

УДК 633.11:006.83(477.53)

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.139.2.19>

ФОРМУВАННЯ ОСНОВНИХ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ТВЕРДОЇ ЯРОЇ В УМОВАХ ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Чайка Т.О. – к.е.н.,

завідувач відділу еколого-економічного розвитку сільських територій,

Полтавське відділення Академії наук технологічної кібернетики України

Полежака Є.Ю. – аспірант кафедри рослинництва,

Полтавський державний аграрний університет

Пшениця тверда як цінна продовольча культура забезпечує сировину для виробництва борошна, що використовується для високоякісних макаронних виробів, хліба преміум-класу та круп з високою харчовою цінністю. Річне світове виробництво цієї культури у 2024 році становило 31,4 млн т на рік, тоді як з України експортується продукції на 589 млн дол. Зерно пшениці твердої має унікальні властивості – твердість, високий вміст білка та міцність клейковини. На якісні показники зерна впливають ґрунтово-кліматичні умови, генетичний потенціал сорту, агротехніка вирощування. Проведені польові дослідження в умовах Глобінського району Полтавської області впродовж 2022–2024 років з використанням пшениці твердої ярої сортів Нащадок і Аквілон засвідчили ефективність їх вирощування в ґрунтово-кліматичних умовах Полтавської області. В результаті підтверджено, що на вміст білка та клейковини в зерні впливає рівень зволоження у найбільш критичні для рослини фази – кущення та виходу в трубку. Визначено, що найбільш кліматично сприятливим був 2023 рік, коли отримано вміст білка для сортів Нащадок і Аквілон на рівні 14,8% і 13,4% відповідно. В той же час, у посушливий 2024 рік цей показник становив 14,3% і 12,7% для сортів Нащадок і Аквілон відповідно. Аналогічна тенденція визначена й для вмісту клейковини у зерні пшениці сортів Нащадок і Аквілон: у 2023 році – 32,3 і 28,1%; у 2024 році – 30,7 і 26,4% відповідно. За роки досліджень визначено, що найвищий середній вміст білка (14,6%) і клейковини (31,4%) одержано для зерна пшениці сорту Нащадок, тоді як з сорту Аквілон – 13,1% і 27,4% відповідно. За результатами досліджень рекомендується в умовах Полтавської області вирощувати сорт пшениці Нащадок, який є більш кліматично адаптованим і має більш високий потенціал врожаю, вмісту білка та клейковини.

Ключові слова: *Triticum turgidum* L. var. *durum*, зерно, білок, клейковина, ґрунтово-кліматичні умови, генетичний потенціал.

Chaika T.O., Polezhak Ye.Yu. The formation of main indicators of spring durum wheat grain quality in Poltava region

Durum wheat as a valuable food crop provides raw materials for manufacturing flour, which is used for high-quality macaroni products, premium-class bread, and grits having high nutritional value. The yearly world production of this crop in 2024 has made 31.4 million tons per year while Ukraine exports this product for 589 million dollars. Durum wheat grain has unique properties – hardness, high protein content, and gluten firmness. Soil and climatic conditions, variety genetic potential, and growing technique affect grain qualitative indicators. The conducted field studies during 2022–2024 in Hlobyne district of Poltava region using spring durum wheat of Nashchadok and Acvilon varieties showed the effectiveness of their cultivation in soil and climatic conditions of Poltava region. As a result, it has been confirmed that the level of moistening affects grain protein and gluten content in the most critical plant phases – tillering and stalk shooting. It was determined that 2023 was the most favorable year when protein content in Nashchadok and Acvilon varieties made 14.8% and 13.4%, respectively. At the same time, in 2024 rainless year, this indicator was 14.3% and 12.7%, respectively for Nashchadok and Acvilon varieties. The similar tendency was revealed concerning gluten content in Nashchadok and Acvilon wheat varieties' grain: in 2023 – 32.3 and 28.1%; in 2024 – 30.7 and 26.4%, respectively. During the years of studies, it was determined that the highest average protein content (14.6%) and gluten content (31.4%) were obtained from Nashchadok wheat variety grain while the indicators from

Acvilon variety made 13.1% and 27.4%, respectively. According to the research results, it is recommended to cultivate Nashchadok wheat variety in the conditions of Poltava region as this variety is more climatically adapted and has a higher yield potential, as well as protein and gluten content.

Key words: *Triticum turgidum L. var. durum, grain, protein, gluten, soil and climatic conditions, genetic potential.*

Вступ. Пшениця тверда (*Triticum turgidum L. var. durum*) – єдиний тетраплоїдний вид пшениці промислового значення, який широко культивується на сьогодні [1]. Незважаючи на меншу площу вирощування та менший річний обсяг виробництва порівняно з гексаплоїдною пшеницею (*Triticum aestivum*, $2n = 6x = 42$, геном AABBDD), тверда пшениця (*Triticum turgidum durum*, $2n = 4x = 28$, геном AABB) довгий час залишалася важливим харчовим ресурсом для раціону людини.

Зерно пшениці твердої використовується в різних країнах світу для кількох харчових продуктів (високоякісних макарон, кус-кус, бездріжджового хлібу, булгур тощо [2]) завдяки його унікальним якостям, таким як твердість, високий вміст білка та міцність клейковини. Переважно пшениця тверда використовується для виробництва макаронних виробів завдяки підвищеному вмісту жовтих пігментів і відповідним характеристикам білка та глютену [3–5]. Підвищення попиту на продукцію з борошна, що виготовляється з зерна пшениці твердої, пов'язано зі схильністю споживачів розвинених країн світу до споживання більш натуральної їжі. Це в свою чергу спонукало агровиробників збільшувати або відроджувати найдавніші злакові культури (полба, спельта, однозернянка тощо) [6].

Пшениця тверда є основною культивованою зерновою культурою в Середземноморському регіоні, охоплюючи до 2/3 усього світу. Тверда пшениця вирощується на 17 млн га в усьому світі, що становить близько 8% від загальної площі пшениці та 6% від виробництва пшениці [7, 8]. Річне світове виробництво пшениці твердої у 2024 році становило 31,4 млн т, що на 10% менше минулого року, тоді як споживання перевищило виробництво на 2,6 млн т [9].

Прогнозується, що до 2050 року чисельність населення світу зросте до 9,1 млрд [10], що на 34% перевищує поточну чисельність населення, що обумовлює актуальність виведення зернових культур, у тому числі пшениці твердої, з підвищеною врожайністю й якісними показниками. Було встановлено, що в пшениці твердої кількість білка й якість клейковини значною мірою відповідають за так звані характеристики варіння макаронів *al dente*, тоді як жовті пігменти та такі окислювальні ферменти, як ліпоксигеназа, поліфенолоксидаза та пероксидаза впливають на колір макаронних виробів [5, 11]. Продукти з пшениці твердої, як правило, вимагають великих склоподібних ядер з високим вмістом білка, хорошим жовтим пігментом і сильною або середньою міцністю клейковини [12]. Отже, у процесі вирощування пшениці твердої виробники мають орієнтуватись на якісні та кількісні показники зерна, тоді як сама культура не вимагає складної технології вирощування та може культивуватись в усіх районах України, окрім гірських областей [13].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Україна займає шосте місце з-поміж країн-експортерів пшениці твердих сортів з обсягами 4,4% від загального обсягу всього експорту, що становить 589 млн дол. До основних покупців вітчизняної пшениці твердої входять: Пакистан (7,75%), Ліван (24,8%), Ефіопія (27,8%), Єгипет (32%) [14].

Зерно пшениці твердої містить дуже багато цінних елементів – вітаміни (РР, В₁, В₂, В₃, В₅, В₆, В₉), клітковину, вуглеводи (фруктозу, глюкозу, лактозу),

білки, ненасичені жири, макро- (калій, кальцій, магній, натрій, фосфор) і мікроелементи (залізо, марганець, мідь, селен, цинк) [15]. Визначено, що їх вміст залежить від природних факторів – температури повітря та кількості опадів впродовж вегетаційного періоду, географічного розташування місця вирощування, ботанічних характеристик сортів зерна, типу ґрунту, агротехніки вирощування [16].

Пшениця є вимогливою до умов живлення. На якість зерна впливають добрива та ґрунтово-кліматичні умови. Розробляючи систему удобрення необхідно враховувати, що вплив мінеральних добрив на хімічний склад зерна пшениці в першу чергу відбивається на кількості азотовмісних сполук у ньому. Вважається, що чим більше білка та сирової клейковини у зерні пшениці, тим воно краще [17, 18]. Однак збільшення кількості внесених мінеральних добрив не завжди сприяє збільшенню білка в зерні. Залежність може бути як пряма, коли зі збільшенням доз добрив підвищується кількість білка в зерні [19, 20], так і зворотна, коли зі збільшенням доз добрив підвищується врожайність пшениці, а масова частка білка в зерні знижується, що пов'язано з генетичною особливістю деяких сортів [21, 22]. В інших дослідках залежність між дозами добрив, що вносяться, і вмістом білка в зерні не спостерігається [23].

Постановка завдання. Мета роботи – дослідити формування білка та клейковини в зерні пшениці твердої ярої в умовах Полтавської області.

Польові досліді проведено впродовж 2022–2024 років на дослідному полі Глобинського району Полтавської області. Характеристики ґрунту: гумус – 3,7%; рН ґрунту (сольовий) – 7,2; азот (N) – 256,14 мг/кг; фосфор (P_2O_5) – 61,26 мг/кг; калій (K_2O) – 191,74 мг/кг.

Польові досліді закладено та проведено згідно з загальноприйнятими в землеробстві та рослинництві методами [24] за трикратного повторення. Розмір дослідних ділянок: посівної – 80 м², облікової – 50 м². Агротехніка вирощування пшениці твердої ярої здійснювалась відповідно до зони вирощування (табл. 1). Попередник у сівозміні – ріпак ярий.

Об'єктом дослідження обрано два сорти пшениці твердої ярої – Нащадок (оригіна́тор – Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН) і Акви́лон (оригіна́тор – КВС Лохов ГмбХ, Німеччина).

Дослідження якісних показників зерна пшениці твердої виконано в лабораторних умовах згідно з ДСТУ 3768-2019 «Пшениця. Технічні умови» [25]. Обробку даних проведено статистичними методами з використанням Microsoft Excel.

Виклад основного матеріалу дослідження. Найбільш значущим показником якості зерна пшениці твердої є збільшений вміст білка, що визначає його придатність для виробництва високоякісних макаронних виробів і хліба преміум-класу. Згідно з ДСТУ 3768-2019 пшениця тверда з вмістом білка більше 11,5% придатна для використання у виробництві макаронних виробів. Якщо вміст білка нижчий, то зерно вважається низькоякісним. Також від вмісту білка напряму залежить твердість зерна. Макаронні вироби, які виготовляються з високобілкового борошна, характеризуються більшою міцністю й еластичністю у порівнянні з борошном, що має нижчий вміст білка. Зазвичай, продукція з високим вмістом білка не склеюється та не переварюється [26].

Відомо, що на вміст білка в зерні впливають кліматичні параметри, сорт, норма азотних добрив і час внесення азоту, залишковий вміст азоту в ґрунті та доступна вологість під час наливу зерна [27]).

Таблиця 1

**Агротехнічні заходи з вирощування пшениці твердої ярої
сортів Нащадок і Аквілон**

Агротехнічні заходи	Сорт Нащадок	Сорт Аквілон
1. Закриття вологи та передпосівна культивуація на глибину 3–4 см		
2. Передпосівне протруювання насіння – Ламардор Про 180 FS (0,5 л/т) + Гаучо Плюс 466 FS (0,3 л/т)		
3. Внесення з посівом у рядок міндобрива Macrostar NPK 8:15:15 (100 кг/га)		
4. Норма висіву, кг/га (млн шт.)	250 (5,0)	185 (6,0)
5. Внесено у фазі кушення:	Альто Супер 330 ЕС (1 л/га) Рекс дуо 0,5 (0,3 л/га)	Грінфорд КД 500 (250 л/га) Грінфорд ФФ 250 (250 л/га)
– фунгіцид	Джеронімо (0,2 кг/га)	Грінфорд ІЛ 200 (200 л/га)
– інсектицид	-	Квелекс (55 г/га)
– гербіцид	-	Квелекс (55 г/га)
– добриво	Грінфорд Натурамін WPS (0,2 кг/га)	Ружверт Амінофоска (2 л/га)
6. Внесено у фазі цвітіння:	Альто Супер (0,5 л/га)	Грінфорд Супер (250 л/га)
– фунгіцид	Альто Супер (0,5 л/га)	Грінфорд Супер (250 л/га)
– інсектицид	Джеронімо (0,1 кг/га)	Грінфорд ІЛ 200 (200 л/га)
– гербіцид	Гранстар голд (25 г/га)	-
– добриво	-	Ружверт Турбо (2 л/га)

За результатами наших досліджень вміст білка у зерні пшениці Нащадок і Аквілон відрізнялись не тільки між собою, а й за роками досліджень (див. табл. 2). Так, в середньому за роки досліджень сорт Нащадок показав вміст білка 14,6%, тоді як сорт Аквілон – на 10,3 в.п. менше (13,1%). Якщо враховувати врожайність, то в середньому з сорту Нащадок можна отримати білка в розмірі 0,64 т/га, а з сорту Аквілон – 0,45 т/га, що складає 70,3% від попереднього показника.

Таблиця 2

**Вміст білка у зерні, врожайність і збір білка з дослідних сортів пшениці
твердої ярої, 2022–2024 роки**

Сорт пшениці	Вміст білка, %				Урожайність, т/га				Збір білка, т/га			
	2022	2023	2024	се-редне	2022	2023	2024	се-редне	2022	2023	2024	се-редне
Нащадок	14,6	14,8	14,3	14,6	4,3	4,5	4,2	4,3	0,63	0,67	0,61	0,64
Аквілон	13,2	13,4	12,7	13,1	3,5	3,8	3,1	3,5	0,46	0,51	0,39	0,45
Середнє	13,9	14,1	13,5	13,9	3,9	4,2	3,7	3,9	0,55	0,59	0,50	0,55

Необхідно відмітити значні річні коливання за вмістом білка в межах одного сорту, що в нашому випадку пояснюється значним коливанням погодно-кліматичних умов (надмірно високою температурою повітря та недостатньою кількістю опадів), що підтверджується індексом ГТК, розрахованим за даними середньомісячних температур і кількості опадів (рис. 1).

За даними рис. 1 видно, що у березні 2022–2024 років було надмірно волого, а в квітні – достатньо та надмірно волого у 2022–2023 роках, і середня посуха

в 2024 році. З травня місяця у 2024 році мала місце дуже сильна посуха, коли випала недостатня кількість опадів на фоні високих середньомісячних температур (рис. 2, 3).

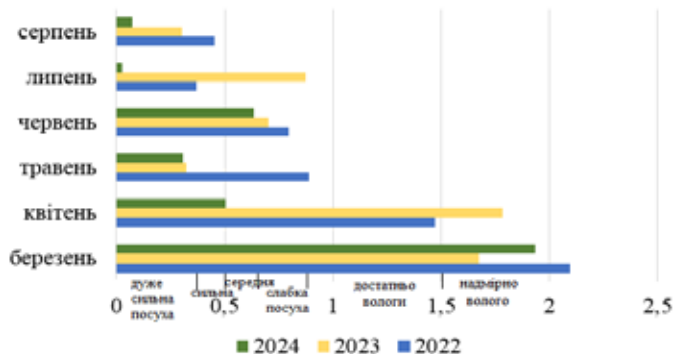


Рис. 1. Динаміка ГТК в Глобинському районі Полтавської області, 2022–2024 роки

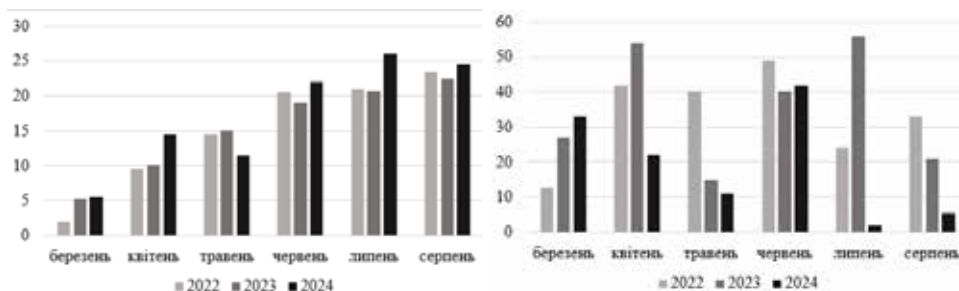


Рис. 2. Середньомісячна температура повітря, 2022–2024 роки, °C

Рис. 3. Середньомісячна кількість опадів, 2022–2024 роки, мм

За даними рис. 2 сівба пшениці твердої ярої у першій декаді березня відбувалась за сприятливих температур. Найбільш теплими були березень 2023–2024 років, квітень 2024 року і травень 2022–2023 років, тоді як травень 2024 року – достатньо прохолодний (11,5 °C). Влітку найбільш помірні температури були у 2023 році, тоді як максимальні – в 2024 році.

За даними рис. 3 прослідковуються нерівномірність і значні коливання в забезпеченні вологою за роки досліджень. Якщо протягом вегетаційного періоду в 2022 році випало 201 мм опадів, то в 2023 році – на 6,0% більше, а в 2024 році – на 45,8% менше попереднього року.

Відповідно погодні умови Глобинського району протягом періоду дослідження вплинули на вміст білка у зерні пшениці, оскільки інші умови залишаються незмінними. Найбільший вміст білка за всіма дослідними сортами отримано у 2023 році – 14,8% (Нащадок) і 13,4% (Аквілон), який також був найбільш врожайним (див. табл. 2). У 2022 році вміст білка у зерні пшениці сорту Нащадок був на 0,2% менше, тоді як у 2024 році – на 0,5%. Зменшення вмісту білка в зерні

пшениці сорту Аквілон у 2022 році теж був в межах 0,2%, тоді як у 2024 році – 0,7%, що свідчить про його більшу залежність від погодних умов.

Якщо порівнювати отримані показники вмісту білка зі сортовими характеристиками, то лише сорт Нашадок зміг реалізувати свій генетичний потенціал на рівні 13,5–15,7% [28], тоді як сорт Аквілон не досяг рівня 14,1% [29] навіть у 2023 році.

До ще одного важливого показника пшениці твердої належить вміст клейковини. Так, наприклад, у Франції звертають увагу в першу чергу на вміст білка й якість клейковини, оскільки вважають ці показники визначальними для макаронної та хлібопекарської якості зерна [30].

Дослідні сорти пшениці протягом 2022–2024 років значно відрізнялись і за вмістом клейковини, що обумовлено їх сортовими характеристиками та погодними умовами (див. рис. 4). Так, генетичний потенціал зерна пшениці сорту Нашадок дозволяє отримати вміст клейковини в межах 31–34%, тоді як сорту Аквілон – 29–30%. Фактично за роки досліджень вміст клейковини коливався в межах 30,7–32,3% і 26,4–28,1% для сортів Нашадок і Аквілон відповідно. При цьому найменші показники були отримані у 2024 році, а найбільші – у 2023 році, що пов'язано з погодно-кліматичними умовами, що проаналізовані раніше.

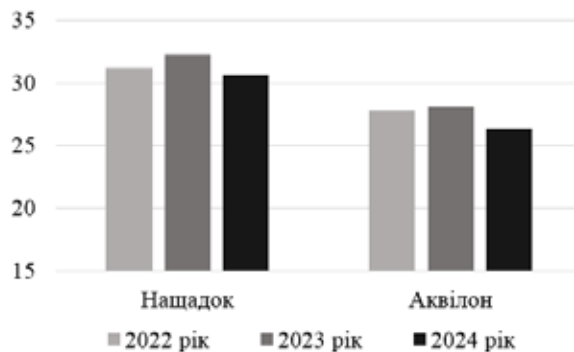


Рис. 4. Вміст клейковини у зерні пшениці твердої ярої дослідних сортів за 2022–2024 роки, %

Наші дослідження підтверджують висновок, що вміст білка та клейковини у зерні зростають залежно від зволоженості [31]. При цьому сорт Нашадок навіть за несприятливих умов показав вищі показники вмісту білка та клейковини відносно сорту Аквілон, що робить його більш придатним для вирощування в умовах Полтавської області при значних коливаннях температур і опадів.

Однак, збільшення чисельності природних аномалій, зростання попиту на пшеницю тверду потребує удосконалення технологій її вирощування, для чого може бути використано опромінення насіння ультрафіолетовим світлом діапазону С (100–280 нм, удобрення гуміновими препаратами, наприклад, 1r Seed Treatment [32]. Це дозволить отримати потенційний врожай зерна високої якості, враховуючи технологічні властивості культури, ґрунтово-кліматичні умови й елементи агротехнологій.

Висновки та пропозиції. Проведені дослідження продемонстрували ефективність вирощування пшениці твердої ярої сортів Нашадок і Аквілон в ґрунтово-кліматичних умовах Полтавської області. В результаті підтверджено, що на вміст білка та клейковини впливає рівень зволоження у найбільш критичні

фази розвитку – кушення та вихід у трубку. Визначено, що найбільш кліматично сприятливим був 2023 рік, в якому вміст білка був для сортів Нащадок і Аквілон на рівні 14,8% і 13,4% відповідно, тоді як за посушливого 2024 року цей показник зменшився до 14,3% і 12,7% відповідно. Подібна тенденція характерна й для вмісту клейковини сортів Нащадок і Аквілон відповідно: у 2023 році – 32,3 і 28,1%; у 2024 році – 30,7 і 26,4%.

За роки досліджень визначено, що найвищий середній вміст білка (14,6%) і клейковини (31,4%) має зерно пшениці сорту Нащадок, тоді сорту Аквілон – 13,1% і 27,4% відповідно. Таким чином, в умовах Полтавської області рекомендовано вирощувати пшеницю тверду сорту Нащадок, який є більш кліматично адаптованим і має більш високий потенціал врожаю, вмісту білка та клейковини.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Shewry P. Increasing the health benefits of wheat. *FEBS Journal*. 2009. Vol. 276. P. 71–71.
2. Nachit M.M. Durum wheat breeding for Mediterranean dryland of North Africa and West Asia. In: Rajaram S., Saari E.E., Hettel G.P. (eds.). *Durum Wheats: Challenges and Opportunities*. Mexico, Ciudad Obregon : CIMMYT, 1992. P. 14–27.
3. Hoseney R.C. Principles of cereal science and technology, 2nd ed. Minnesota, St. Paul : American Association of Cereal Chemists, 1994.
4. Bushuk W. Wheat breeding for end-product use. *Euphytica*. 1998. Vol. 100. P. 137–145.
5. Troccoli A., Borrelli G.M., DeVita P., Fares C., Di Fonzo N. Durum wheat quality: a multidisciplinary concept. *Journal of Cereal Science*. 2000. Vol. 32. P. 99–113.
6. Короткова І.В., Чайка Т.О., Ромашко Т.П., Рибальченко А.М. Вміст фотосинтетичних пігментів у рослинах пшениці полби як критерій продуктивності за традиційної та органічної технології вирощування. *Innovative biosystems and bioengineering*. 2022. № 6 (1). С. 31–39. doi: 10.20535/ibb.2022.6.1.255277
7. Careddu M.L., Giunta F., Motzo R. Lessons from the varietal evolution of durum wheat in Italy. *Agronomy*. 2024. Vol. 14 (1), 87. doi: 10.3390/agronomy14010087
8. Cereals for the production of grain (including seed) by area, production and humidity. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/tag00027/default/table?lang=en> (дата звернення: 05.10.2024).
9. Ledford T. Shifted trade flows: Black Sea durum enters the global market. URL: <https://www.uswheat.org/wheatletter/shifted-trade-flows-black-sea-durum-enters-the-global-market/#:~:text=tight%20situation%20in%20major%20exporters,a%20tight%20durum%20balance%20sheet> (дата звернення: 05.10.2024).
10. Aalami M., Leelavathi K., Rao U.J.S.P. Spaghetti making potential of Indian durum wheat varieties in relation to their protein, yellow pigment and enzyme contents. *Food Chem*. 2007. Vol. 100. P. 1243–1248.
11. Nachit M.M. Durum breeding research to improve dry-land productivity in the Mediterranean region. In: Rao S.C., Ryan J., et al eds, *SEWANA durum research network*. ICARDA editions, 1998.
12. Alemu H. Review paper on breeding durum wheat (*Triticum Turgidum* L. var. *durum*) for quality traits. *International Journal of Advanced Research and Publications*. 2017. Vol. 1, Is. 5. P. 448–455.
13. Особливості вирощування твердих сортів пшениці. URL: <https://agropermash.ua/uk/osoblivosti-viroshhuvannya-tverdix-sortiv-pshenici/> (дата звернення: 05.10.2024).
14. Тверда пшениця: популярні сорти та особливості вирощування. URL: https://tetra-agro.com.ua/news/tverda_psenicya_populyarni_sorti_ta_osoblivosti_viroshhuvannya?srsId=AfmBOoro2iket4IHj8EXLuOVB-zHwNNq_vHXg9O_V6ZighsDlyIahoGJ (дата звернення: 05.10.2024).

15. From ancient to old and modern durum wheat varieties: Interaction among cultivar traits, management, and technological quality / M. Mefleh et al. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2019. Vol. 99. P. 2059–2067. doi: 10.1002/jsfa.9388
16. Бараболя О.В., Латиш А.А. Перспективи вирощування пшениці твердої ярої для забезпечення внутрішнього споживання. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (1). С. 64–68. doi: 10.31210/spi2024.27.01.11
17. Determining the optimal N input to improve grain yield and quality in winter wheat with reduced apparent N loss in the North China Plain / G. Ma et al. *Frontiers in Plant Science*. 2019. Vol. 10, 181. doi: 10.3389/fpls.2019.00181
18. Wheat response to application methods and levels of nitrogen fertilizer: I. phenology, growth indices and protein content / G. Ullah et al. *Pakistan Journal of Nutrition*. 2013. Vol. 12. Issue 4. P. 365–370. doi: 10.3923/pjn.2013.365.370
19. Impact of mid-season Sulphur deficiency on wheat nitrogen metabolism and biosynthesis of grain protein / Z. Yu et al. *Scientific Reports*. 2018. Vol. 8. Is. 1, 2499. doi: 10.1038/s41598-018-20935-8
20. Effect of irrigation and nitrogen application on grain amino acid composition and protein quality in winter wheat / P. Zhang et al. *Public Library of Science one*. 2017. Vol. 12. Issue 6, e0178494. doi: 10.1371/journal.pone.0178494
21. Hawkesford M. J. Reducing the reliance on nitrogen fertilizer for wheat production. *Journal of Cereal Science*. 2014. Vol. 59. Issue 3. P. 276–283. doi: 10.1016/j.jcs.2013.12.001
22. Deviation from the grain protein concentration-grain yield negative relationship is highly correlated to post-anthesis N uptake in winter wheat / M. Bogard et al. *Journal of Experimental Botany*. 2010. Vol. 61. Is. 15. P. 4303–4312. doi: 10.1093/jxb/erq238
23. Hřivna L., Kotková B., Buresova I. Effect of sulphur fertilization on yield and quality of wheat grain. *Cereal Research Communications*. 2015. Vol. 1. P. 1–9. doi: 10.1556/CRC.2014.0033
24. Методика наукових досліджень в агрономії : навч. посіб. / Е.Р. Ермантраут та ін. Житомир : ЖНАЕУ, 2010. 121 с.
25. ДСТУ 3768:2019. Пшениця. Технічні умови. [Чинний від 2019-06-10]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019. 19 с.
26. Тверда пшениця: популярні сорти та особливості вирощування. URL: https://tetra-agro.com.ua/news/tverda_psenicya_populyarni_sorti_ta_osoblivosti_viroshhuvannya (дата звернення: 05.10.2024).
27. Morris R., Sears E.R. *The cytogenetics of wheat and its relatives*. In: Quinsberry and Reitz (eds). Madison, 1967.
28. Насіння пшениці ярої Нащадок. URL: <https://agrostadion.com/catalog/nasinnia-polovykh/nasinnia-pshenytsi/nasinnia-pshenytsi-iaroi-nashchadok-tverda-elita> (дата звернення: 05.10.2024).
29. Сорт КВС АКВІЛОН. URL: <https://agrarii-razom.com.ua/culture-variety/kvs-akvilon> (дата звернення: 05.10.2024).
30. Simeon R. Pascualone A., Fares C. Evaluation of pasta-making properties of semolina from different wheat cultivars. In: *Durum wheat, semolina and pasta quality: recent achievements and trends*. Montpellier: Editions Quae, 2001. P. 55–64.
31. Каленська С.М., Каленський В.П., Антал Т.В., Гарбар Л.А. Якість зерна насіння, економічна та енергетична ефективність вирощування сортів пшениці твердої ярої. *Вісник ХНАУ ім. В.В. Докучаєва. Сер. Сільськогосподарські науки*. 2012. № 12. С. 95–101.
32. Korotkova I.V., Chaika T.O., Romashko T.P., Chetveryk O.O., Rybalchenko A.M., Barabolia O.V. Emmer wheat productivity formation as depending on pre-sowing seed treatment method in organic and traditional technology cultivation. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2023. Vol. 14 (1). P. 41–47. doi: 10.15421/022307