (сольовий), од. pH	7,20	слаболужна
pH ґрунту (водний), од. pH	8,02	слаболужна
Органічна речовина, %	3,70	Н
Азот (N), мг/кг	256,14	В
Азот аміачний (NH ₄), мг/кг	29,99	В
Азот нітратний (NO ₃), мг/кг	10,10	С
Фосфор (P ₂ O ₅), мг/кг	61,26	С
Калій (K ₂ O), мг/кг	191,74	В
Кальцій (Ca), мг/кг	5415,50	ДВ
Магній (Mg), мг/кг	205,95	В
Сірка (S), мг/кг	3,11	Н
Мідь (Cu), мг/кг	1,22	В
Бор (B), мг/кг	1,42	С
Цинк (Zn), мг/кг	0,41	ДН
Марганець (Mn), мг/кг	85,90	С
Залізо (Fe), мг/кг	41,02	Н
Молибден (Mo), мг/кг	0,16	В
Кобальт (Co), мг/кг	0,76	ДВ

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

Матеріалом дослідження було обрано два сорти пшениці твердої ярої – Нащадок і Аквілон (*табл. 2*). Попередник – ріпак ярий. Розмір дослідних

ділянок: посівної – 80 м², облікової – 50 м², за чотирьох разового повторення. Розміщення ділянок – систематичне.

Таблиця 2

Сортові характеристики дослідних сортів пшениці твердої ярої

Рік реєстрації	Рекомендована зона вирощування	Стійкість, бал	Маса 1000 зерен, г	Вміст білка, %	Вміст клейковини, %	Врожайність, ц/га
Нащадок (оригінатор – Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН)						
2008	Лісостеп, Полісся, Степ	до посухи: 7,0–8,5 до полягання: 7,2–8,3 до осипання: 8,2–8,9 до хвороб: середня	40,5–44,4	13,5–15,7	31–34	55,0
Аквілон (оригінатор – КВС Лохов ГмбХ, Німеччина)						
2016	Полісся, Лісостеп	до посухи: 6,6–8,1 до полягання: 8,9–9,0 до осипання: 8,9–9,0 до окремих видів шкідників (хвороб): борошниста роса – 8,1–9,0 іржа бура – 8,2–8,9 фузаріоз – 8,8–9,0	32,4–38,9	14,1	28,8–30,0	Степ: 21,6 Лісостеп: 38,4 Полісся: 36,5

Джерело: побудовано за [21, 22].

Обробіток ґрунту проводився шляхом закриття вологи та передпосівної культивування на глибину 3–4 см. Передпосівне протруювання насіння здійснено Ламардор Про 180 FS (0,5 л/т) і Гаучо Плюс 466 FS (0,3 л/т). Разом з посівом у рядок вносили мінадобриво Macrostar NPK 8:15:15 (100 кг/га).

Норма висіву сорту Нащадок – 250 кг/га (5 млн шт.). Агротехніка вирощування передбачала внесення:

- у фазі куцання:

фунгіцид Альто Супер 330 ЕС (1 л/га); інсектицид Джеронімо (0,2 кг/га); фунгіцид Рекс дуо 0,5 (0,3 л/га); добриво Грінфорд Натурамін WPS (0,2 кг/га) з амінокислотним складом: 7,81 % аспарагінової кислоти; 11,69 % глутамінової кислоти; 14,48 % серину; 8,5 % гліцину; 1,63 % histidine; 6,12 % аргініну; 5,34 % треоніну; 5,31 % аланіну; 12,38 % проліну; 0,76 % тірозіну; 5,87 % валіну; 0,58 % метіоніну; 3,75 % ізолейцину; 7,38 % лейцину; 5,50 % фенілаланіну; 1,63 % лізіну; 1,28 % цистеїну

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

Норма висіву сорту Аквілон – 185 кг/га (6 млн шт.). Агротехніка вирощування передбачала внесення:

у фазі куцання: фунгіциди Грінфорд КД 500 (250 л/га) і Грінфорд ФФ 250 (250 л/га); інсектицид Грінфорд ІЛ 200 (200 л/га); гербіцид Квелекс (55 г/га); мікродобриво Амінофоска (12 % азоту, 15 % фосфор, 15 % калію, 14 % сірки);

у фазі цвітіння: фунгіцид Грінфорд Супер (250 л/га); інсектицид Грінфорд ІЛ 200 (200 л/га); мікродобриво Ружверт Турбо (2 л/га) на основі трьох форм азоту й екстракту водоростей.

У дослідженні використана методика дослідної справи [23] з урахуванням науково-практичних рекомендацій з вирощування пшениці твердої ярої. Використана загальноприйнята технологія вирощування культури в умовах лівобережного Лісостепу України.

Розрахунок врожайності проведено подільночно з використанням методу суцільного обмолоту за прямого комбайнування. Обробку урожайних даних проведено статистичними методами з використанням Microsoft Excel.

Результати та їх обговорення

Технологія вирощування пшениці твердої ярої є простою, але сама культура є вимогливою до якості посівного матеріалу, попередників, стану ґрунтів і кліматичних умов сезону. Тож, якщо навіть забезпечити відповідність трьох перших чинників, то вплинути на температурний і водний режим – не можливо.

Необхідно відзначити, що формування елементів продуктивності забезпечується на основних етапах органогенезу протягом вегетаційного періоду, тривалість якого визначається погодними умовами. Водний і температурний режими – визначальні фактори у формуванні величини врожаю та якості зерна пшениці твердої [24]. Тому завдяки аналізу погодних умов можна визначити їх вплив на врожайність культури за інших сталих умов.

За роки досліджень кліматичні умови на дослідних полях відрізнялись значними коливаннями (*рис. 1, 2*), що є загальною тенденцією в Україні, та вимагає від виробників постійно пристосовуватись до них. Відмічено, що в Україні середньорічна температура зростає втричі швидше, порівняно з тенденціями у всьому світі. З кожним роком у всіх сезонах відслідковується стабільне прискорення інтенсивності температурного росту, що порівняно з багаторічними нормативами складає +2,5...+3,0 °С [25].

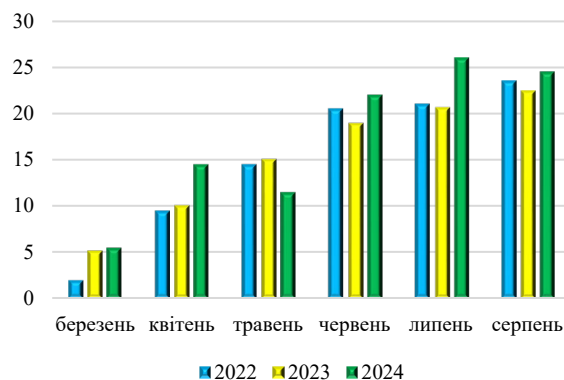


Рис. 1. Середньомісячна температура повітря, 2022–2024 роки, °С

Як видно з *рис. 1* сівба у 1 декаді березня супроводжувалась сприятливим температурним режимом, що продовжувався протягом всієї весни. При цьому найбільш теплими були березень 2023–2024 років, квітень 2024 року і травень 2022–2023 років. При цьому влітку найбільш помірні температури були у 2023 році, а максимальні – в 2024 році.

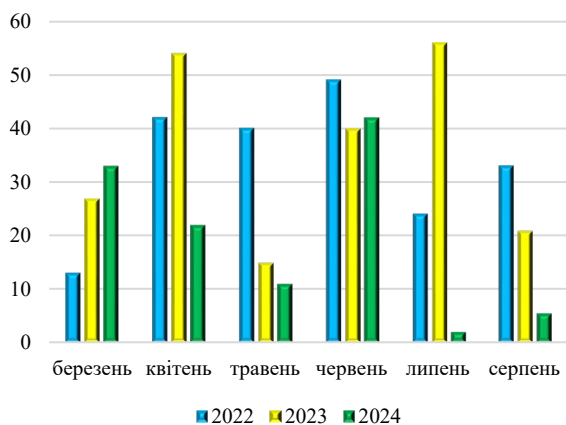


Рис. 2. Середньомісячна кількість опадів, 2022–2024 роки, мм

Таблиця 3

Врожайність дослідних сортів пшениці твердої ярої, 2023–2024 роки

Сорт	Врожайність за роками, т/га				Приріст/зниження врожайності, %	
	2022	2023	2024	середня	2023/2022	2024/2023
Нашадок	4,3	4,5	4,2	4,3	4,7	-6,7
Аквілон	3,5	3,8	3,1	3,5	8,6	-18,4
Середня	3,9	4,2	3,7	3,9	6,7	-12,6

Отже, за даними *табл. 3* найбільш врожайним виявився сорт Нашадок, який забезпечив у 2022 році врожай 4,3 т/га, у 2023 році – в 4,5 т/га, а у 2024 році – 4,2 т/га, що в середньому за три роки складає 4,3 т/га. Сорт Аквілон за найбільш сприятливого 2023 р. забезпечив врожайність на рівні 84,4 % від сорту Нашадок, а у 2022 і 2024 роках – відповідно 81,4 % і 73,8 %.

Найбільший вплив на врожайність за дослідні роки були спричинені погодно-кліматичними умовами, що призвело до зменшення середньої врожайності на 12,6 %. У 2024 р. відносно 2022 і 2023 років температура повітря була значно вище з квітня по серпень, а кількість опадів – значно менше у критичні для рослини періоди (див. *рис. 1, 2*).

Таким чином, за екстремальних погодних умов найкраще себе показав сорт пшениці твердої ярої Нашадок, який районований до умов Лісостепу України та має генетично вищу врожайність (див. *табл. 2*). За його удобрення Macrostar NPK 8:15:15 (100 кг/га) під час сівби, як і сорту Аквілон, та Грінфорд Натурамін WPS (0,2 кг/га) у фазі кушення дозволяє отримати більшу за три роки врожайність у середньому на 0,8 т/га (22,9 %), що дозволяє отримати додатковий прибуток у розмірі приблизно 10,4 тис. грн/га (з розрахунку вартості зерна – 13 тис. грн). А якщо враховувати додаткове удобрення пшениці сорту Аквілон у фазу цвітіння мікродобривом Ружверт Турбо (2 л/га), то витрати

За показниками забезпечення вологи кожного року спостерігається нерівномірність і значні коливання. Так, у 2022 році протягом вегетаційного періоду випало 201 мм опадів, тоді як у 2023 і 2024 роках – відповідно 106,0 % і 57,5 % від його рівня.

Відомо, що пшениця яра достатньо вимоглива до вологи, особливо у фазі кушення та виходу в трубку. За достатнього рівня вологи в ґрунті рослина здатна витримати збільшення температури до +30 °С без втрат для врожаю. Пшениця тверда завдяки кращій поглинальній здатності кореневої системи є більш стійкою до ґрунтової посухи, тому здатна краще переносити повітряну посуху. Однак, вона дуже чутлива щодо вмісту вологи у міжфазний період кушіння – вихід в трубку. За нестачі вологи в цей період відбувається зростання кількості безплідних колосків. Взагалі, вегетаційний період пшениці ярої за вологоспоживанням можна розглядати наступним чином: 5–7 % у фазі сходів, 15–20 % – кушення, 50–60 % – стеблуння–колосіння, 20–30 % – молочної стиглості, 3–5 % – воскової [26].

За подібних вимог рослини пшениці твердої ярої дослідних сортів отримали кращі умови розвитку у 2023 році, а найгірші – у 2024 році, що вплинуло на середні показники її врожайності (*табл. 3*).

на її вирощування зростуть на його вартість (2900 грн за 10 л) та витрат на ПММ і заробітну плату працівникам.

Висновки

За результатами досліджень здійснено аналіз урожайності сортів пшениці твердої ярої різних оригінаторів (Україна та Німеччина) в агрокліматичних умовах лівобережного Лісостепу. Визначено, що найкращі показники врожайності за нестабільних погодно-кліматичних умов має сорт пшениці твердої ярої вітчизняної селекції. Розраховано, що в найбільш сприятливий 2023 рік врожайність сорту Нашадок на 18,4 % більше за сорт Аквілон, а у 2022 і 2024 роки – на 22,9 % і 35,5 % відповідно. При цьому несприятливі погодні умови 2024 року зменшили врожайність сорту Нашадок на 6,7 %, а сорту Аквілон – на 18,4 %. Це свідчить про доцільність вирощування районованого сорту Нашадок за удобрення під час сівби Macrostar NPK 8:15:15 (100 кг/га) й у фазі кушення Натурамін WPS (0,2 кг/га).

Перспективи подальших досліджень направлені на визначення якості зерна пшениці твердої озимої в умовах лівобережного Лісостепу України.

Конфлікт інтересів

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

References

1. 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 (2), 283–294. <https://doi.org/10.1007/s42976-022-00305-x>
2. Careddu, M. L., Giunta, F., & Motzo, R. (2023). Lessons from the Varietal Evolution of Durum Wheat in Italy. *Agronomy*, 14 (1), 87. <https://doi.org/10.3390/agronomy14010087>
3. Cereals for the production of grain (including seed) by area, production and humidity. *Eurostat*. <https://doi.org/10.2908/TAG00027>
4. Ledford, T. (2024). Shifted trade flows: Black Sea durum enters the global market. *U.S. Wheat Associate*. Retrieved from: <https://www.uswheat.org/wheatletter/shifted-trade-flows-black-sea-durum-enters-the-global-market/>
5. Tverda pshenytsia: populiami sorty ta osoblyvosti vyroshchuvannya. *Tetra-Agro*. Retrieved from: https://tetra-agro.com.ua/news/tverda_psenicya_populyarni_sorty_ta_osoblyvosti_vyroshchuvannya?srsltid=AfmBOoro2iket4IHj8EXLuOVb-zHwNNq_vHXg9O_V6ZighsDly-lahoGJ [in Ukrainian]
6. V Ukraini prohnouzietsia zbilshennia ploshch pid tvrdoiu pshenyseiu. *Agronom*. Retrieved from: <https://www.agronom.com.ua/tsogorich-v-ukrayini-prognozuetsya-zbilshennya-ploshch-pid-tvrdoiu-pshenyseiu> [in Ukrainian]
7. Popyt na nasinnia yaroi pshenytsi tverdikh sortiv zrostantia. *IAS "Ahrarii razom"*. Retrieved from: <https://agrarii-razom.com.ua/news-agro/popyt-na-nasinnia-yaroi-pshenytsi-tverdikh-sortiv-zrostantia> [in Ukrainian]
8. Kalenska, S. M., & Shutyi, O. I. (2015). Formuvannya pokaznykiv struktury vrozhaiv pshenytsi tvrdoj yaroi zalezho vid elementiv tekhnolohii vyroshchuvannya. *Visnyk Sumskoho Natsionalnoho Ahrarnoho Universytetu. Seriya Ahronomiia i Biolohiia*, 3 (29), 170–173 [in Ukrainian]
9. Manko, K. M., & Usov, O. S. (2017). Udobrennia pshenytsi tvrdoj yaroi. *Ahronomiia Sohodni*. Retrieved from: <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/8881-udobrennia-pshenytsi-tvrdoj-iaroi.html> [in Ukrainian]
10. Andriichenko, L. V. (2006). Shliakhy pidvyshchennia vrozhaivosti ta yakosti zerna pshenytsi yaroi tvrdoj na pivdni Ukrainy. *Visnyk Ahrarnoi Nauky Prychornomoria*, 33 (1), 33–38 [in Ukrainian]
11. Hospodarenko, H., Mostoviak, 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\(3\).2022.16-25](https://doi.org/10.48077/scihor.25(3).2022.16-25)
12. Wang, X., Cai, D., Grant, C., Hoogmoed, W. B., & Oenema, O. (2015). Factors controlling regional grain yield in China over the last 20 years. *Agronomy for Sustainable Development*, 35 (3), 1127–1138. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0288-z>
13. Mukherjee, A., Wang, S.-Y. S., & Promchote, P. (2019). Examination of the climate factors that reduced wheat yield in Northwest India during the 2000s. *Water*, 11 (2), 343. <https://doi.org/10.3390/w11020343>
14. Xue, C., Matros, A., Mock, H.-P., & Mühling, K.-H. (2019). Protein composition and baking quality of wheat flour as affected by split nitrogen application. *Frontiers in Plant Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00642>
15. Zörb, C., Ludewig, U., & Hawkesford, M. J. (2018). Perspective on wheat yield and quality with reduced nitrogen supply. *Trends in Plant Science*, 23 (11), 1029–1037. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2018.08.012>
16. Korotkova, I., Chaika, T., Romashko, T., & Rybalchenko, A. (2022). Photosynthetic pigments content in emmer wheat plants as criteria of productivity in traditional and organic farming technology. *Innovative Biosystems and Bioengineering*, 6 (1), 31–39. <https://doi.org/10.20535/ibb.2022.6.1.255277>
17. Chaika, T., Korotkova, I., Barabolia, O., Shokalo, N., Chetveryk, O., Bilenko, O., & Krykunova, V. (2021). Technological peculiarities of growing mustard and two-grained spelt (*Triticum Dicoccum* (Schrank) Schuebl) by organic farming methods. *International Journal of Botany Studies*, 6 (6), 205–210.
18. Kalenska, S. M., & Shutyi, O. I. (2016). Formation of productivity and quality of durum spring wheat depending on a mineral nutrition in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 3, 19–24. <https://doi.org/10.31210/visnyk2016.03.04>
19. Ploshcha pid tvrdoiu pshenyseiu v Ukraini maie stanovyty ne menshe 300 tys. ha. *SuperAgronom*. Retrieved from: <https://super-agronom.com/news/441-ploshcha-pid-tvrdoiu-pshenyseiu-v-ukrayini-maye-stanoviti-ne-menshe-300-tis-ga> [in Ukrainian]
20. Rozhkov, A. O., Puzik, V. K., Kalenska, S. M., Puzik, L. M., Bobro, M. A., Chyhryn, O. V., & Antal, T. V. (2015). *Upravlinnia produktyvnosti posiviv pshenytsi tvrdoj yaroi v Livoberezhnomu ta Pivnichnomu Lisostepu Ukrainy*. Kharkiv: Maidan [in Ukrainian]
21. Nasinnia pshenytsi yaroi Nashchadok. *Agrostadion*. Retrieved from: <https://agrostadion.com/catalog/nasinnia-polovykh/nasinnia-pshenytsi/nasinnia-pshenytsi-iaroi-nashchadok-tvrda-elita> [in Ukrainian]
22. Sort KVS AKVILON. *IAS "Ahrarii razom"*. Retrieved from: <https://agrarii-razom.com.ua/culture-variety/kvs-akvilon> [in Ukrainian]
23. Didora, V. H., Smahlii, O. F., & Ermantraut, E. R. (2013). *Metodyka naukovykh doslidzen v ahronomii: navchalnyi posibnyk*. Kyiv: Tsentr uchbovoi literatury [in Ukrainian]
24. Antal, T. V. (2010). Produktivnist pshenytsi tvrdoj yaroi zalezho vid elementiv tekhnolohii vyroshchuvannya v pravoberezhnii chastyni Lisostepu Ukrainy. *Candidate's thesis*. Natsionalnyi universytet bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrainy, Kyiv [in Ukrainian]
25. Pohodni umovy 2020: opady, temperatura gruntu ta povitria. Retrieved from: <https://superagronom.com/blog/782-pogodni-umovi-2020-opadi-temperatura-gruntu-temperatura-povitrya> [in Ukrainian]
26. Kozelets, H., Ishchenko, V., & Haidenko, O. (2021). Yara pshenytsia – kliuchovi momenty produktyvnosti. *Ahronomiia Sohodni*. Retrieved from: <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/20149-yara-pshenytsia-kliuchovi-momenty-produktyvnosti.html> [in Ukrainian]

ORCID

V. Liashenko 

<https://orcid.org/0000-0003-0177-6209>



2024 Liashenko V. and Polezhak Ye. 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.