



Original researches

French Breeding Wheat Varieties Adaptability
for the Ukrainian North Steppe Conditions

M. K. Bondarenko, M. M. Nazarenko

Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine

Received: 27 August 2020
Revised: 07 September 2020
Accepted: 08 September 2020Dnipro State Agrarian and Economic
University, Serhii Efremov Str., 25, Dnipro,
49000, UkraineTel.: +38-066-434-28-58
E-mail: russpolyak@gmail.com

Cite this article: Bondarenko, M. K.,
& Nazarenko, M. M. (2020). French breeding
wheat varieties adaptability for the Ukrainian
North Steppe conditions. *Agrology*, 3(4),
193–198. doi: 10.32819/020022

Abstract. Problems of adaptive ability of modern varietal material and limits of its realization in grain yield and quality, complex estimation of peculiarities of cultivation of genotypes of Western European ecotype and its difference from local variety types is a priority task in studying possibilities of both direct and indirect use of biodiversity of cereals for continuous development of the agricultural sector of production. The results of the study of grain productivity, yield structure and grain quality of INRA breeding varieties (Clermont-Ferrand, France) under the conditions of the North Steppe of Ukraine are presented, the possibilities of their use for the breeding process and in grain production of the region are compared. to the standard of the zone (variety Podolyanka) and local variety (variety Commercial), appropriate phenotypic observations were made. The objective of the study was to describe the phenotypic variability of winter wheat varieties in the region, to analyze the differences in growth and development, the formation of yield and grain quality. The experiments were performed in the experimental field of the Education and Research Center of the Dnipro State Agrarian University, the replication was three times, the placement scheme was randomized. Phenological observations of growth and development of winter wheat plants, differences in the onset of individual phases of development, continuous accounting of yield, assessment of the main parameters of its structure (plant height, number of grains from the main spike, weight of grain from the main spike, grain weight from the plant, weight of thousand grains). The grain quality was used to evaluate the content of protein, glutenins, and gliadins. It is established that all samples of foreign breeding belong to the late groups by maturity and short-stem form. It was found that the vast majority of them yield higher than the standard. The predominant characteristics of varieties of French breeding: short stem (60–80 cm), lower grain weight from the plant (3.2–3.9 g) and weight of a thousand grains (32–40 g) with one exception for the last two parameters. It was found that most of the samples, except for two, are inferior to domestic varieties in grain quality, the key problem was also the content of the glutenin fraction. Several varieties have been identified, the use of which for the production and improvement of varieties is expedient due to higher yields or higher grain quality of these samples.

Keywords: winter wheat; variety; yield; grain quality; french selection.

Пристосування сортів пшениці м'якої озимої французької селекції
до умов Північного Степу України

M. K. Bondarenko, M. M. Nazarenko

Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна

Анотація. Проблеми адаптаційної здатності сучасного сортового матеріалу, зокрема межі його реалізації в урожайності та якості зерна, комплексна оцінка особливостей вирощування генотипів західно-європейського екотипу, його відмінність від місцевих сортових типів, належать до пріоритетних завдань при вивченні можливостей як прямого, так і опосередкованого використання біорізноманіття зернових культур для постійного розвитку аграрного сектору виробництва. Представлено результати вивчення продуктивності зерна, структури врожайності та якості зерна сортів селекції INRA (Клермон-Ферран, Франція) в умовах Північного Степу України; проведено відповідні фенотипові спостереження щодо можливості їх використання для селекційного процесу та у виробництві зерна в умовах регіону порівняно зі стандартом зони сортом Подолянка та місцевим сортом Комерційний. Метою дослідження було описати фенотипову мінливість сортів пшениці озимої в умовах регіону, проаналізувати відмінності в рості та розвитку, формуванні врожайності та якості зерна. Експерименти проводили на дослідному полі Навчально-наукового центру Дніпровського державного аграрно-економічного університету, повторність дослідів – трикратна, схема розміщення рендомізована. Реєстрували дані фенологічних спостережень за ростом та розвитком рослин пшениці озимої, відмінності в настанні окремих фаз розвитку, вели постійний облік урожайності, оцінювали основні параметри її структури (висоту рослини, кількість зерен від головного колоса, масу зерна від основного колоска, масу зерна від рослини, масу тисячі зерен). Якість зерна використовували для оцінки вмісту білка, глютенінів та гліадинів. Встановлено, що всі сорти зарубіжної селекції належать до пізньої групи за стиглістю та короткостеблових форм. Визначено, що переважна більшість з них більш врожайна, ніж стандарт. Переважаючі характеристики сортів французької селекції: коротке стебло (60–80 см), менші

маса зерна з рослини (3,2–3,9 г) та маса тисячі зерен (32–40 г) за одним винятком для останніх двох параметрів. Виявлено, що більшість зразків, крім двох, поступаються вітчизняним сортам за якістю зерна; ключовою проблемою був і вміст фракції глютеніну. Визначено декілька сортів, використання яких для виробництва та вдосконалення сортів доцільно завдяки вищій врожайності або вищій якості зерна цих зразків.

Ключові слова: пшениця озима; сорти; врожайність; якість зерна.

Вступ

Пшениця м'яка озима (*Triticum aestivum* L.) – одна з високоврожайних і цінних продовольчих культур – набуває все більшого значення в зерновому балансі країни. За щорічного виробництва близько 764,5 млн тонн (у 2019 році) – одна з найважливіших культур світу (USDA, 2020). Пшениця озима є провідною зерновою культурою за валовим збором та обсягами вирощування у світі та найважливішою харчовою зерновою культурою, що займає першу позицію в Україні. У зв'язку з інтенсифікацією аграрного сектору виробництва в системі заходів, які забезпечують одержання високих і сталих врожаїв, значення сорту зростає (USDA, 2020).

Сорт – один з головних чинників стійкого виробництва зерна пшениці озимої. Для обробітку пшениці озимої використовують передусім сильні, і навіть цінні сорти, відмінні високою потенційною врожайністю, швидким реагуванням на добрива та агротехніку, комплексною стійкістю до шкідливих чинників (перезимівля, посуха, вилягання, хвороби та інше), дають сильне чи середнє за якістю зерно (Bordes et al., 2008; Tengcong et al., 2020).

Своєчасна сортозаміна та сортооновлення сприяють підвищенню врожайності на 25–40%. Завдяки впровадженню нових сортів підвищується стійкість до хвороб, шкідників, вилягання, обсіпання, посух, низьких температур (Essam et al., 2019). Вітчизняні аграрії щороку не добирають від культивування старих сортів понад 7 млн тонн зерна. Територія України характеризується різноманітністю природно-кліматичних зон і крайньою нестабільністю метеорологічних умов по роках і сезонах року. Наявність різних природно-контрастних розташованих у широтній зональності і вертикальній поясності зон відповідно обумовлює створення генетично різноманітних сортів, як мінімум трьох основних агроекотипів пшениці озимої (Litvinenko, 2010).

За даними Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (FAO, 2016), за рахунок підвищення ефективності використання сортів щороку додатково виробляють понад 20% продукції землеробства. Узагальнені розрахунки свідчать про те, що недобір зерна з цієї причини в Україні щороку перевищує 3,0–3,5 млн тонн. Сорт є відносно найдешевшим і доступним засобом підвищення врожайності та якості зерна, під час формування яких велике значення мають спадковість, ґрунтово-кліматичні та агротехнічні умови (Li et al., 2019a, 2019b; Xu., 2016).

Показники якості продукції (вміст білків, клейковини, жирів, цукрів, вітамінів та ін.), як правило, позитивно корелюють зі стійкістю до абіотичних і біотичних стресорів і негативно з високою врожайністю (Nuttall et al., 2017). Найбільше значення у формуванні високих величин і якості врожаю має ступінь продуктивності і стійкості в “критичні” етапи росту і розвитку рослин (Shah et al., 2018; Hans et al., 2019).

Найважливіші фактори підвищення цих показників:

- збір, ідентифікація, збереження і вивчення генетичної різноманітності рослин (з метою широкого включення в селекційний процес гендонорів господарсько-цінних ознак) і адаптивних реакцій;

- створення сортів, що поєднують високу потенційну врожайність і якість зі стійкістю до токсичних і несприятливих чинників зовнішнього середовища;

- використання головного механізму стійкості культурних видів рослин, щоб уникнути дії стресових чинників у часі й просторі за рахунок адаптивного макро-, мезо- і мікрорайонування культур, а також оптимізації їх видової і сортової структури;

- конструювання високопродуктивних і екологічно стійких агроекосистем і агроландшафтів на основі використання широкого біологічного різноманіття культивованих видів і сортів;

- застосування біологічно активних речовин, що дозволяють оптимізувати процеси росту і розвитку рослин відповідно до погоди та інших факторів зовнішнього середовища;

- більш диференційоване (високоточне) у часі й просторі використання природних, техногенних, біологічних, трудових та інших ресурсів;

- розробка стандартів показників фуражного зерна, вимог на технологічні й селекційні аспекти управління його якістю;

- використання механізмів і структур потенційної продуктивності, екологічної стійкості та якості врожаю;

- ефективне застосування техногенної енергії – добрив, пестицидів, зрошення, регульованого мікроклімату та ін. (Resende, 2016; Shah et al., 2018; Quintero et al., 2018).

Ця тема відносно сортів німецької селекції вже висвітлювалася. На той час за результатами досліджень всі сорти зарубіжної селекції поступалися по врожайності сортам вітчизняної селекції і характеризувалися нижчою зимо- та посухостійкістю. Так, у 2009 р. під час вирощування німецьких сортів Пегасос, Акратос, Астрон встановлено, що їхній урожай зерна порівняно зі середнім по полігону, де вивчали 34 сорти пшениці озимої, був нижчим, відповідно, на 1,24; 1,62; 2,03 т/га. Низький рівень урожайності зарубіжних сортів у дослідженні виявився наслідком впливу комплексу негативних чинників – порівняно низької зимостійкості рослин та їхньої сприйнятливості до ширшого спектра хвороб. Важливим виявилось і те, що практично всі сорти зарубіжної селекції були більш пізньостиглими (Solodushko, 2014).

Але зміни клімату та зміщення зон культивування основних сільськогосподарських культур призводять до нових реалій та нових підходів у використанні локальних й глобальних сортових ресурсів (Pingali, 2019).

Вивчення можливостей використання сортів пшениці озимої французької селекції є необхідним для покращення виробництва зерна за рахунок можливого їх використання у виробництві, зокрема в селекції нових сортів. Наразі в Україні все більше фермерів намагаються підвищити врожайність полів шляхом використання сортів іноземної селекції. Цей напрям підвищення врожайності потребує відповідної реакції, тобто встановлення ефективності іноземних сортів порівнянно з вітчизняними.

Мета дослідження – показати особливості формування врожайності та якості зерна в сортів пшениці озимої французької селекції відносно вітчизняних, можливості й обмеження їх використання для покращення сортів української селекції та (або) в безпосередньому застосуванні сортів іноземної селекції в умовах Степу України. Під час дослідження вивчали продуктивність та якість зерна 6 сучасних сортів селекції ІНРА (Франція), отриманих від лабораторії екофізіології та біорізноманіття злакових культур ІНРА (Клермон-Ферран, Франція). Їх порівнювали з двома сучасними сортами вітчизняної селекції; аналізували компонентний склад запасних білків пшениці озимої за вмістом гліадину та глютеніну, а також вплив умов на формування продуктивності та якості зерна пшениці озимої; спостерігали за реакцією специфічно обумовленими генотипами.

Матеріал та методи

Роботи проводили на дослідних полях Навчально-наукового центру Дніпровського державного аграрно-економічного університету в 2017–2019 рр. Дослідні ділянки мали однорід-

ний покрив, представлений чорноземом звичайним малогумусним вилугуваним середньосуглинковим на суглинковому лесі. Гумусовий горизонт однорідного забарвлення, глибиною 40–45 см, перехідний – 45–80 см. Уміст гумусу в орному шарі від 2,6 до 3,6% (за Тюриним). Гідролітична кислотність 0,84–1,40 мг-екв. на 100 г ґрунту (за Капеном). Сума увібраних основ коливається від 21,4 до 29,5 мг-екв. на 100 г ґрунту (за Гедройцем). Глибина залягання ґрунтових вод – від 8 до 11 м. Ґрунти різною мірою забезпечені рухомими формами азоту, фосфору та калію. Уміст азоту (за Тюриним) в роки досліджень не перевищував 3–5 мг, рухомого фосфору (за Чириковим) – 20–30 мг, обмінного калію (за Чириковим) – 20–35 мг на 100 г сухого ґрунту.

В орному шарі 0–30 см гранична польова вологість становила 22,6%, у шарі ґрунту 0–60 см – 21,9%. При збільшенні глибини вона знижується і на глибині 100 см дорівнює 19,1%. Із півночі на південь по межі господарства протікає річка Самара. Тому падіння схилу господарства направлено з півдня на північ.

Науково-дослідне поле знаходиться в Дніпровському районі Дніпропетровської області, який відноситься до північного недостатньо вологого теплового району. Його кліматичні ресурси характеризуються такими показниками: гідротермічний коефіцієнт >0,9, кількість опадів за вегетаційний період 250–280 мм, річна кількість опадів 450–490 мм, сума температур за період з температурами вище 10 °С – близько 2900° С. Тривалість періоду з температурою вище 10 °С становить 165 днів, а безморозного 150–175 днів. Останні весняні заморозки в середньому припиняються в третій декаді березня, а перші осінні починаються в другій декаді жовтня. Середня з максимальних декадних висот снігового покриву 12–13 см.

Проводили оцінку двох сортів вітчизняної селекції Подолянка (національний стандарт) та Комерційна (ДДАЕУ, сорт створено саме в зоні Степу та для зони Степу), 6 сортів селекції ІНРА (Інститут національних досліджень в агрономії, Франція), отриманих з лабораторії екофізіології та біорізноманіття злаків (Клермон-Ферран, Франція), Courtiot, Flamenko, Gallixe, Geo, Ghayta, Gotik.

Посівні ділянки сортів пшениці озимої були розміщені за рандомізованої схеми висіву з площею ділянки 5 м² у 3-кратній повторності; норма висіву залежала від маси тисячі зерен. Урожайність оцінювали методом суцільного обмолоту ділянок, структуру врожайності визначали за стандартними параметрами у трьох повторностях, вибірка становила 25–30 рослин з урахуванням крайових ефектів (висота рослин, параметри головного колосу, врожайність рослини, маса тисячі зерен (МТЗ)).

Протягом вегетації проводили фенологічні спостереження, визначали схожість, виживання рослин після зимового періоду, окомірно оцінювали стан посівів, реєстрували фази виходу трубки, колосіння, основні фази стиглості.

Уміст білка, гліадинів і глютенінів визначали на приладах Спектран-119 (для вмісту білка) та RP-HPLS (для вмісту гліадинів та глютенінів) відповідно до внутрішніх модифікованих протоколів INRA. Наважка становила 10 г борошна для визначення відсотка білка та 0,0516 г – для визначення відносного вмісту гліадинів та глютенінів.

Результати

Згідно з результатами наших трирічних досліджень, сорти французької селекції, на відміну від українських, були пізньостиглими з датою колосіння на 2–3 дні пізніше за стандарт Подолянку та на 5–6 днів за сорт Комерційна (крім ранньостиглого сорту Courtiot). Ці сорти були короткостебловими, мали завдяки особливостям архітектури рослин значно більший коефіцієнт господарської придатності – тобто менше витрачали на формування додаткової біомаси та потенційно були більш інтенсивного типу, ніж вітчизняні сортогати. Цей коефіцієнт розраховували як відношення маси зерна до маси снопа (табл. 1).

Досліджувані сорти відрізнялися більшою одноманітністю та одним загальним напрямом при створенні та уніфікації в орієнтації на параметри добору.

Серед досліджуваних сортів один сорт вітчизняної селекції та чотири сорти французької селекції проявили вірогідно вищу врожайність за стандарт Подолянка.

Урожайність вітчизняного сорту Комерційна в середньому перевищувала стандарт на 0,64 т/га. При цьому в більш урожайні роки він виявляв переваги, менші за врожайністю до стандарту або вони взагалі були відсутні.

Сорти Courtiot та Flamenko мали приблизно однакову врожайність в урожайні роки, але другий сорт краще проявив себе в менш добрі роки, де мав перевагу в урожайності 1,37 т/га, тобто 25,2% до стандарту та 0,7 т/га до Courtiot. У середньому сорти Courtiot та Flamenko мали врожайність, більшу за стандарт на 1,31 та 1,51 т/га, відповідно.

Сорти Ghayta та Gotik проявили свою перевагу лише в урожайні роки. Їх урожайність перевершувала стандарт на 1,61 та 2,68 т/га; у звичайні роки врожайність виявилася на рівні зі стандартом. У середньому вони мали перевагу за врожайністю 0,45 та 1,02 т/га, відповідно.

Невелика перевага в посушливий рік (0,3 т/га) зареєстрована в сорту Gallixe; стандартне відхилення за середньою врожайністю відносно стандарту становило –0,13 т/га.

Найгірший результат показав сорт Geo. Його стандартне відхилення в урожайності дорівнювало –0,22 т/га.

Отже, незважаючи на попередні твердження, ранньостиглі та напівінтенсивні за екотипом сорти вже не є в умовах зміни клімату більш придатними для нашого регіону. Перевагу мають

Таблиця 1. Загальна характеристика сортів пшениці озимої

Сорт	Дата колосіння	Кґосп.	Врожайність, т/га					стандартне відхилення, ±
			2018 р.	2019 р.	2020 р.	середня		
Подолянка, ст.	23.05	0,17	7,01	5,42	8,19	6,87	0,00	
Комерційна	20.05	0,22	6,40	8,27	7,51	0,64	0,64	
Courtiot	18.05	0,27	8,18	6,09	10,27	8,18	1,31	
Flamenko	26.05	0,28	8,24	6,79	10,13	8,39	1,51	
Gallixe	25.05	0,29	6,81	5,78	7,64	6,74	–0,13	
Geo	26.05	0,29	6,96	5,23	7,77	6,65	–0,22	
Ghayta	26.05	0,28	7,14	5,04	9,80*	7,33*	0,45	
Gotik	26–27.05	0,28	7,21	5,60	10,87*	7,89*	1,02	
НСР _{0,05}			0,28	0,26	0,39			

Примітка: * – статистично вірогідно перевищує стандарт при P_{0,95}, т/га

сорти західно-європейського екотипу, короткостеблової інтенсивної архітектури та пізньостиглі.

За результатами врожайності проведений дисперсійний двофакторний аналіз (табл. 2), який підтвердив, що фактори сорт і рік стабільно впливали на формування врожайності, але в нашому випадку пріоритет був за змінами кліматичних умов, тобто роки характеризувалися як вельми контрастні за екологічними умовами.

Аналізували і структуру врожаю досліджуваних сортів: висоту рослини, кількість зерен з головного колосу та їх масу, масу зерна з усієї рослини та тисячі зерен (МТЗ) – табл. 3. Вітчизняні сорти виявили приблизно однакові ознаки структури врожаю: висота рослини трохи більша одного метра, кількість зерна з головного колосу 35 ± 4 , маса зерна з рослини $4,5 \pm 0,7$ г, маса тисячі зерен 45 ± 6 г; лише маса зерна з головного колосу значно різнилася; в сорту Комерційна вона менша на $0,4-0,5$ г, що свідчить про більш активну участь у формуванні врожаю зерна додаткових колосів.

Сорт Courtiot мав висоту рослини меншу на $22,8$ см, більшу кількість зерна з головного колосу на $13-15$ та меншу його масу на $0,6-0,8$ г, що свідчить про дрібність зерна та підтверджується МТЗ, меншою на $13-18$ г; маса зерна з однієї рослини лише трохи менше за масу стандарту – на $0,5$ г. З отриманих даних можна зробити висновок про те, що високопродуктивні генотипи формують врожайність за рахунок додаткових колосів, можливо більшу стійкість до вилягання внаслідок меншої висоти рослин та маси зерна в колосі, відповідно, і менших витрат поживних речовин на формування стебла.

Для всіх інших сортів, крім Gallixe та Geo, характерна така сама висота рослин.

Сорт Flamenko показує дещо суперечливу картину. За великої кількості зерен з головного колоса, на 10 більшу від стандарту, маса зерна з нього менша стандарту на $0,6-0,9$ г, але МТЗ найбільша серед усіх досліджуваних сортів і на 5 г більше, ніж у стандарту. Із цього можна зробити висновок про більш однорідну виповненість у зерен з головного та додаткових колосів рослини; про це саме свідчить і маса зерна з

рослини, понад дві третини якої складають зерна з додаткових колосів.

Сорти Gallixe та Geo дуже схожі, вони мають приблизно однакову висоту на рівні 70 см, масу зерна з рослини та масу тисячі зерен, але сорт Geo більш спрямований на головний колос, тоді як Gallixe – на додаткові, що підтверджують маса зерна з головного колосу та кількість зерен з нього.

Ghayta та Gotik мають однакові МТЗ та висоту, але надто відрізняються за формуванням урожаю. У сорту Ghayta врожай формується на дві третини за рахунок додаткових колосів, тоді як у сорту Gotik більше половини маси зерна з рослини дає головний колос. Маса зерна з рослини в сорту Gotik більша на $0,3$ г, що свідчить про вищу його врожайність, у сорту Ghayta (табл. 3).

За результатами дискримінантного аналізу встановлено, що ключовими (модельними) компонентами структури врожайності є висота рослини (частково пов'язано з нижчою висотою французьких сортів), маса зерна з рослини та маса тисячі зерен (табл. 4).

Із досліджуваних сортів пшениці озимої на якість зерна та компонентний склад запасних білків, кількість білка й клейковини у зерні, вміст гліадину та глютеніну лише один зміг дати статистично вірогідно більш якісне зерно, ніж стандарт – французький сорт Ghayta. Уміст білка в ньому більше на $0,6\%$, клейковини на $0,92\%$, за вмістом гліадину та глютеніну на $34,48\%$ та $6,33\%$, відповідно (табл. 5).

Сорт Flamenko за якістю зерна поступається стандарту, зокрема, за білком на $0,98\%$ та за клейковиною – на $1,45\%$. Уміст білків гліадину та глютеніну, в ньому менший на $17,25\%$ та $16,45\%$, відповідно.

Ще більше поступається стандарту сорт Courtiot: $2,05\%$ за білком та $3,84\%$ – за клейковиною; за гліадином та глютеніном він не відрізняється від Flamenko.

Найгірші результати виявили сорти Gallixe та Geo; вони поступаються за всіма показниками стандарту. Але ці сорти не мали гірших результатів лише за гліадином і білком.

Gotik отримав другий результат серед французьких сортів за сумарною якістю зерна та перший за вмістом клейковини ($26,71\%$), що на $2,12\%$ більше, ніж у стандарту. За рівнем білка сорт аналогічний стандарту.

Таблиця 2. Результати факторного аналізу

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P	F критичне
Сорт	9,27	7	1,79	2,84	0,04	2,764199
Рік	44,19	2	22,09	44,01	0,01	3,738892
Похибка	7,02	14	0,50	–	–	–
Всього	60,49	23	–	–	–	–

Таблиця 3. Структура врожайності сортів пшениці озимої

Сорт	Висота, см	Головний колос		Маса зерна з рослини, г	Маса тисячі зерен, г
		кількість зерен, шт.	маса зерна, г		
Подольанка, ст	102,0 \pm 1,9	35,5 \pm 3,6	2,0 \pm 0,5	4,4 \pm 0,7	45,2 \pm 6,8
Комерційна	101,8 \pm 1,5	34,0 \pm 4,8	1,6 \pm 0,3	4,5 \pm 0,8	44,5 \pm 5,8
Courtiot	79,2 \pm 2,8	48,3 \pm 11,0	1,3 \pm 0,3	3,9 \pm 0,3	32,3 \pm 2,3
Flamenko	82,2 \pm 1,2	45,0 \pm 9,7	1,4 \pm 0,2	4,7 \pm 0,3	50,7 \pm 2,0*
Gallixe	71,8 \pm 1,2	34,6 \pm 5,5	1,4 \pm 0,2	3,1 \pm 0,2	35,3 \pm 2,1
Geo	66,6 \pm 6,4	43,3 \pm 4,1	1,7 \pm 0,3	3,2 \pm 0,3	37,5 \pm 2,6
Ghayta	79,2 \pm 3,4	29,3 \pm 3,9	1,2 \pm 0,1	3,3 \pm 0,2	40,6 \pm 2,9
Gotik	79,2 \pm 1,9	45,3 \pm 8,6	1,9 \pm 0,2	3,6 \pm 0,3	41,5 \pm 2,9

Примітка: * – статистично вірогідно перевищує стандарт при $P_{0,95}$, т/га.

Таблиця 4. Результати дискримінантного аналізу структури врожайності

Змінні в моделі	Коефіцієнт Уїлкса λ	F-remove (5,16)	p-level
Висота, см	0,21	5,92	0,01
Зерна з головного колосу, шт.	0,11	3,14	0,14
Маса зерна з головного колосу, г	0,19	5,01	0,09
Маса зерна з рослини, г	0,27	6,98	0,01
Маса тисячі зерен, г	0,41	10,17	0,00

Таблиця 5. Уміст білка, клейковини та білкових компонентів у зерні пшениці озимої

Сорт	Білок, %	Клейковина, %	Гліадин, г	Глютенін, г
Подольнка, ст	13,97	24,59	0,029	0,79
Комерційна	13,58	23,98	0,028	0,77
Courtlot	11,92	20,85	0,023	0,67
Flamenko	12,99	23,14	0,024	0,66
Gallixe	12,98	20,02	0,024	0,59
Geo	12,56	22,78	0,024	0,64
Ghayta	14,57*	25,51	0,039*	0,84*
Gotik	13,99	26,71	0,028	0,75
середнє	13,32	23,45	0,027	0,71
Cv, %	6,51	9,61	19,13	12,05

Обговорення

Глобальні зміни клімату та фактичне зсування агроекологічних районів вирощування основних сільськогосподарських культур уже призвели до значних змін у їх продуктивності, якості, стали основою до нових викликів з точки зору адаптивності локальних генетичних сортових ресурсів (Richardson et al., 2017; Nazarenko et al., 2020; Le Gouis et al., 2020). Ті вимоги, що були актуальними ще 10–15 років тому, наразі вже не відповідають потребам конкретного регіону, еколого-географічної зони (Mickelbart et al., 2015; Jaradat, 2018; Harkness et al., 2020). Але ми спостерігаємо, що фактично нові вимоги залишаються без достатньої уваги, навіть без відповідного чіткого формулювання (Forsman, 2015; Jaradat, 2018). Це вже призвело до того, що основні напрями добору нового матеріалу не зовсім відповідають реальності (Nazarenko et al., 2018; Jaradat, 2018).

Зміни відбуваються не лише в напрямку погіршення кліматичного стану, але й його пом'якшення, що дозволяє дослідникам використати відповідні балансово-енергетичні ресурси більш ефективно з огляду не лише на підвищення продуктивності, але й на поліпшення колись більш другорядних характеристик сільськогосподарських культур (Halford et al., 2014; Essam et al., 2019). Так, все більше уваги приділяють додатковим харчовим якостям та властивостям, перш за все зернових культур (Piementel et al., 2014; Pilbeam, 2015; Žofajová et al., 2017). Це стає основним європейським трендом і повинно відповідним чином урахуватись у вітчизняній практиці (Liu et al., 2016).

Разом з тим використання іноземних, передусім європейських ресурсів, можливе, та навіть пріоритетне, з використанням локального біорізноманіття злакових культур (як індукованого, так і природного), про що свідчать дослідження вчених інституцій ЄС (Bordes et al., 2008; Tsenov et al., 2015; Tokatlidis, 2017). Нова парадигма спрямована на максимальну повноцінність та синтетичний підхід у задоволенні харчових потреб (Bordes et al., 2011; Wang et al., 2017).

Без уваги не залишаються й традиційні моменти, пов'язані з формуванням урожайності та удосконаленням її елементів. Ці можливості, попри ретельний доробок з початку ХХ ст., все ще

досі повністю не використані, не виявлені всі можливі, більш ефективні механізми (Daryanto, 2017). Наприклад, підпорогові статистичні зміни елементів продуктивності без явної переваги, домінування якоїсь окремої ознаки здатні суттєво підвищити врожайність (Destelfeld, 2014). Це є новим напрямом, на відміну від більш традиційних підходів з використанням або високої продуктивної кущистості, або за рахунок розвитку властивостей головного колосу (з основним його внеском в загальну продуктивність) (Amram et al., 2015; Nazarenko et al., 2020).

Висновки

Серед досліджуваних сортів найвищу продуктивність показав сорт Flamenko (1,51 т приросту) селекції ІНРА (Франція). Сорт поступається якстю стандарту за білком на 0,98% та на 1,45% за клейковиною. За вмістом білків гліадину та глютеніну він поступається на 17,25% та 16,45%, відповідно. Другий результат за врожайністю виявив сорт Courtlot (1,31 т приросту), показники якості зерна якого поступаються стандарту ще більше (2,05% за білком та 3,84% за клейковиною).

Із наданих зразків лише сорт Ghayta зміг дати не лише більший (на 0,45 т), а й якісніший врожай: уміст білка більше на 0,60%, клейковини – на 0,92%, за вмістом гліадину та глютеніну на 34,48% та 6,33%, відповідно. При цьому найкращий результат по клейковині виявив сорт Gotik, який дав результат 26,71%, що на 2,12% більше, ніж у стандарту.

Для безпосереднього використання та покращення сортів вітчизняної селекції можна виділити три сорти: сорт Flamenko – для безпосереднього використання та покращення як найбільш врожайний, дещо поступається за якістю зерна стандарту, виявив більшу врожайність у посушливих умовах, ніж усі інші сорти, у тому числі й стандарт. Сорт Ghayta – для покращення, як сорт з найвищою якістю зерна за білком та незначним приростом урожаю в сприятливі роки. Сорт Gotik – для покращення інших сортів, який мав найвищий рівень клейковини та значний приріст урожаю в благополучні за кліматичними умовами роки.

У подальшому планується суттєво розширити спектр вивчення через використання в дослідному процесі великої

кількості східно-європейських сортів чеської, польської та угорської селекції, які належать за притаманними ознаками до перехідних форм від інтенсивного західно-європейського до східно-європейського екотипу.

References

- Litvinenko, M. (2010). Realization of genetic potential. Problems of grain productivity and quality of modern winter wheat varieties. *Plant breeding and seed production*, 6, 1–6 (in Ukrainian).
- Solodushko, M. (2014). Performance and features growing different varieties of winter wheat in a northern Barrens. *Bulletin Institute of agriculture of steppe zone NAAS of Ukraine*, 6, 112–118 (in Ukrainian).
- Amram, A., Fadida-Myers, A., Golan, G., Nashef, K., Ben-David, R., & Peleg, Z. (2015). Effect of GA-sensitivity on wheat early vigor and yield components under deep sowing. *Frontier Plant Science*, 6(487). doi: [10.3389/fpls.2015.00487](https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00487)
- Bordes, J., Branlard, G., Oury, F. X., Charmet, G., & Balfourier, F. (2008). Agronomic characteristics, grain quality and flour rheology of 372 bread wheats in a worldwide core collection. *Journal of Cereal Science*, 48(3), 569–579. doi: [10.1016/j.jcs.2008.05.005](https://doi.org/10.1016/j.jcs.2008.05.005)
- Bordes, J., Ravel, C., Le Gouis, J., Lapiere, A., Charmet, G., & Balfourier, F. (2011). Use of a global wheat core collection for association analysis of flour and dough quality traits. *Journal of Cereal Science*, 54, 137–134. doi: [10.1016/j.jcs.2011.03.004](https://doi.org/10.1016/j.jcs.2011.03.004)
- Daryanto, S., Wang, P., & Jacinthe, P. (2017). Global synthesis of drought effects on cereal, legume, tuber and root crops production: A review. *Agricultural Water Management*, 179, 18–33. doi: [10.1016/j.agwat.2016.04.022](https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.04.022)
- Destelfeld, A., Avni, R., & Fischer, A. (2014). Senescence, nutrient remobilization, and yield in wheat and barley. *Journal of Experimental Botany*, 65, 3783–3798. doi: [10.1093/jxb/ert477](https://doi.org/10.1093/jxb/ert477)
- Essam, F., Badrya, M., & Aya, M. (2019). Modeling and forecasting of wheat production in Egypt. *Advances and Applications in Statistics*, 59(1), 89–101. doi: [10.17654/AS059010089](https://doi.org/10.17654/AS059010089)
- FAO (2016). FAOSTAT: FAO Statistical Databases. Food and Agriculture Organization, Rome.
- Forsman, A. (2015). Rethinking phenotypic plasticity and its consequences for individual, population and species. *Heredity*, 115, 276–284. doi: [10.1038/hdy.2014.92](https://doi.org/10.1038/hdy.2014.92)
- Jaradat, A. (2018). Simulated climate change differentially impacts phenotypic plasticity and stoichiometric homeostasis in major food crops. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 30(6), 429–442. doi: [10.9755/ejfa.2018.v30.i6.1705](https://doi.org/10.9755/ejfa.2018.v30.i6.1705)
- Halford, N., Curtis, T., Chen, Z., & Huang, J. (2014). Effects of abiotic stress and crop management on cereal grain composition: Implications for food quality and safety. *Journal of Experimental Botany*, 66, 1145–1156. doi: [10.1093/jxb/eru473](https://doi.org/10.1093/jxb/eru473)
- Hans, D., Anthony, G., & Matthew, H. (2019). Artificial selection causes significant linkage disequilibrium among multiple unlinked genes in Australian wheat. *Evolutionary Applications*, 19(4), 194–205. doi: [10.1111/eva.12807](https://doi.org/10.1111/eva.12807)
- Harkness, C., Semenov, M. A., & Areal, F. (2020). Adverse weather conditions for UK wheat production under climate change. *Agricultural and Forest Meteorology*, 1078622, 282–283. doi: [10.1016/j.agrformet.2019.107862](https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2019.107862)
- Le Gouis, J., Oury, F.-X., & Charmet, G. (2020). How changes in climate and agricultural practices influenced wheat production in Western Europe. *Journal of Cereal Science*, 93. doi: [10.1016/j.jcs.2020.102960](https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.102960)
- Li, H., Murray, T. D., McIntosh, R. A., & Yang, Z. (2019a). Breeding new cultivars for sustainable wheat production. *The Crop Journal*, 7(6), 715–717. doi: [10.1016/j.cj.2019.11.001](https://doi.org/10.1016/j.cj.2019.11.001)
- Li, H. J., Timothy, D. M., Mc Intosh, R. A., & Zhou, Y. (2019b). Wheat breeding in northern China: achievements and technical advances. *The Crop Journal*, 7(6), 718–729. doi: [10.1016/j.cj.2019.09.003](https://doi.org/10.1016/j.cj.2019.09.003)
- Liu, Q., Wu, X., Ma, J., & Xin, C. (2016). Effects of cultivars, transplanting patterns, environment, and their interactions on grain quality of Japonica rice. *Cereal Chemistry*, 92, 284–292. doi: [10.1094/CCHEM-09-14-0194-R](https://doi.org/10.1094/CCHEM-09-14-0194-R)
- Mickelbart, M., Hasegawa, P., & Bailey-Serres, J. (2015). Genetic mechanisms of abiotic stress tolerance that translate to crop yield stability. *Natural Reviews*, 16, 237–251. doi: [10.1038/nrg3901](https://doi.org/10.1038/nrg3901)
- Nazarenko, M., Lykholat, Y., Grigoryuk, I., & Khromykh, N., (2018). Optimal doses and concentrations of mutagens for winter wheat breeding purposes. Part I. Grain productivity. *Journal of Central European Agriculture*, 19(1), 194–205. doi: [10.5513/JCEA01/19.1.2037](https://doi.org/10.5513/JCEA01/19.1.2037)
- Nazarenko, M., Mykolenko, S., & Okhmat, P. (2020). Variation in grain productivity and quality of modern winter wheat varieties in northern Ukrainian Steppe. *Ukrainian Journal of Ecology*, 10(4), 102–108. doi: [10.15421/2020_175](https://doi.org/10.15421/2020_175)
- Nuttall, J., O’Leary, G., Panozzo, J., Walker, C., Barlow, K., & Fitzgerald, G. (2017). Models of grain quality in wheat – A review. *Field Crops Research*, 202, 136–145. doi: [10.1016/J.FCR.2015.12.011](https://doi.org/10.1016/J.FCR.2015.12.011)
- Pilbeam, D. (2015). Breeding crops for improved mineral nutrition under climate change conditions. *Journal of Experimental Botany*, 66, 3511–3521. doi: [10.1093/jxb/erv374](https://doi.org/10.1093/jxb/erv374)
- Pimentel, A., Guimarães, J., de Souza, M., Resende, M., Moura, L., Carvalho, J., & Ribeiro, G. (2014). Estimation of genetic parameters and prediction of additive genetic value for wheat by mixed models. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 49, 882–890. doi: [10.1590/S0100-204X2014001100007](https://doi.org/10.1590/S0100-204X2014001100007)
- Pingali, P. (2019). The Green Revolution and Crop Biodiversity. In P. Dasgupta, P. Raven, & A. McIvor (Eds.), *Biological Extinction: New Perspectives* (pp. 175–192). Cambridge University Press, Cambridge. doi: [10.1017/9781108668675.009](https://doi.org/10.1017/9781108668675.009)
- Quintero, A., Molero, G., Reynolds, M., & Calderini, D. (2018). Trade-off between grain weight and grain number in wheat depends on G × E interaction: A case study of an elite CIMMYT panel (CIMCOG). *European Journal of Agronomy*, 92, 17–29. doi: [10.1016/j.eja.2017.09.007](https://doi.org/10.1016/j.eja.2017.09.007)
- Resende, M. (2016). Software Selegen-REML BLUP: A useful tool for plant breeding. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 16, 330–339. doi: [10.1590/1984-70332016v16n4a49](https://doi.org/10.1590/1984-70332016v16n4a49)
- Richardson, B., Chaney, L., Shawn, N., & Still, S. (2017). Will phenotypic plasticity affecting flowering phenology keep pace with climate change? *Global Change Biology*, 23, 2499–2508. doi: [10.1111/gcb.13532](https://doi.org/10.1111/gcb.13532)
- Shah, F., Adnan, M., & Basir, A. (2018). *Global Wheat Production*. Intechopen, London. doi: [10.5772/intechopen.72559](https://doi.org/10.5772/intechopen.72559)
- Tokatlidis, I. (2017). Crop adaptation to density to optimize grain yield: Breeding implications, *Euphytica*, 213, 92. doi: [10.1007/s10681-017-1874-8](https://doi.org/10.1007/s10681-017-1874-8)
- Tsenov, N., Atanasova, D., Stoeva, I., & Tsenova, E. (2015). Effects of drought on grain productivity and quality in winter bread wheat. *Bulgarian Journal Agricultural Sciences*, 21, 592–598.
- Tengcong, J., Jian, L., Yujing, G., & He, J. (2020). Simulation of plant height of winter wheat under soil water stress using modified growth functions. *Agricultural Water Management*, 232, 106066. doi: [10.1016/j.agwat.2020.106066](https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106066)
- Žofajová, A., Havrlentová, M., Ondrejovič, M., Juraška, M., Michalíková, B., & Deáková, L. (2017). Variability of quantitative and qualitative traits of coloured winter wheat. *Agriculture (Poľnohospodárstvo)*, 63(3), 102–111. doi: [10.1515/agri-2017-0010](https://doi.org/10.1515/agri-2017-0010)
- USDA. (2020) World Agricultural Production. Retrieved from <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>
- Wang, J., Turner, N., Liu, Y., Siddique, K., & Xiong, Y. (2017). Effects of drought stress on morphological, physiological and biochemical characteristics of wheat species differing in ploidy level. *Functional Plant Biology*, 44, 219–234. doi: [10.1071/FP16082](https://doi.org/10.1071/FP16082)
- Xu, Y. (2016). Envirotyping for deciphering environmental impact. *Theoretical and Applied Genetics*, 129, 653–673. doi: [10.1007/s00122-016-2691-5](https://doi.org/10.1007/s00122-016-2691-5)