

УДК 633.111:631.559/.576.3:631.95: 631.53.01
DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.145.1.18>

УРОЖАЙНІСТЬ, ЯКІСТЬ ЗЕРНА ТА ПОСІВНІ ВЛАСТИВОСТІ НАСІННЯ СОРТІВ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ПОГОДНИХ ПОГОДНИХ УМОВ ВИРОЩУВАННЯ

Коваль Д.О. – аспірант кафедри селекції, насінництва і генетики,
Навчально-науковий інститут агротехнологій, селекції та екології
Полтавського державного аграрного університету
orcid.org/0009-0002-3514-463x

Копелець Б.В. – аспірант кафедри селекції, насінництва і генетики,
Навчально-науковий інститут агротехнологій, селекції та екології
Полтавського державного аграрного університету
orcid.org/0009-0001-8957-3141

Кулик М.І. – д.с.-г.н.,
професор кафедри селекції, насінництва і генетики,
Полтавський державний аграрний університет
orcid.org/0000-0003-0394-5846

З метою встановлення закономірностей формування продуктивного потенціалу якісного зерна й насіння сортів пшениці озимої було проведено експеримент у виробничих умовах центральної частини Лісостепу. Під час закладки експерименту й проведення польових досліджень використовували відповідні методики та рекомендації. Обрахунок отриманих результатів здійснювали за допомогою програми Статистика. Метеріалом для дослідження були три зареєстровані сорти пшениці озимої м'якої: Богдана, Щедрість Одеська та Шестопалівка. Дані сорти вирощували відповідно загальноприйнятої агро-технології протягом трьох років, що мали різні погодні умови у весняно-літній вегетаційний період. Це підтверджено гідро-термічним коефіцієнтом весняно-літньої вегетації пшениці (ГТК): для 2023 року – умови близькі до оптимальних, 2024 рік – посушливий, а 2025 рік – сприятливий для вегетації рослин.

Встановлено, що найбільшу врожайність в умовах агровиробництва порівняно з іншими сортами формували сорти пшениці озимої Шестопалівка (у середньому за три роки – 5,8 т/га), а найменшу – сорти Богдана та Щедрість одеська (відповідно 5,3 і 5,4 т/га). При цьому визначено, що сприятливі умови, за ГТК періоду весняно-літньої вегетації пшениці озимої збільшують даний показник, а посушливі – навпаки, призводять до його зниження. Обернена залежність спостерігалася із якістю зерна за показником ГТК: зниження цього показника в період формування і наливу зерна призводило до збільшення вмісту білка в зерні, а збільшення ГТК до 1,0 – суттєво знижувало якість зерна.

Визначено обернений кореляційний зв'язок між посівними якостями насіння пшениці озимої та ГТК періоду формування і наливу зерна. Тобто, оптимальні і сприятливі погодні умови матимуть вплив на поліпшення схожості насіння у порівнянні із посушливими. Що характерно для усіх досліджуваних сортів пшениці озимої.

Висновки. Встановлено, що найбільшу врожайність сорти пшениці озимої формували в умовах періоду весняно-літньої вегетації за ГТК на рівні або більше 1,0, з найбільшим значенням у сорту Шестопалівка. За якістю продовольчого зерна виокремлено сорт Богдана в умовах посушливого 2024 року (ГТК < 0,4). Визначено сильний обернений кореляційний зв'язок між посівними якостями насіння пшениці озимої (чистота та лабораторна схожість) та ГТК періоду «молочна» та «тістоподібна» стиглості зернівки, та послаблення зв'язку періоду його «воскової» стиглості.

Перспективи подальших досліджень полягатимуть у визначенні впливу умов вирощування на вихід насіння та особливості його проростання, що формувалося у різних умовах періоду формування і наливу зернівки пшениці озимої та у залежності від системи удобрення посівів.

Ключові слова: пшениця озима м'яка, сорти, урожайність, зерно, вміст білка, схожість насіння, кореляція.

Koval D.O., Kopelets B.V., Kulyk M.I. Yield, grain quality and sowing properties of winter wheat varieties depending on weather conditions

An experiment was conducted under production conditions in the central part of the Forest-Steppe zone to determine the patterns of productive potential formation of high-quality grain and seeds of winter wheat varieties. During the experiment and field studies, appropriate methods and recommendations were used. The results obtained were calculated using the Statistics programme. The study material included three registered varieties of soft winter wheat: Bohdana, Shchedrist Odeska and Shestopalivka. These varieties were cultivated in accordance with generally accepted agricultural practices over three years, with varying weather conditions during the spring-summer growing season. This is confirmed by the hydrothermal coefficient (HTC) of spring-summer wheat vegetation: in 2023, conditions were close to optimal, 2024 was dry, and in 2025 conditions were favorable for plant growth.

It was established that the highest yield in agricultural production compared to other varieties was produced by the Shestopalivka winter wheat variety (an average of 5.8 t/ha over three years). In contrast, the lowest yields were observed for the varieties Bohdana and Shchedrist Odeska (5.3 and 5.4 t/ha, respectively). It was found that favorable conditions, according to HTC, during the spring-summer growing season increase this indicator, while dry conditions, on the contrary, lead to its decrease. An inverse relationship was observed with grain quality according to the HTC indicator: this indicator reduction during the formation and filling of the grain led to an increase in the protein content in the grain, while an increase in HTC to 1.0 significantly reduced grain quality.

An inverse correlation was established between the sowing qualities of winter wheat seeds and the hydrothermal coefficient (HTC) during grain formation and filling. In other words, optimal and favorable weather conditions will positively affect seed germination compared to dry conditions. This pattern is characteristic of all studied winter wheat varieties.

Conclusions. It was established that the highest yield of winter wheat varieties was formed during the spring-summer growing period when the hydrothermal coefficient (HTC) was at or above 1.0, with the highest value for the variety Shestopalivka. Regarding food grain quality, the variety Bohdana stood out under the dry conditions of 2024 ($HTC < 0.4$). A strong inverse correlation was identified between the sowing qualities of winter wheat seeds (seed purity and laboratory germination) and the HTC during the 'milky' and "doughy" stages of grain maturity, with a weakening of this relationship observed during the wax maturity stage.

Prospects for further research will focus on determining the influence of growing conditions on seed yield and germination characteristics of seeds formed under different conditions during the grain formation and filling of winter wheat, depending on the crop fertilization system.

Key words: soft winter wheat, varieties, yield, grain, protein content, seed germination, correlation.

Постановка проблеми. Пшениця озима – найбільш поширена сільськогосподарська культура як в Україні, так і в світі. Виробництво споживчих продуктів із зерна пшениці досить різноманітне, що обумовлює її продовольчу значущість. Так, станом на 2024 рік в Україні було отримано 22,4 млн тон озимої та ярої пшениці з площ майже 5 млн. га. При цьому середня врожайність зерна становила 4,6 т/га [1].

Обсяг виробництва зерна пшениці та його якість залежить як від регульованих чинників – агрозаходів, так і від нерегульованих, або слабо регульованих – погодних умов [2–4]. Значні площі посіву за посередньої урожайності культури та потреби забезпечення продовольчої безпеки України, на фоні змін клімату, обумовлюють необхідність пошуку шляхів збільшення врожайності й поліпшення якості зерна пшениці озимої. Саме вивченню цього питання і присвячена дана публікація.

Актуальність досліджень з вивчення впливу погодних умов на врожайність, якість зерна та насіння пшениці озимої в Україні зумовлюється рядом чинників. Передусім – це продовольча безпека та можливість отримати значний обсяг якісного зерна для продовольчих цілей. По-друге – спроможність аграріїв забезпечити себе якісним насінням для закладки власних товарних посівів цієї культури.

Таким чином вивчення питань відповідно обраної тематики є актуальними та нагальними на сьогодні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Врожайність пшениці озимої значною мірою визначається як агротехнологією й сортовими властивостями, так і погодними умовами. Ці чинники впливають на всі етапи її росту й розвитку рослин пшениці – від сходів до формування та наливу зерна [5–7]. Науковці відзначають, що **температурний режим, рівень вологозабезпечення та кількість сонячної радіації** є ключовими факторами, які формують потенціал урожайності зернових, в т.ч. і пшениці озимої [8, 9].

За даними досліджень Р. R. Shewry визначено, що оптимальна температура для росту й розвитку пшениці коливається в межах 15–20 °С. Водночас, підвищення температури під час колосіння та наливу зерна негативно впливає на якість зерна та врожайність. Встановлено, що високі температури призводять до скорочення періоду наливу зерна пшениці та зниження вмісту білка в ньому [10].

Дослідженнями Н. Zhao разом із співавторами встановлено, що **водний дефіцит** під час критичних фаз росту й розвитку пшениці (кущення, вихід у трубку, колосіння) значно знижує продуктивність рослин. Що пов'язують із зменшенням асиміляційної поверхні листків і порушенням водного балансу рослин. Автори акцентують увагу на важливості раціонального використання зрошення для підвищення ефективності виробництва продукції зернових [11].

Результати українських науковців підтверджують, що **рівень опадів упродовж весняно-літнього періоду** визначає формування врожаю в більшій мірі, ніж удобрення чи обробіток ґрунту. При цьому, нестача вологи у фазах «колосіння–налив» зерна може суттєво знизити врожайність [12, 13].

Сучасні моделі прогнозування потенціалу продуктивності зернових культур свідчать, що поєднання метеорологічних даних та фенологічних спостережень дозволяє досить точно оцінювати майбутню врожайність пшениці озимої. Це дає змогу адаптувати технологію вирощування пшениці до умов змін клімату, що спостерігаються на сьогодні [14].

Вивчення впливу погодних умов на формування показників якості зерна пшениці присвячені праці українських та зарубіжних вчених [15–17].

Температурний режим у критичні періоди розвитку рослин є одним із головних чинників, що впливають на якість зерна. Підвищені температури повітря у фазі наливу зерна призводять до скорочення його тривалості, зменшення маси 1000 зерен та погіршення натури зерна. Дослідженнями авторів доведено, що під час теплового стресу концентрація білка у зерні може зростати, однак це супроводжується зниженням врожайності, а отже, й загального збору білка з площі. Крім того, температурний чинник періоду формування та наливу зернівки впливає на співвідношення білкових фракцій, зменшуючи частку глютенінів, що негативно відображається на хлібопекарських властивостях борошна [18, 19].

Посуха у фазі наливу зерна знижує синтез і транспортування крохмалю до ендосперму, внаслідок чого зерно стає дрібнішим, зменшується натура і якість. Натомість надмірне зволоження в період досягання може спричиняти погіршення якості через розвиток хвороб, зокрема фузаріозу колосу пшениці. Поряд з цим, автори стверджують, що застосування зрошення дозволяє стабілізувати фізіологічні процеси та формування більш вирівняного зерна з високим вмістом білка і клейковини у порівнянні з богарними умовами вирощування культури [20].

Цю думку підтвердили інші автори, які встановили, що одночасний вплив підвищених температур повітря і дефіциту вологи в ґрунті призводить до зниження

ваговитості зерна. При цьому відмічають порушення крохмалевого синтезу (зниження активності AGPase і *amyl-synthase*) за одночасного зростання загальних білків та амінокислот. Цю особливість автори пов'язують із проявом адаптації рослин до стресу [21].

Шведські дослідження науковців показують, що тривалий тепловий стрес, особливо у поєднанні з посухою, збільшує полімеризацію білків (UPP, LUPP) на фоні зниження врожайності. Що, поряд із збереженням глютенної стабільності зерна робить частину генотипів пшениці озимої перспективними для селекції на стійкість до умов зовнішнього середовища [22].

За умов зростання концентрації CO₂ відзначається тенденція до зниження вмісту білка у зерні. Що відбувається завдяки розбавленню вуглеводами азотних сполук запасних речовин зернівки. Це явище може посилюватися під впливом високих температур. Тобто, контрастні погодні умови, на фоні змін клімату, створюють ризик зниження якості зерна пшениці [23, 24].

Як відомо, якість насіння пшениці формуються у тісному взаємозв'язку між генетичними особливостями сорту, агротехнологічними заходами та погодними умовами під час цвітіння, наливу та достигання зерна.

За вивчення впливу погодних умов на формування якості насіння пшениці озимої вчені встановили, що оптимальна температура в період після цвітіння й запліднення забезпечує нормальне наповнення ендосперму і розвиток зародку. Короткочасні підвищені температури повітря (>30–35 °C) під час наливу зернівки прискорюють її достигання, зменшують тривалість синтезу крохмалю та білків, що призводить до зниження маси насінин і їхньої життєздатності [25]. За надмірної спеки також відмічають зменшення енергії проростання та підвищену чутливість насіння до старіння [26].

Визначено, що достатній рівень сонячної радіації забезпечує синтез вуглеводів і білків, проте її надлишок у поєднанні з високими температурами викликає фотострес і підвищене випаровування вологи. Це може впливати на фізіологічний стан насіння та його здатність зберігати посівні властивості протягом тривалого часу [27].

Рівень ґрунтової вологи і кількість опадів у фазах наливу та достигання мають вплив на якість насіння пшениці. Посуха зумовлює зменшення розмірів насінин і порушення фізіологічних процесів формування зародку [28]. Надлишок опадів під час достигання зернівки підвищує ураженість рослин мікотоксинами й знижує схожість насіння [29].

Різні сорти пшениці проявляють неоднакову стійкість до стресових умов вирощування. Встановлено, що генотипи з більш розвинутою кореневою системою та стійкістю до абіотичних чинників формують насіння з кращою життєздатністю навіть у посушливі роки [30].

Таким чином, аналіз літератури підтверджує, що погодні умови, поряд з генотипними особливостями сорту та елементами агротехнологій є визначальним чинником формування врожайності та якості зерна пшениці озимої. З-поміж яких виокремлюють: температурний режим у фазах цвітіння, формування і наливу зернівки, забезпеченість рослин вологою під час формування зерна; екстремальні явища зимово-весняного періоду та ін. Ці ж чинники впливають і на посівні якості насіння пшениці озимої, що пов'язують з умовами в яких формувало насіння на материнській рослині. Тому, у зв'язку з тенденціями змін клімату актуальним питанням є дослідження взаємодії погодних факторів і генетичних особливостей сортів для забезпечення стабільного виробництва зерна з відповідною якістю.

Мета дослідження – установити вплив погодних умов весняно-літньої вегетації на врожайність та якість зерна, а також посівні властивості насіння сортів пшениці озимої.

Постановка завдання. Польовий дослід, згідно методики дослідної справи агрономії [31, 32] було проведено в умовах ФГ «Покрова-2006». Агрозосподарство територіально знаходиться в Полтавській області – центральній частині Лісостепу України. Ґрунти господарства – чорноземи типові, середньо-гумусні.

Протягом весняно-літнього періоду вирощування пшениці озимої відмічали контрастність погоди, що охарактеризовані за показником гідро-термічного коефіцієнта – ГТК (рис. 1).

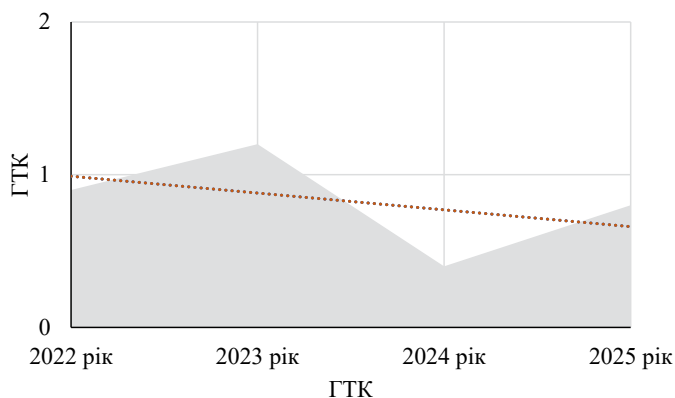


Рис. 1. Динаміка зміни ГТК за весняно-літній вегетаційний період пшениці озимої (квітень-липень) та в Полтавській області, 2023–2025 рр.

Відповідно проведених спостережень визначено, що у 2024 році зафіксовано мінімальну суму опадів протягом весняно-літньої вегетації пшениці. В цей період спостерігалась сильна посуха. Гідротермічний коефіцієнт (ГТК) у середньому за цей період становив 0,35. У оптимальному 2025 році, ГТК був на рівні 0,8, а у сприятливому 2023 році він становив 1,2.

У 2023 році були доволі сприятливі погодні умови для вегетації пшениці. Середньомісячна температура повітря в травні становила 15,4 °С. Висока середньомісячна температура повітря була з червня по серпень. Розподіл опадів був оптимально сприятливим. Так, в червні та липні випало відповідно 35,5 й 54,9 мм.

В умовах посушливого 2024 року, травень і червень місяці були жаркими. Липень побив усі рекорди за температурним чинником, він відрізнявся значним підвищенням температури повітря – на 5,8 °С вище середньо багаторічної. В цілому 2024 рік був дуже посушливим, особливо в період формування і наливу зерна.

На виробничих посівах три сорти пшениці озимої розміщували в межах чотирьох повторень систематичним методом. При цьому облікова площа кожної ділянки становила 100 м².

Агротехніка в дослідях – загальноприйнята для регіону вирощування пшениці озимої [33, 34].

Збір врожаю проводили шляхом подільного обмолоту, зважування зерна та послідовного перерахунку на 14,0 % вологість.

Якість зерна визначали в лабораторії якості зерна за вмістом білка й клейковини [35–37], посівні якості насіння – відповідно ДСТУ [38].

Результати досліджень обраховували за допомогою дисперсійного аналізу з визначенням НІР при 5-ти % рівні значущості, також застосовували кореляційний аналіз [39, 40].

Виклад основного матеріалу дослідження. Урожайність зерна пшениці озимої в розрізі досліджуваних сортів і років на виробничих посівах різнилася: від 4,5 до 6,7 т/га (табл. 1, рис. 2).

Таблиця 1

Урожайність зерна пшениці озимої, 2023–2025 рр.

Сорт	Рік			Середнє за сортами
	2023	2024	2025	
Щедрість одеська	6,3	4,5	5,1	5,3
Богдана	6,4	4,6	5,3	5,4
Шестопалівка	6,7	4,9	5,8	5,8
Середнє за роком	6,5	4,7	5,4	5,5

$НІР_{05}$ (Чинник А) 0,57

$НІР_{05}$ (Чинник Б) 0,21

$НІР_{05}$ (Чинник А і Б) 0,11

Встановлено, що найбільшу врожайність зерна забезпечує сорт пшениці озимої в умовах 2023 року (6,3–6,7 т/га), середнє за сортами – 6,5 т/га, а найменшу – в умовах посушливого 2024 року – від 4,5 до 4,9 т/га за середнього значення по сортам на рівні 4,7 т/га (рис. 2).

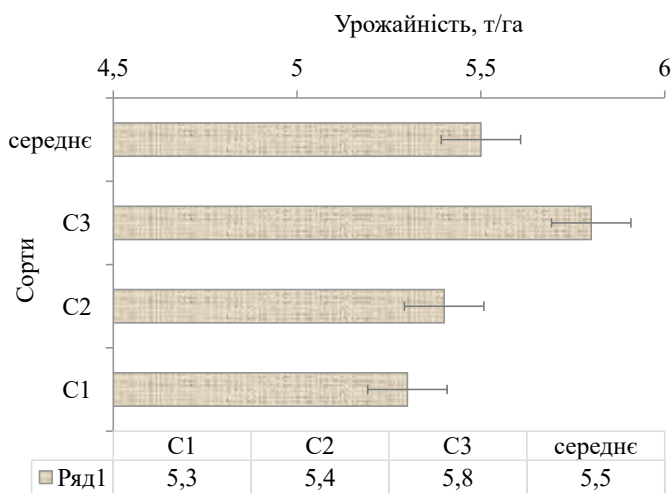


Рис. 2. Урожайність зерна пшениці озимої, середнє за 2023–2025 рр.

Примітка: Сорт1 – сорт пшениці озимої Щедрість одеська, Сорт2 – сорт пшениці озимої Богдана, C3 – сорт пшениці озимої Шестопалівка.

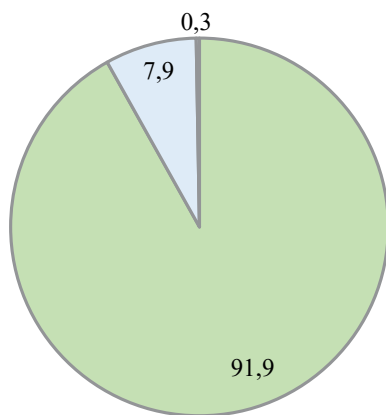
У середньому за три роки, високу врожайність формував сорт пшениці озимої Шестопалівка (5,8 т/га), істотно меншу – сорти Богдана та Щедрість одеська (відповідно 5,3 і 5,4 т/га) за HP_{05} 0,21. Це знайшло підтвердження у таблиці дисперсійного аналізу (табл. 2).

Таблиця 2

**Результати дисперсійного аналізу даних врожайності
пшениці озимої, 2023–2025 рр.**

Показники	SS	Degr. of – Freedom	MS	F	p
Intercept	1090,10	1	1090,10	250491,10	< 0,05
Чинник А (рік)	19,16	2	9,58	2201,40	< 0,05
Чинник Б (сорт)	1,64	2	0,82	188,10	< 0,05
Взаємодія А і Б	0,11	4	0,03	6,60	< 0,05
Помилка	0,12	27	0,004		

Визначено частки впливу факторів на врожайності зерна пшениці озимої за роки проведення досліджень (рис. 3).



■ Чинник А (рік) ■ Чинники Б (сорт) ■ Чинник А і Б (рік і сорт)

*Рис. 3. Частки впливу факторів на врожайності
зерна пшениці озимої, 2023–2025 рр.*

Відповідно отриманих даних встановлено чіткий вплив погодних умов року на врожайності сортів пшениці озимої за роки дослідження (2023–2025 рр.), частка впливу – на рівні 91,9 %, вплив сорту – лише 7,9 %, а взаємодія чинників – 0,3 %.

Якість зерна, отриманого з виробничих посівів пшениці в умовах років дослідження була різною: для 2023 року – на рівні четвертого класу, у 2024 році – другий-третій клас, та у 2025 році – на рівні третього класу. Встановлено, що вміст білка в зерні сортів пшениці озимої значною мірою залежав від погодних умов за

ГТК періоду формування й наливу зерна та коливався в межах – від 13,1 до 13,8 % (рис. 4, табл. 3).

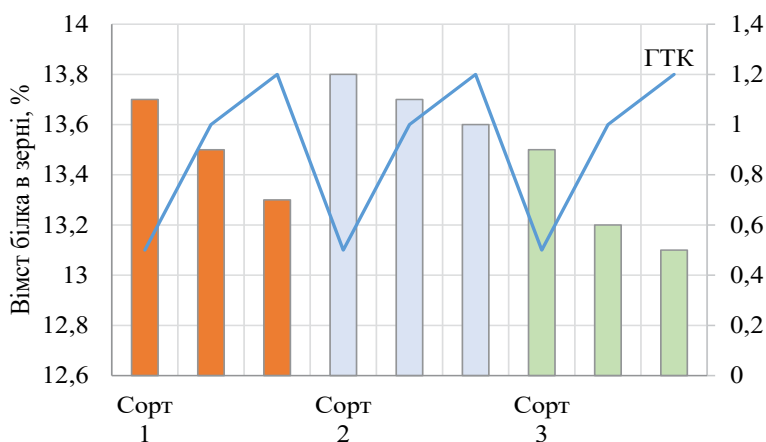


Рис. 4. Вміст білка в зерні сортів пшениці озимої залежно від ГТК періоду формування і наливу зерна, 2023–2025 рр.

Примітка: Сорт1 – сорт пшениці озимої Щедрість одеська, Сорт2 – сорт пшениці озимої Богдана, С3 – сорт пшениці озимої Шестопалівка.

Так, в умовах 2023 року за ГТК періоду формування і наливу зернівки на рівні 1,2 вміст білка в зерні був у межах – від 13,2 до 13,5 %, у 2024 році (ГТК 0,4) істотно вищий – від 13,5 до 13,8 %, в умовах 2025 року (ГТК 0,8) – понижений з варіюванням від 13,1 до 13,6 %. Тобто, ГТК менше 0,5 поліпшує даний показник якості, а на рівні або більше 1,0 – знижує вміст білка в зерні пшениці озимої. Що характерно для усіх сортів, що були залучені у дослідження.

Щорічно отримуване зерно пшениці озимої, частина якого йшла на продовольчі цілі, а частина – для сівби (насінний матеріал), мали різний вихід насіння та характеристики за посівними якостями.

Відповідно проведеного кореляційно-регресійного аналізу визначено, що чистота насіння та його лабораторна схожість мала кореляційний зв'язок різної сили із ГТК періоду формування і наливу зерна сортів пшениці озимої (табл. 3–4).

Таблиця 3

Коефіцієнти кореляції (r) між чистотою насіння і ГТК періоду формування і наливу зерна пшениці озимої, 2023–2025 рр.

Сорт	ФЗ	НЗ	ЕСЗ		
			мс	тс	вс
Щедрість одеська	-0,32	-0,35	-0,82	-0,74	-0,11
Богдана	-0,30	-0,37	-0,85	-0,75	-0,10
Шестопалівка	-0,34	-0,31	-0,85	-0,74	-0,02

Примітка: ФЗ – формування зернівки, НЗ – наливання зернівки, ЕСЗ – етапи стиглості зернівки: мс – молочна стиглість, тістоподібна стиглість, воскова стиглість.

На показник чистоти насіння ГТК періоду формування зернівки сортів пшениці озимої впливав середньою мірою, а в періоді наливу зернівки на етапах молочної й тістоподібної стиглості насіння – отримали обернений сильний кореляційний зв'язок. Що пов'язуємо із збільшенням розміру насінини та кількості квіткових лусок у сприятливі роки за підвищеного ГТК, та їх зменшенням – у посушливі. Це відповідним чином впливало на кількість домішок у насінній партії, та обумовлювало рівень чистоти насіння пшениці озимої.

Таблиця 4

Коефіцієнти кореляції (r) між лабораторною схожістю насіння і ГТК періоду формування і наливу зерна пшениці озимої, 2023–2025 рр.

Сорт	ФЗ	НЗ	ЕСЗ		
			мс	тс	вс
Щедрість одеська	-0,53	-0,47	-0,42	-0,31	-0,21
Богдана	-0,51	-0,45	-0,43	-0,32	-0,19
Шестопалівка	-0,48	-0,37	-0,55	-0,34	-0,23

Примітка: ФЗ – формування зернівки, НЗ – наливання зернівки, ЕСЗ – етапи стиглості зернівки: мс – молочна стиглість, тістоподібна стиглість, воскова стиглість.

Показник лабораторної схожості насіння мав обернену кореляцію середньої сили з ГТК періоду формування і наливу зернівки, яка послаблювалася на етапі воскової стиглості. Що було характерно для усіх сортів пшениці, які були поставлені на вивчення.

Таким чином визначено, що найліпшу якість насіння за показниками чистоти й лабораторної схожості для всіх сортів пшениці озимої формувались за оберненого достовірного середнього та сильного кореляційного зв'язку між ГТК періоду наливу зернівки (етапи молочної й тістоподібної стиглості).

Висновки.

1. Встановлено, що найбільшу врожайність сорти пшениці озимої формували в умовах періоду весняно-літньої вегетації за ГТК на рівні 0,8 або більше 1,0, з найбільшим значенням у сорту Шестопалівка. За якістю продовольчого зерна виокремлено сорт Богдана в умовах посушливого 2024 року ГТК періоду формування і наливу зернівки $\leq 0,4$.

2. Визначено обернений кореляційний зв'язок між посівними якостями насіння пшениці озимої (чистотою та лабораторною схожістю насіння) та показником ГТК періоду формування і наливу зерна. Що характерно для усіх досліджуваних сортів пшениці озимої.

Перспективи подальших досліджень полягатимуть у визначення впливу умов вирощування на вихід насіння та особливості його проростання, що формувалося у різних умовах періоду формування і наливу зернівки пшениці озимої та у залежності від системи удобрення посівів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Держстат. Площі, валові збори та урожайність сільськогосподарських культур. Інтернет джерело. Режим доступу: <https://stat.gov.ua/uk/datasets/ploshchivalovi-zbory-ta-urozhaynist-silskohospodarskykh-kultur-0>

2. Hellemans T., Landschoot S., Dewitte K., Van Bockstaele F., Vermeir P., Eeckhout M., Haesaert G. Impact of crop husbandry practices and environmental conditions on wheat composition and quality: A Review. *Agric. Food Chem.* 2018. Vol. 66, P. 2491–2509.
3. Zhang Z., Xing Z., Zhou N. et al. Effects of Post-Anthesis Temperature and Radiation on Grain Filling and Protein Quality of Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Agronomy*. 2022. Vol. 12 (11). P. 2617. <https://doi.org/10.3390/agronomy12112617>
4. Albahri, G., Alyamani, A.A., Badran, A., Hijazi, A., Nasser, M., Maresca, M. & Baydoun, E. Enhancing Essential Grains Yield for Sustainable Food Security and Bio-Safe Agriculture through Latest Innovative Approaches. *Agronomy*. 2023. Vol. 13(7). P. 1709. <https://doi.org/10.3390/agronomy13071709>.
4. Hospodarenko H. M., Liubych V. V., Riabovol Ya. S., Koshovska I. V. Yield and grain quality of baking winter wheat of different varieties. *Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet*. 2021. Vol. 29. P. 144–151. DOI:10.47414/nr.29.2021.244457.
5. Наукові основи селекції озимої пшениці на агроекологічну адаптивність : монографія / В. В. Базалій, Є. О. Домарацький, Г. Г. Базалій та ін. Миколаїв : МНАУ, 2024. 244 с.
6. Собко М. Г., Глупак З. І., Крючко Л. В., Бутенко А. О. Формування врожайності та якості зерна сучасних сортів пшениці озимої різних за географічним походженням. *Аграрні інновації*. 2022. Вип. 12. С. 60–69. DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.12.10>
7. Панфілова А. В., Корхова М. М. Вплив погодних умов у весняно-літній період та сортових особливостей на формування якості зерна пшениці м'якої озимої. *Аграрні інновації*. 2024. Вип. 26. С. 92–100. DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.26.13>
8. Zhang, C.; Chen, J.; Hu, K.; He, Y. Enhancing wheat protein through low-water-fertility under climate change without yield penalty. *Agric. Water Manag.* 2024. Vol. 300, 108909. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2024.108909>
9. Shewry P. R. Wheat. *Journal of Experimental Botany*. 2009. Vol. 60, Iss. 6. P. 1537–1553. doi: <https://doi.org/10.1093/jxb/erp058>
10. Zhao H., Zhang P., Wang Y., Ning T., Xu C., Wang P. Canopy morphological changes and water use efficiency in winter wheat under different irrigation treatments. *Journal of Integrative Agriculture*. 2020. Vol. 19, Iss. 4. P. 1105–1116. doi: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(19\)62750-4](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(19)62750-4)
11. Господаренко Г. М., Черно О. Д. Урожайність пшениці озимої після різних попередників на фоні тривалого застосування добрив у сівоzmіні. *Землеробство*. 2015. Вип. 1. С. 28–31.
12. Шевченко О. О. Вологозабезпеченість, забур'яненість та урожайність озимої пшениці при розміщенні її в сівоzmінах на різних фонах добрив і обробітку ґрунту. *Бюлетень Інституту зернового господарства*. 2001. Вип. 15–16. С. 105–109.
13. Srivastava A. K., Safaei N., Khaki S., et al. Winter wheat yield prediction using convolutional neural networks from environmental and phenological data. *Scientific Reports*. 2022. Vol. 12, Art. 3215. doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-06249-w>
14. Kulyk M.I., Rozhkov A. O., Kalinichenko O. V., Taranenko A. O., Onopriienko O. V. Effect of winter wheat variety, hydrothermal coefficient (HTC) and thousand kernel weight (TKW) on protein content, grain and protein yield. *Agronomy Research*. 2020. Vol. 18(3). P. 2103–2116. doi: <https://doi.org/10.15159/AR.20.187>
15. Pei Han, Yaping Wang and Hui Sun. Impact of Temperature Stresses on Wheat Quality: A Focus on Starch and Protein Composition. *Foods*. 2025. Vol. 14 (13). P. 2178. <https://doi.org/10.3390/foods14132178>
16. Yin, B.; Jia, J.; Sun, X.; Hu, X.; Ao, M.; Liu, W.; Tian, Z.; Liu, H.; Li, D.; Tian, W.; et al. Dynamic metabolite QTL analyses provide novel biochemical insights

into kernel development and nutritional quality improvement in common wheat. *Plant Commun.* 2024. Vol. 5. 100792. DOI: 10.1016/j.xplc.2024.100792

17. Li H., Hu B., Guo C., et al. Effects of high temperature stress during anthesis and grain filling on wheat yield and quality. *BMC Plant Biology*. 2020. Vol. 20. Article 287. DOI: 10.1186/s12870-020-02479-0.

18. Жемела Г. П., Сидоренко А. В., Кулик М. І. Роль погодних факторів у поліпшенні якості зерна пшениці озимої. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2007. Вип. 2. С. 16–22.

19. Zhao H., Zhang P., Wang Y., Ning T., Xu C., Wang P. Canopy morphological changes and water use efficiency in winter wheat under different irrigation treatments. *Journal of Integrative Agriculture*. 2020. Vol. 19(4). P. 1105–1116. DOI: 10.1016/S2095-3119(19)62750-4

20. Kumar R. K., Devi H. N., Devi T. H. R., et al. (2023). Unraveling the effect of drought and heat stresses on grain quality of wheat (*Triticum aestivum*). *Indian Journal of Agricultural Sciences*. Vol. 94(5). DOI: 10.56093/ijas.v94i5.142783

21. Lama et al. Prolonged heat and drought versus cool climate on the Swedish spring wheat breeding lines: Impact on the gluten protein quality and grain microstructure. *Food and Energy Security*. 2022. DOI: 10.1002/fes3.376

22. Wang X., Liu F. Effects of Elevated CO₂ and Heat on Wheat Grain Quality. *Plants*. 2021. Vol. 10 (5). P. 1027. DOI: 10.3390/plants10051027.

23. Myers S. S., Zanobetti A., Kloog I., et al. Increasing CO₂ threatens human nutrition. *Nature*. 2014. Vol. 510. P. 139–142. DOI: 10.1038/nature13179.

24. Li H., et al. Effects of high temperature stress during anthesis and grain filling on wheat yield and quality. *BMC Plant Biology*. 2020. Vol. 20. P. 287. DOI: 10.1186/s12870-020-02479-0.

25. Asseng S., et al. Rising temperatures reduce global wheat production. *Nature Climate Change*. 2014. Vol. 5. P. 143–147. DOI: 10.1038/nclimate2470.

26. Shewry P. R. Wheat. *Journal of Experimental Botany*. 2009. Vol. 60, Iss. 6. P. 1550. DOI: 10.1093/jxb/erp058.

27. Zhao H., Zhang P., Wang Y., Ning T., Xu C., Wang P. Canopy morphological changes and water use efficiency in winter wheat under different irrigation treatments. *Journal of Integrative Agriculture*. 2020. Vol. 19 (4). P. 1105–1116. DOI: 10.1016/S2095-3119(19)62750-4.

28. Han P., Wang Y., Sun H. Impact of Temperature Stresses on Wheat Quality: A Focus on Starch and Protein Composition. *Foods*. 2025. Vol. 14 (13). P. 2178. DOI: 10.3390/foods14132178.

29. Srivastava A. K., Safaei N., Khaki S., et al. Winter wheat yield prediction using convolutional neural networks from environmental and phenological data. *Scientific Reports*. 2022. Vol. 12. Art. 3215. DOI: 10.1038/s41598-022-06249-w

30. Рожков А. О., Пузік В. К., Каленська С. М. та ін. Дослідна справа в агрономії: навч. посіб.: у 2 кн. Кн. 1. *Теоретичні аспекти дослідної справи*; за ред. А. О. Рожкова. Харків: Майдан, 2016. 316 с.

31. Євтушенко М. Ю., Хижняк М. І. Методологія та організація наукових досліджень: навч. посіб. Київ: Центр навчальної літератури, 2019. 350 с.

32. Моргун В.В., Санін Є.В., Швартоу В.В., Артемчук І.Л. Сорти та технології вирощування високих врожаїв озимої пшениці. К.: «Догос» 2009, 93 с.

33. Технологія вирощування пшениці озимої: навч. посіб. / за ред. І. І. Іваненка. Київ: Урожай, 2018. 256 с.

34. ДСТУ ISO 21415-1:2009 Пшениця і пшеничне борошно. Вміст клейковини. Частина 1. Визначання сирої клейковини ручним способом (ISO 21415-1:2006, IDT).

35. ДСТУ 3768:2010. Національний стандарт України. Пшениця. Технічні умови. [Чинний від 2010-04-01]. Київ, 2019. 19 с.

36. ДСТУ 4117-2007. Зерно та продукти його переробки. Визначання вмісту білка методом К'єльдаля. Київ : Держспоживстандарт України, 2007. 14 с.

37. ДСТУ 4138-2003. Національний стандарт України. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. Видання офіційне. Київ. Держспоживстандарт, 2003. 170 с.

38. Статистичний аналіз агрономічних досліджень даних в пакеті Statistica 6.0: методичні вказівки / уклад.: Е. Р. Ермантраут, О. І. Присяжнюк, І. Л. Шевченко. Полтава: Поліграф Консалтинг, 2007. 55 с.

39. Рожков А. О., Пузік В. К., Каленська С. М. та ін. Дослідна справа в агрономії: навч. посіб.: у 2 кн. – Кн. 2. *Статистична обробка результатів досліджень*; за ред. А. О. Рожкова. Харків: Майдан, 2016. 352 с.

Дата першого надходження рукопису до видання: 25.09.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 30.10.2025

Дата публікації: 05.12.2025