

УДК 633.111.1:631.527:631.559

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.145.2.2>

АДАПТИВНІСТЬ ТА СТАБІЛЬНІСТЬ УРОЖАЙНОСТІ СОРТІВ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ (АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД)

Наумов Д.Л. – аспірант кафедри захисту рослин імені А.К. Мішньова,
Сумський національний аграрний університет
orcid.org/0009-0004-1834-5645

У статті проведено аналітичний огляд сучасних наукових публікацій, присвячених актуальній проблемі адаптивності та стабільності урожайності сортів пшениці м'якої озимої в умовах кліматичних змін. Актуальність дослідження зумовлена необхідністю забезпечення продовольчої безпеки України та підвищення стійкості аграрного сектору до несприятливих абіотичних факторів, зокрема посухи, що може призводити до значних втрат урожаю. Метою роботи є систематизація існуючих знань про генетичні та фізіологічні механізми адаптації рослин до стресових умов. На основі аналізу літературних джерел виявлено, що стійкість сортів залежить від комплексу характеристик, включаючи інтенсивність фотосинтетичної діяльності, ефективності використання поживних речовин та зимостійкості. Дослідження провідних учених підтвердили високу посухостійкість вітчизняних сортів, таких як Дріада І, Херсонська 99, Мудрість, Ластівка та Асканійська тощо. Особливу увагу приділено генетичній основі адаптивності, зокрема ролі транскрипційних факторів (AP2/ERF, MYB, NAC, DREB), які регулюють реакцію рослин на осмотичний стрес. У статті також розглянуто вплив біологізованих систем удобрення на підвищення адаптивного потенціалу. Зроблено висновок про важливість розширення генетичної бази селекційного матеріалу за рахунок використання південно-європейських сортів, а також застосування досягнень генної інженерії для створення нових високопродуктивних і стійких сортів. Результати огляду можуть бути використані для розробки сучасних селекційних стратегій, спрямованих на подолання викликів, пов'язаних з глобальним потеплінням, та забезпечення стабільної продуктивності у довгостроковій перспективі.

Ключові слова: пшениця озима, сорти, урожайність, адаптивність, стабільність.

Naumov D.L. Adaptability and stability of wheat bread winter varieties yield (analytical review)

The article presents an analytical review of modern scientific publications dedicated to the pressing issue of the adaptability and yield stability of winter soft wheat varieties under conditions of climate change. The relevance of the study is due to the need to ensure Ukraine's food security and enhance the resilience of the agricultural sector to unfavorable abiotic factors, particularly drought, which can lead to significant crop losses. The purpose of the work is to systematize existing knowledge about the genetic and physiological mechanisms of plant adaptation to stressful conditions. Based on the analysis of literary sources, it was found that the resistance of varieties depends on a complex of characteristics, including the intensity of photosynthetic activity, the efficiency of nutrient use, and winter hardiness. Studies by leading scientists have confirmed the high drought resistance of domestic varieties such as Driada I, Khersonska 99, Mudrist, Lastivka, and Askaniiska, among others. Special attention is paid to the genetic basis of adaptability, particularly the role of transcription factors (AP2/ERF, MYB, NAC, DREB) that regulate the plant's response to osmotic stress. The article also considers the influence of biologically enhanced fertilization systems on increasing adaptive potential. It is concluded that it is important to expand the genetic basis of breeding material by using Southern European varieties and to apply the achievements of genetic engineering to create new high-yielding and stable varieties. The results of the review can be used to develop modern breeding strategies aimed at overcoming the challenges associated with global warming and ensuring stable productivity in the long term.

Key words: winter wheat, varieties, yield, adaptability, stability.

Актуальність теми дослідження. Пшениця озима є цінним продуктом харчування і важливим експортним продуктом аграрно-промислового комплексу України. Україна стабільно входить до п'ятірки найбільших світових експортерів пшениці і продуктів її переробки. Саме тому проблема отримання стабільних врожаїв впродовж значного періоду вирощування певного сорту є актуальною, оскільки це дозволяє найбільш раціонально планувати ресурси, об'єкти, системи тощо для сільського господарства, знижуючи витрати на зберігання зерна та забезпечуючи стабільну продовольчу безпеку. Крім того, сучасна селекція стикається з викликом створення нових сортів, що характеризуються підвищеним адаптивним потенціалом і стійкістю до несприятливих чинників довкілля. Тому дослідження, спрямовані на аналіз існуючих генетичних ресурсів та механізмів адаптації, є критично важливими для створення стійкого та ефективного рослинництва в умовах кліматичної нестабільності.

Постановка проблеми. Незважаючи на значні досягнення в селекції пшениці озимої, проблема забезпечення стабільної урожайності залишається першочерговою. Існуючі сорти, які рекомендовані до вирощування в умовах помірного клімату, часто виявляються вразливими до зростаючого дефіциту вологи та температурних коливань, що призводить до значних втрат урожаю, особливо в зоні нестійкого зволоження. Відсутність чіткого і комплексного розуміння генетичних механізмів, які регулюють посухостійкість і зимостійкість, обмежує ефективність селекційної роботи. Крім того, існує потреба в систематизованому аналізі впливу різних факторів – від біологізованих систем удобрення до фітопатогенного навантаження – на адаптивні властивості сортів. Таким чином, основна проблема полягає в необхідності ідентифікації та оцінки ключових факторів, що визначають стабільність урожайності, а також узагальнення наявних наукових даних для розробки нових селекційних підходів, здатних протидіяти негативним наслідкам зміни клімату.

Методика досліджень. Метою даної роботи є вивчення адаптивного потенціалу сортів пшениці м'якої озимої у контексті отримання стабільних, прогнозованих врожаїв за даними останніх літературних джерел. Методика досліджень включає у себе вивчення параметрів урожайності і науковий пошук її інтегрованої оцінки. Актуальність розробки даного питання полягає в тому, що отримані дані будуть покладені в основу селекційних планів поточної і майбутньої роботи при створенні дисертаційної праці, розширять знання та можливості сортовивчення.

Результати досліджень (Аналіз літературних джерел). Впродовж XX століття озима пшениця набула стратегічного значення в агропромисловому комплексі України. Її посівні площі, що на початку століття становили лише 9–11% ріллі [1, 2], стабільно зростали, досягнувши 6,5 млн. га у 2022 році [3–6]. Незважаючи на скорочення посівів у 2023 році, у 2024 році було зафіксовано їх зростання на 3,4%, що підтверджує актуальність культури для продовольчої безпеки країни [7]. Така динаміка є яскравим свідченням необхідності подальших робіт із пристосування пшениці до нових кліматичних умов, пов'язаних із поступовим підвищенням середньорічної температури. Така динаміка свідчить про актуальність подальших досліджень у галузі адаптації пшениці озимої до нових кліматичних умов, пов'язаних із поступовим підвищенням середньорічної температури та зростанням суми температур протягом вегетаційного періоду. Гострота цієї проблеми зростає з півночі на південь України, де нестача вологи в критичний період вегетації становить загрозу для збереження врожаїв на рівні 6–9 т/га [8–10]. Понад 40% посівів озимої пшениці станом на 2018 рік були розташовані в зоні нестійкого

зволоження, де втрати врожаю від нестачі вологи можуть сягати 50% [11–12]. У цих умовах навіть високоврожайні сорти не можуть повною мірою реалізувати свій потенціал [13–15]. З огляду на це, основним напрямом досліджень є підвищення посухостійкості сортів, що є актуальною проблемою світового значення [16, 17]. Незважаючи на несприятливі умови, у світі спостерігається тенденція до підвищення врожайності, що пояснюється впровадженням передових агротехнік та селекційними досягненнями в адаптації до більш посушливих умов [18, 19, 20]. Статус України на світовому ринку пшениці залежить від спроможності аграрного сектору адаптуватися до змін погодних умов, оскільки клімат є незамінним фактором стабільного зростання ефективності виробництва [21–23].

Важливою характеристикою для вирощування пшениці у складі агропромислового комплексу є стабільність та передбачуваність врожаїв. Низка українських і зарубіжних вчених вважають, що сорт із середньою, але стабільною врожайністю є економічно більш доцільним для впровадження на посівні площі, ніж спеціалізований сорт із потенційно високою, але нестабільною врожайністю [24, 25]. Таким чином, питання отримання стабільних врожаїв є актуальним для практичної діяльності з вирощування пшениці озимої. Урожайність пшениці озимої в Україні коливається в широких межах, що зумовлено, головним чином, абіотичними факторами, незважаючи на широку сортозміну. На думку деяких дослідників [26, 27], така мінливість пов'язана з відсутністю належної теоретичної бази для явища зниження врожайності в умовах стресових режимів, особливо посухи. Протягом десятиліть селекційної роботи в Україні поступово відбулася еволюційна диференціація степового екотипу на два: власне степовий (або південно-степовий) і лісостеповий.

За період з 1990 по 2025 рік у біотипній характеристиці сортів степового і лісостепового екотипів відбулися суттєві зміни. Озимі пшениці степового екотипу стали вирізнятися високою середньою зимостійкістю, скоростиглістю, інтенсивним весняним відростанням. Сорти, які створені для інтенсивного землеробства, володіють високим урожайним потенціалом – 7,5–9,0 т/га і вище [28, 29].

В умовах кліматичних змін важливим елементом адаптації озимої пшениці є її стійкість до засухи. Тому досвід селекції сортів степового екотипу набуває великого значення для його адаптації до умов лісостепової зони України. Такими сортами можуть бути сорти пшениці озимої вітчизняної селекції (Дріада 1, Херсонська 99, Мудрість, Ластівка, Асканійська), що досліджувалися двохфакторно у 2012–2013 та 2022–2023 роках в умовах дослідного поля ФГ «Світлана» Вознесенського району Миколаївської області. Згідно проведених досліджень було встановлено, що водоутримуюча здатність листків пшениці озимої була найбільшою у сортів Дріада 1, Херсонська 99 та Асканійська порівняно з іншими досліджуваними сортами. Тому ці сорти є перспективними для селекційної роботи і в умовах Лісостепу України [30].

З досліджень Торяник В. М., Василенко М. О. в умовах Іванівської дослідно-селекційної станції з найбільш перспективних за показником посухостійкості є Поліська 90. Виступаючи сортом-стандартом [31], вона має одне з найкращих серед вітчизняних (досліджуваних) сортів співвідношення маси сухої речовини надземної частини проростків і коренів у цьому сорті є найвищим – 0,53, що свідчить про підвищену коренебезпеченість даних сортів в умовах дефіциту вологи [32].

Окрім польових умов, експеримент щодо виявлення рівня посухостійкості рослини, Пикало С. В. та інші, проводили і лабораторним методом. Під час дослідів *in vitro* вони вивчали схожість насіння на осмотичному розчині та часткою живих

калюсів на селективному середовищі з манітом. За результатами цих дослідів було встановлено, що найбільшу стійкість до дефіциту вологи мали такі сорти озимої пшениці, як Балада миронівська та Горлиця миронівська. Які можуть бути цінним вихідним матеріалом для подальшої селекції пшениці. оловним недоліком цього дослідження є те, що його лабораторні результати не були підтверджені масштабними польовими дослідями. Крім того, вибірка сортів була невеликою – лише 15 найменувань української та закордонної селекції [33].

Проблему осмотичного стресу детально вивчали в Миронівському інституті пшениці ім. В. М. Ремесла. Окрім маніту, як фактори стресу використовували сахарозу та сорбіт. Експерименти також проводились за різних рівнів тиску. Цікаво, що істотної різниці в результатах між використанням сахарози, маніту та сорбіту за однакових умов (доба та атмосферний тиск) не виявили. Це свідчить як про високу точність досліджень, так і про те, що всі ці речовини можна вважати рівноцінними для імітації нестачі вологи [34].

Іншим важливим аспектом адаптації озимої пшениці до змінних кліматичних умов є оптимізація термінів використання біопрепаратів для стимуляції росту та розвитку культури [35–38]. Крім того, подальша селекційна робота з підвищення адаптивності озимої пшениці в Україні повинна враховувати досвід інтродукції іноземних сортів, зокрема європейських. Яскравим прикладом є Польща, де після вступу до ЄС з'явилися сорти зі Спільного каталогу (ССА), що вимагало їх додаткових досліджень. Для забезпечення стабільних врожаїв ці сорти повинні були пройти не лише внесення до національного реєстру, а й додаткове постреєстраційне тестування (ПРТ) [39].

Окрім проблем адаптації до кліматичних змін, потепління також створює нові виклики у боротьбі з патогенними організмами. Одним із них є борошниста роса (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*), яка щорічно завдає посівам пшениці значної шкоди, спричиняючи втрати врожаю до 20–40%. Глобальне потепління сприяє міграції цього патогена на північ, у більш прохолодні та вологі кліматичні зони, що становить загрозу для стабільності врожаїв [40–51].

Важливе значення у підвищенні стабільності врожайності пшениці озимої м'якої має ефективна агротехніка [52]. З огляду на тривале зменшення площ, відведених під чорний пар, вибір оптимального попередника набуває особливої актуальності [53–54, 55–57]. Крім підбору попередника та підвищення посухостійкості, зміни клімату також ставлять нові вимоги до забезпечення кращої перезимівлі озимої пшениці. Зменшення кількості опадів через аридизацію клімату негативно впливає на перезимівлю, хоча єдиної думки щодо оптимального підходу до цього питання наразі не існує.

Головним чинником, що визначає строки сівби в умовах кліматичних змін, є їх перенесення на пізніші календарні періоди, проте без жорсткої прив'язки до конкретних дат. При цьому основними критеріями виступають середньодобова температура повітря, вологість ґрунту, терміни збирання попередника та готовність ґрунту до посіву [58–61]. У науковому середовищі існує думка, що саме строки сівби мають вирішальне значення для морозо- і зимостійкості озимої пшениці [62, 63]. Однак, залежність ступеня зимостійкості від строків сівби залишається дискусійним питанням: окремі дослідження вказують на те, що рослини ранніх строків сівби є більш зимостійкими завдяки накопиченню більшої кількості тепла [62, 64]; інші роботи стверджують, що краще зимують рослини, висіяні в середні строки [65]; також існують твердження, що найбільш зимостійкими можуть бути рослини, висіяні як у допустимі, так і в пізні строки [66, 67].

Дослідження, проведене у 2020 році (Пірич А. В., Юрченко Т. В. та Коляденко С. С.), виявило найбільш морозостійкі сорти пшениці м'якої озимої, серед яких: МПП Княжна, Трудівниця миронівська, Легенда Миронівська, Естафета миронівська, Вежамиронівська, МПП Дніпрянка, МПП Ассоль [68]. Розвиток рослин восени та формування морозостійкості рослин суттєво залежить від рівня яровизації [69] та фотоперіодичної чутливості [70–72]. Дослідження показали, що важливим індикатором стійкості сорту до комбінованого стресу (високі температури та посуха) є співвідношення активності фотосинтетичного апарату й урожайності рослин в стресових умовах до контрольних значень [73]. Завдяки інформації про період яровизації та фоточутливість конкретного сорту можна скоригувати строки сівби відповідно до умов вирощування. Це допомагає зменшити або уникнути пошкоджень рослин морозами, що сприяє кращому збереженню врожаю [74, 75]. Для реалізації адаптаційного потенціалу та отримання стабільного, високого й якісного врожаю необхідно підтримувати максимальну фотосинтетичну активність листя в період наливу зерна. Цей процес є генетично детермінованим і регулюється фітогормонами. Оскільки фотосинтез безпосередньо пов'язаний із вмістом хлорофілу, він також залежить від забезпечення рослин необхідними елементами живлення [76–78].

Одним зі шляхів максимізації фотосинтезу та продуктивності є розробка інноваційних технологій, спрямованих на кращу адаптацію пшениці озимої до мінливих умов навколишнього середовища. Особлива роль у цьому процесі відводиться сучасним препаратам, таким як бактеріальні добрива, стимулятори росту, гумусові та хелатні добрива. У поєднанні з оптимальними дозами мінеральних добрив, а також використанням соломи бобових або зернових культур, ці засоби можуть формувати біологізовані, екологічно безпечні системи удобрення [79–83]. Такі системи здатні підвищити стійкість рослин до хвороб і несприятливих умов, ініціювати важливі метаболічні процеси та мобілізувати резерви продуктивності [84–88].

Важливу роль у покращенні адаптивності сортів пшениці м'якої озимої відіграє генна інженерія. Так, відомо, що *Triticum aestivum* L. є алогексаплоїдом, тобто її геном складається з трьох гомеологічних субгеномів A, B і D й містить велику кількість довгих, майже ідентичних повторів. Останнє ускладнює ідентифікацію генів [89, 90]. Проте за використання біоінформаційних методів та полімеразної ланцюгової реакції доведено роль низки генів, що детермінують посухостійкість пшениці м'якої. Інтерес для майбутніх селекційних програм, пов'язаних з ідентифікацією посухостійких генотипів та виведення стабільних і високоврожайних сортів мають наступні транскрипційні фактори: *AP2/ERF*, *MYB*, *bHLH*, *NAC*, *WRKY*, *bZIP*, *HSF*, *HDZip* та *DREB* [91]. Вони підвищують стійкість рослини під час осмотичного стресу, і їхню роль в адаптації рослин пшениці м'якої до водного дефіциту, що наступним етапом наших досліджень.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Узагальнюючи, аналітичний огляд підтверджує, що для забезпечення продовольчої безпеки та стабільної врожайності пшениці м'якої озимої в умовах зміни клімату необхідний комплексний підхід, що включає вдосконалення агротехнічних прийомів, використання біологізованих систем удобрення та розширення генетичної бази селекційного матеріалу за рахунок посухостійких сортів. Особливу увагу слід приділити досягненням генної інженерії та вивченню транскрипційних факторів, які підвищують адаптивність рослин. У майбутньому, з огляду на прогнозоване розширення зони субтропічного клімату в Україні, актуальність роботи зі створення адаптивних

сортів лише зростатиме, що дозволить ефективно використовувати наявні резерви для підвищення продуктивності.

У даному аналітичному огляді систематизовано сучасні літературні дані щодо адаптивності та стабільності урожайності сортів пшениці м'якої озимої з урахуванням кліматичних змін в Україні. Узагальнено інформацію про генетичні механізми стійкості (транскрипційні фактори, що регулюють реакцію на стрес), агротехнічні заходи (строки сівби, системи удобрення, використання біопрепаратів) та досвід інтродукції зарубіжних сортів. Було акцентовано увагу на поєднанні генетичних і технологічних факторів, що дозволяє окреслити комплексний підхід до створення стійких високопродуктивних сортів, на відміну від попередніх оглядів, які розглядали лише окремі аспекти проблеми.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. FAOSTAT. Продовольча та сільськогосподарська організація Об'єднаних Націй. URL: <https://www.fao.org/faostat> (дата звернення: 14.03.2025).
2. Baumgarten A., Lapin K., Schüler S., Freudenschuss A., Grüneis H., Lexer M. J., Miloczki J., Sandén T., Schauburger G., Schaumberger A., Stumpp C., Zoboli O. Kapitel 4 Anpassungsoptionen in der Landnutzung an den Klimawandel. In: APCC Special Report: Landnutzung und Klimawandel in Österreich (APCC SR Land). Springer Spektrum, 2024. S. 217–274.
3. Бакуменко О.М., Осьмачко О. М., Власенко В. А. Комбінаційна здатність сортів пшениці озимої Крижинка та Смуглянка : Монографія. Суми, «Мрія». 2019. 194 с.
4. Nowak A., Wnuczek R. Ocena opłacalności produkcji pszenicy ozimej i jęczmienia jarego w zróżnicowanych uwarunkowaniach rynkowych. *Agronomy Science*. 2024. Vol. 79, No. 2. P. 121–133. <https://doi.org/10.24326/as.2024.5340>.
5. Baer-Nawrocka A., Kiryluk-Dryjska E. Produkcja zbóż w wybranych krajach Unii Europejskiej – uwarunkowania strukturalne i polityczne. *Journal of Agribusiness and Rural Development*. 2015. Vol. 38, No. 4. P. 122–123.
6. Gołaś Z. Rentowność produkcji pszenicy zwyczajnej w UE. *Zeszyty Naukowe SGGW w Warszawie – Problemy Rolnictwa Światowego*. 2017. Vol. 17, No. 32(2). P. 29–40. <https://doi.org/10.22630/prs.2017.17.2.24>.
7. Посівна площа озимих культур: дані за 2021–2023 роки. Державна служба статистики України. URL: <https://ukrstat.gov.ua> (дата звернення: 14.03.2025).
8. Бараболя О. В., Яновський Р. О. Врожайність сучасних сортів пшениці м'якої озимої в умовах Кіровоградської області. *Аграрні інновації*. 2023. № 21. С. 12–17. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-1.10>.
9. Базалій В., Домарацький Є., Ларченко О. Сучасний сортовий склад пшениці м'якої озимої та параметри його екологічної стійкості за різних умов вирощування (огляд літератури). *Таврійський науковий вісник*. 2018. Вип. 104. С. 11.
10. Господаренко Г. М., Любич В. В., Рябовол Я. С., Коховська І. В. Урожайність і якість зерна пшениці м'якої озимої залежно від сорту. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2021. Вип. 29. С. 144–151. <https://doi.org/10.47414/np.29.2021.244457>.
11. Лихочвор В., Демчишин А. Озима пшениця: урожайність та якість зерна різних сортів. *Пропозиція*. 2003. № 3. С. 31–33.
12. Лебідь Є. М., Рибка В. С., Шевченко М. С. [та ін.] Основні напрямки та шляхи подолання кризового стану в зерновиробництві. *Бюлетень Інституту зернового господарства*. 2003. № 21–22. С. 3–11.
13. Васильківський С. П., Паустовський В. М., Худолій О. Л. Проблема реалізації потенціалу продуктивності сучасних сортів озимої пшениці. *Аграрні вісті*. 2002. № 2. С. 6–8.

14. Коновалова В. М., Тищенко А. В., Базалій Г. Г., Фундират К. С., Тищенко О. Д., Резниченко Н. Д., Коновалов В. О., Очкала О. С. Екологічна пластичність та стабільність сортів пшениці озимої в умовах Південного Степу України (Ч. 2 – посушливі роки). Аграрні інновації. 2024. № 21. С. 154–164. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.21.23>.
15. Базалій В. В., Домарацький Є. О., Базалій Г. Г., Корхова М. М., Ларченко О. В., Кириченко Н. В., Панфілова А. В. Наукові основи селекції озимої пшениці на агроекологічну адаптивність : монографія. Миколаїв : МНАУ, 2024. 244 с.
16. Asseng S., Ewert F., Martre P., Rötter R. P., Lobell B. D., Cammarano D., Kimball B. A. та ін. Rising temperature reduces global wheat production. *Nature Climate Change*. 2015. Vol. 5. P. 143–147. <https://doi.org/10.1038/nclimate2470>.
17. Asseng S., Martre P., Maiorano A., Rötter R. P., O’Leary G. J., Fitzgerald G. J., Girousse C. та ін. Climate change impact and adaptation for wheat protein. *Global Change Biology*. 2018. Vol. 25. P. 155–173. <https://doi.org/10.1111/gcb.14481>.
18. Гамаюнова В. В., Корхова М. М., Панфілова А. В., Ларченко О. В. Пшениця озима: ресурсний потенціал та технологія вирощування : монографія. Миколаїв : МНАУ, 2021. 300 с.
19. Arora N. K. Impact of climate change on agriculture production and its sustainable solutions. *Environmental Sustainability*. Lucknow : Springer, 2019. P. 95–96. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812160-3.00007-6>.
20. Писаренко В. М., Писаренко В. В., Писаренко П. В. Управління агротехнологіями за умов посух. Полтава, 2020. 161 с.
21. Бурикiна С. І., Цуркан О. І., Таранюк А. І. Зміна кліматичних умов Причорноморського степу та продуктивність пшениці озимої. Аграрні інновації. 2021. № 9. С. 5–14. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.9.1>.
22. Svanidze M., Đurić I. Global Wheat Market Dynamics: What Is the Role of the EU and the Black Sea Wheat Exporters? *Agriculture*. 2021. Vol. 11, No. 8. P. 799. <https://doi.org/10.3390/agriculture11080799>.
23. Шлапак М. Політика з адаптації сільського господарства до змін клімату: міжнародний досвід і можливості для України. Київ, 2019. 38 с.
24. Базалій В., Бойчук І., Домарацький Є., Тетерук О. Ефективність добору форм пшениці озимої за кількісними ознаками і проблеми їх ідентифікації. Аграрні інновації. 2021. № 5. С. 108–109.
25. Трофименко О. Л., Гиль М. І., Сметана О. Ю. Генетика популяцій : підручник / за ред. проф. М. І. Гиль. Миколаїв : Видавничий дім «Гельветика», 2018. 254 с.
26. Кучечук Л. В. Світова продовольча безпека: тенденції та виклики. Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Міжнародні відносини. Економіка. Країнознавство. Туризм». 2022. № 16. С. 34–40. <https://doi.org/10.26565/2310-9513-2022-16-04>.
27. Базалій В. В. Принципи адаптивної селекції озимої пшениці в зоні Південного Степу. Херсон : Айлант, 2004. 244 с.
28. Литвиненко М. А. Реалізація потенційної продуктивності нових сортів озимої пшениці в степовій зоні України. Реалізація потенційних можливостей сортів і гібридів Селекційно-генетичного інституту в умовах України : зб. наук. пр. СГІ. Одеса, 1996. С. 6–13.
29. Шелепов В. В. та ін. Морфологія, біологія, господарська цінність пшениці. Миронівка, 2004. 524 с.
30. Домарацький Є. О., Ларченко О. В., Кириченко Н. В., Панфілова А. В., Базалій В. В. Водоутримуюча здатність та посухостійкість пшениці озимої залежно від сортового складу за незрошуваних умов зони Степу. Аграрні інновації. 2024. № 21. С. 146–153. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.21.22>.

31. Торяник В. М., Василенко М. О. Аналіз господарсько-цінних ознак вітчизняних сортів пшениці м'якої озимої як вихідного матеріалу для селекції нових високопродуктивних сортів в умовах Іванівської дослідно-селекційної станції. Слобожанський науковий вісник. 2023. Т. 1. С. 30–31. <https://doi.org/10.32782/naturalspu/2023.1.8>.

32. Ткачов В. І., Гуляєв Б. І., Ярошенко О. А., Фаткова Н. М. Спосіб оцінки посухостійкості сортів озимої пшениці за зміною коренезабезпеченості рослин. Фактори експериментальної еволюції організмів : зб. наук. пр. 2010. Т. 8. С. 255–258.

33. Pykalo S., Demydov O., Yurchenko T., Prokopik N., Kharchenko M. Comparative assessment of methods for evaluation of drought tolerance in winter bread wheat varieties. *ScienceRise: Biological Science*. 2019. No. 4(19). P. 17–21. <https://doi.org/10.15587/2519-8025.2019.186813>.

34. Prokopik N. I., Chugunkova T. V., Khomenko S. O. Estimation of drought tolerance of bread winter wheat varieties of different ecological and geographical groups under osmotic stress. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2019. № 3. <https://doi.org/10.31548/dopovidi2019.03.004>.

35. Любич В. В. Формування продуктивності пшениці м'якої озимої залежно від застосування регуляторів росту. Новітні агротехнології. 2022. Т. 10, № 1. <https://doi.org/10.47414/na.10.1.2022.264385>.

36. Маковейчук Т. І., Михальська Л. М., Швартау В. В. Вплив ретардантів – похідних циклогександіонів на продуктивність пшениці озимої. Фізіологія рослин і генетика. 2018. Т. 50, № 6. С. 499–507.

37. Позняк В. В. Ефективність застосування регулятора росту «Хлормекват-хлорид» у посівах пшениці озимої залежно від рівня удобрення. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2018. № 2. С. 177–182.

38. Ласло О. О., Олійник О. О., Гордєєва О. Ф. Вплив змін клімату на умови перезимівлі пшениці озимої: вегетаційні обробки регуляторами росту. *Podilian Bulletin Agriculture Engineering Economics*. 2024. № 43. С. 55–60. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2024-2.8>.

39. Fiedler Ž., Klejdysz T., Korbas M., Tomalak M., Strażyński P., Pruszyński G. *Metodyka integrowanej ochrony pszenicy ozimej i jarej dla doradców*. Poznań : TOTEM, 2017.

40. Pietrusińska-Radzio A., Żurek M. Wpływ mączniaka prawdziwego zbóż i traw na uprawy pszenicy w kontekście zmian klimatu. *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin*. 2024. № 301. С. 45–46.

41. Chen K., Porter J. R., Martre P., Basso B., Chapman S. C., Ewert F., Bindi M., Asseng S. Contribution of crop models to adaptation in wheat. *Trends in Plant Science*. 2017. Vol. 22. P. 472–490. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2017.02.003>.

42. Ottman M. J., Kimball B. A., White J. W., Wall G. W. Wheat growth response to increased temperature from varied planting dates and supplemental infrared heating. *Agronomy Journal*. 2012. Vol. 104. P. 7–16.

43. Rosenzweig C., Iglesias A., Yang X. B., Epstein P., Chivian E. Climate change and extreme weather events: implications for food production, plant disease, and pests. *Global Change and Human Health*. 2011. Vol. 2. P. 90–104.

44. Savary S., Nelson A., Sparks A. H., Willocquet L., Duveiller E., Mahuku G., Forbes G. та ін. International agricultural research tackling the effects of global and climate changes on plant diseases in the developing world. *Plant Disease*. 2011. Vol. 95. P. 1204–1216. <https://doi.org/10.1094/PDIS-04-11-0316>.

45. Simeone R., Piarulli L., Nigro D., Signorile M. A., Blanco E., Mangini G., Blanco A. Mapping powdery mildew (*Blumeria graminis* f. sp. tritici) resistance in wild and cultivated tetraploid wheats. *International Journal of Molecular Sciences*. 2020. Vol. 21, No. 21. Article 7910. <https://doi.org/10.3390/ijms21217910>.

46. Singh R. P., Prasad P. V. V., Reddy K. R. Climate change: implications for stakeholders in genetic resources and seed sector. *Advances in Agronomy*. 2015. Vol. 129. P. 117–180. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2014.09.002>.
47. Tang X., Cao X., Xu X., Jiang Y., Lou Y., Ma Z., Fan J., Zhou Y. Effects of climate change on epidemics of powdery mildew in winter wheat in China. *Plant Disease*. 2017. Vol. 101. P. 1753–1760. <https://doi.org/10.1094/PDIS-02-17-0168-RE>.
48. Thomas C. D., Cameron A., Green R. E., Bakkenes M., Beaumont L. J., Collingham Y. C., Erasmus B. F. N. та ін. Extinction risk from climate change. *Nature*. 2004. Vol. 427. P. 145–148. <https://doi.org/10.1038/nature02121>.
49. Vollset S. E., Goren E., Yuan C. W., Cao J., Smith A. E., Hsiao T., Bisignano C. та ін. Fertility, mortality, migration, and population scenarios for 195 countries and territories from 2017 to 2100: a forecasting analysis for the global burden of disease study. *The Lancet*. 2020. Vol. 396, No. 10258. P. 1285–1306. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30677-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30677-2).
50. Wheeler T., von Braun J. Climate change impacts on global food security. *Science*. 2013. Vol. 341. P. 508–513. <https://doi.org/10.1126/science.1239402>.
51. Xiao Y., Wang M., Song Y. Abiotic and biotic stress cascades in the era of climate change pose a challenge to genetic improvements in plants. *Forests*. 2022. Vol. 13, No. 5. Article 780. <https://doi.org/10.3390/f13050780>.
52. Zou Y., Qiao H., Cao X., Liu W., Fan J., Song Y., Wang B., Zhou Y. Regionalization of wheat powdery mildew overwintering in China based on digital elevation. *Journal of Integrative Agriculture*. 2018. Vol. 17, No. 4. P. 901–910. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(17\)61851-3](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(17)61851-3).
53. Kottmann L., Hegewald H., Feike T., Lehnert H., Keilwagen J., von Hörsten D., Grief J. M., Wegener J.-C. Optimierung der Anbaufläche im Getreideanbau durch Platzgleichheit. *Zeitschrift für Kulturpflanzen*. 2019. Vol. 71, No. 4. P. 90–94. <https://doi.org/10.5073/JfK.2019.04.03>.
54. Papchenko, V., Stepankova, G., Karatieieva, O., Bakumenko, O., Melnyk, A., Horbas, S. Determining The Effect Of Raw Materials Moisture And Lipid Content On The Technological Properties Of The Extruded Protein-Fat System. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2023, 4(11(124)), С. 37–46.
55. Usova N. N., Solodushko M. M., Romanenko O. L. Influence of predecessors and mineral nutrition on crop yield and grain quality of winter wheat. *The Scientific Journal Grain Crops*. 2018. Vol. 2, No. 2. P. 281–286. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0037>.
56. Разанов С. Ф., Ткачук О. П. Якість та екологічна безпека зерна озимої пшениці, вирощеної після бобових попередників. *Агробіологія*. 2018. № 1. С. 27–34.
57. Ткачук О. П. Особливості вегетації агрофітоценозів пшениці озимої після попередників бобових багаторічних трав. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2021. Вип. 98, ч. 1. С. 150–162.
58. Гуцол Г. В., Овчарук І. І. Обґрунтування строків сівби пшениці озимої в умовах глобального потепління. *Аграрні інновації*. 2023. № 18. С. 41–44. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.18.5>.
59. Tkachuk O., Kravets R. Phytosanitary state of the agroecosystem of winter wheat depending on the predecessors of perennial leguminous grasses. *Сільське господарство та лісівництво*. 2022. № 25(2). С. 143–151.
60. Ткачук О. П. Еколого-економічна та біоенергетична оцінка технологій вирощування пшениці озимої після бобових багаторічних трав. *Зернові культури*. 2022. Т. 6, № 1. С. 124–132.
61. Razanov S. F., Tkachuk O. P., Bakhmat O. M., Razanova A. M. Reducing danger of heavy metals accumulation in winter wheat grain which is grown after leguminous perennial precursor. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. Vol. 10, No. 1. P. 254–260.
62. Бутенко А. О., Бакуменко О. М. Вплив строків сівби та сортових особливостей на продуктивність і якість зерна озимої пшениці. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. Суми, 2011. «Агрономія і біологія», № 4. С. 88–91.

63. Танчик С. П., Мокрієнко В. А., Моторний В. А. Вплив строків сівби на особливості формування зимостійкості та продуктивності у рослин пшениці озимої в Правобережному Лісостепу України. Наукові доповіді НУБіП. 2013. № 4(40). URL: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2013_4/8.pdf.

64. Хахула В. С., Василюк П. М., Каражбей Г. М., Гринів С. М., Уліч Л. І., Соколюк Л. П. Реакція пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.) на тривалість вимушеного спокою і час відновлення весняної вегетації. Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. 2013. № 2. С. 31–35.

65. Tkachuk V., Tymoschuk T. Influence of terms of sowing on the productivity of winter wheat. Вісник аграрної науки. 2020. Т. 98, № 3. С. 38–44. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202003-05>.

66. Кучеренко О. М., Хоменко Л. О., Ковалишина Г. М., Кочмарський В. С. Вплив змін клімату на особливості морфологічного аналізу при оцінці стану перезимівлі пшениці м'якої озимої. Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. 2014. № 2. С. 19–22.

67. Сайко В. Ф., Грицай А. Д., Гордецька С. П. Озимі зернові культури. Наукові основи ведення зернового господарства. Київ : Урожай, 1994. С. 228–242.

68. Уліч Л. І., Бочкарьова Л. П. Вдосконалення діагностики стійкості сортів озимих культур до абіотичних факторів зовнішнього середовища. Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. 2010. № 2(12). С. 45–50.

69. Пірич А. В., Юрченко Т. В., Коляденко С. С. Морозостійкість пшениці м'якої озимої та її зв'язок з морфологічними особливостями. Агробіологія. 2020. № 2. С. 124–131.

70. Литвиненко М. А. Створення сортів пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.), адаптованих до змін клімату на півдні України. 36. наук. пр. СГП – НЦНС. 2016. Вип. 27(67). С. 36–53.

71. Зубрич О. І., Авксентьєва О. О. Вплив фотоперіоду на морфогенетичні процеси у ізогенних за генами Ppd ліній пшениці м'якої. Фактори експериментальної еволюції організмів. 2019. Т. 24. С. 302–307.

72. Gorash A., Armoniene R., Liatucas Z., Brazauskas G. The relationship among freezing tolerance, vernalization requirement, Ppd alleles and winter hardiness in European wheat cultivars. The Journal of Agricultural Science. 2017. Vol. 155, No. 9. P. 1353–1370. <https://doi.org/10.1017/S0021859617000521>.

73. Свідерко М. С., Шувар А. М., Ткаченко Л. Ю. та ін. Фотосинтетична продуктивність рослин озимої пшениці залежно від строків сівби й умов живлення. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2015. Вип. 58(II). С. 90–97.

74. Kedruk A. S., Kiriziy D. A., Prjadkina G. O. та ін. Response of the photosynthetic apparatus of winter wheat varieties to the combined action of drought and high temperature. Фізіологія рослин і генетика. 2021. Т. 53, № 5. С. 387–405. <https://doi.org/10.15407/frg2021.05.387>.

75. Пірич А. В., Булавка Н. В., Юрченко Т. В. Фотоперіодична чутливість та яровизаційна потреба сортів пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.) міжнародної селекції. Зернові культури. 2018. Т. 2, № 2. С. 261–266.

76. Amanov O. A., Juraev D. T., Dilmurodov S. D. Dependence of growth period, yield elements and grain quality of winter bread wheat varieties and lines on different soil and climate conditions. Annals of the Romanian Society for Cell Biology. 2021. Vol. 25, No. 6. P. 5146–5164.

77. Стасик О. О., Кірізій Д. А. Регуляторні зв'язки і лімітувальні чинники в системі фотосинтезу – продукційний процес та перспективи їх оптимізації. Фізіологія та біохімія культурних рослин. 2011. Т. 43, № 3. С. 226–238.

78. Стасик О. О., Кірізій Д. А., Прядкіна Г. О. Фотосинтез і продуктивність: основні наукові досягнення та інноваційні розробки. Фізіологія рослин і генетика. 2021. Т. 53, № 2. С. 160–184.

79. Kuiper P. J. Adaptation mechanisms of green plants to environmental stress: The role of plant sterols and the phosphatidyl linolenoyl cascade in the functioning of plants and the response of plants to global climate change. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1998. Vol. 851, No. 1. P. 209–215.
80. Мірошниченко І. М., Панфілова А. В., Корхова М. М., Ларченко О. В. Зміни елементного складу рослин пшениці озимої за дії Мегафолу та ретардантів. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2017. Т. 3, № 8. С. 403–409.
81. Найдьонова О. Є. Застосування гумінового препарату Humin plus в органічному землеробстві. *Вісник Харківського національного аграрного університету імені В. В. Докучаєва. Серія: Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія ґрунтів*. 2015. № 2. С. 39–50.
82. Стасик О. О., Кірізій Д. А., Прядкіна Г. О. Фотосинтез та продуктивність сільськогосподарських рослин. *Фізіологія рослин та генетика*. 2016. Т. 48, № 3. С. 232–251.
83. Шакалій С. М. Якість зерна пшениці м'якої озимої за використання позако-реневого підживлення в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Наукові доповіді НУБіП*. 2017. № 1. С. 76–84.
84. Araus J. L., Sanchez-Bragado R., Vicente R. Improving crop yield and resilience through optimization of photosynthesis: panacea or pipe dream? *Journal of Experimental Botany*. 2021. Vol. 72, No. 11. P. 3936–3955.
85. Kutasy E., Csajbók J., Borbély E. H. Relations between yield and photosynthetic activity of winter wheat varieties. *Cereal Research Communications*. 2005. Vol. 33, No. 1. P. 173–176.
86. Zimmermann B., Schulz R., Müller J. та ін. Mineral-ecological cropping systems – a new approach to improve ecosystem services by farming without chemical synthetic plant protection. *Agronomy*. 2021. Vol. 11, No. 9. P. 1710–1741.
87. Hudeček M., Fischerová D., Ondřej V. та ін. Plant hormone cytokinin at the crossroads of stress priming and control of photosynthesis. *Frontiers in Plant Science*. 2023. Vol. 13. Article 1103088. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1103088>.
88. Гамаюнова В. В., Литовченко А. О. Реакція сортів пшениці озимої на фактори та умови вирощування в зоні Степу України. *Вісник Харківського національного аграрного університету імені В. В. Докучаєва. Серія: Рослинництво, селекція і насінництво, плодовоовочівництво і зберігання*. 2017. № 1. С. 43–52.
89. Дегодюк С. Е., Літвінова О. А., Кириченко А. В. Баланс поживних речовин за тривалого застосування добрив у зернопросапній сівозміні. *Вісник аграрної науки*. 2014. № 7. С. 16–19.
90. Sharuk J. A., Chebotar S. V. Genes determining drought resistance of common wheat (*Triticum aestivum* L.). *Вісник українського товариства генетиків і селекціонерів*. 2025. Т. 22, № 1–2. С. 67–80. <https://doi.org/10.7124/visnyk.utgis.22.1-2.1702>.
91. Vlasenko V.A., Bakumenko O.M., Osmachko O.M., Burdulaniuk A.O., Tatarynova V.I., Demenko V.M., Rozhkova T.O., Yemets O.M., Bilokopytov V.I., Horbas S.M., Meng Fanhua, Zhou Qian. Ecological plasticity and adaptability of Chinese winter wheat varieties (*Triticum aestivum* L.) under the conditions of North-East forest steppe of Ukraine *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018. v. 8, n. 4. P. 114–121.
92. Liu M., Wang Z., Xiao H. M., Yang Y. Characterization of TaDREB1 in wheat genotypes with different seed germination under osmotic stress. *Hereditas*. 2018. Vol. 155, No. 1. Article 6. <https://doi.org/10.1186/s41065-018-0064-6>.

Дата першого надходження рукопису до видання: 17.09.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 23.10.2025

Дата публікації: 05.12.2025