

Yield and quality of winter bread wheat depending on sowing dates and methods: a review of global and domestic experience

R. Dudka✉ | V. Onipko

Article info

Correspondence Author

R. Dudka

E-mail:

roman.dudka@pdaa.edu.uaPoltava State Agrarian
University,
Skovoroda Str., 1/3,
Poltava, 36000, Ukraine

Citation: Dudka, R., & Onipko, V. (2025). Yield and quality of winter bread wheat depending on sowing dates and methods: a review of global and domestic experience. *Scientific Progress & Innovations*, 28(3), 103–108. doi: 10.31210/spi2025.28.03.17

The purpose of this article is to systematize and provide a comparative analysis of modern domestic and foreign scientific studies on the influence of sowing dates and methods on the yield and quality of winter wheat, as well as to identify promising approaches to adapting cultivation technologies under varying agro-climatic conditions. The paper presents a comprehensive review of contemporary domestic and international studies on the influence of sowing dates and methods on the yield and grain quality of winter bread wheat. Literature analysis shows that sowing time is a critical factor that determines the duration of autumn vegetation, tillering capacity, accumulation of reserve substances, and, consequently, the plant's adaptability to winter conditions. Early sowing generally ensures better root development, a stronger root system, a higher tillering coefficient, and contributes to the formation of heavier grains and improved protein quality. However, excessively early sowing under high-temperature conditions may lead to plant overgrowth, disrupted photoperiodism, and reduced winter hardiness. International studies pay particular attention to regional adaptation of sowing dates, the role of agroclimatic factors, the use of yield forecasting models (including neural networks, satellite monitoring, and NDVI analysis), and meta-analyses summarizing data from dozens of field trials. It has been established that a 10-day delay in sowing can reduce yield by 1.5–2.5 %, and in some cases by up to 48 %, depending on climatic conditions, water availability, and varietal traits. The optimal sowing window generally falls between the third decade of September and early October and should be adjusted based on weather patterns and crop rotation practices. Ukrainian studies emphasize regional specifics within Polissia, Forest-Steppe, and Steppe zones. The effectiveness of strip, narrow-row, and broadcast sowing methods has been noted, as they enhance photosynthetic activity, promote uniform crop density, reduce disease incidence, and optimize soil moisture regimes. Some experiments also highlight the role of the preceding crop and carbohydrate accumulation in tillering nodes as key yield-determining factors. The findings have practical significance for improving winter wheat cultivation technologies, adapting to climate change, increasing agroecosystem resilience, and ensuring consistently high grain quality within intensive agricultural production.

Keywords: winter bread wheat, sowing date, sowing method, grain yield, grain quality, agroclimatic adaptation, tillering, autumn vegetation, climate change, precision agriculture.

Урожайність і якість пшениці озимої залежно від строків і способів сівби: огляд світового та вітчизняного досвіду

Р. О. Дудка | В. В. Оніпко

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Метою статті є систематизація та порівняльний аналіз сучасних вітчизняних і зарубіжних наукових досліджень щодо впливу строків і способів сівби на урожайність і якість пшениці озимої, а також визначення перспективних підходів до адаптації технологій вирощування в умовах різних агрокліматичних зон. У статті представлено комплексний огляд сучасних вітчизняних та зарубіжних досліджень щодо впливу строків і способів сівби на врожайність та якість зерна пшениці озимої. Аналіз літературних джерел свідчить, що строки сівби є критичним фактором, який визначає тривалість осінньої вегетації, здатність до кущення, накопичення запасних речовин і, відповідно, адаптацію рослин до зимових умов. Раннє висівання зазвичай забезпечує краще укорінення, потужнішу кореневу систему, вищий коефіцієнт кущення та сприяє формуванню більшої маси 1000 зерен і високої якості білкового комплексу. Разом із тим, надто рання сівба в умовах підвищеної температури може призводити до переростання рослин, порушення фотоперіодизму та зниження їх зимостійкості. У закордонних дослідженнях особлива увага приділяється регіональній адаптації строків сівби, ролі агрокліматичних чинників, використанню моделей прогнозування врожайності (включно з нейронними мережами, супутниковим моніторингом та NDVI-аналізом), а також метааналізам, які узагальнюють дані з десятків локацій. Доведено, що кожне відтермінування строку сівби навіть на 10 днів може знижувати урожай на 1,5–2,5 %, а в окремих випадках, до 48 % залежно від кліматичних умов, рівня забезпечення вологою та сортових особливостей. Оптимальні строки коливаються від третьої декади вересня до початку жовтня й повинні коригуватися залежно від погодних умов і типу попередника. У вітчизняному досвіді визначено регіональні особливості впливу строків і способів сівби, зокрема в умовах Полісся, Лісостепу та Степу України. Наголошено на ефективності стрічкового, вузькорядного та розкидного способів сівби, які покращують фотосинтетичну активність рослин, сприяють рівномірному формуванню густоти посіву, зменшують ризики ураження хворобами та оптимізують водний режим ґрунту. У деяких дослідженнях підкреслюється роль післядії попередників і накопичення вуглеводів у вузлах кущення як факторів, що формують потенціал урожайності. Результати огляду мають практичне значення для удосконалення технологій вирощування озимої пшениці, адаптації до кліматичних змін, підвищення стійкості агроценозів та забезпечення стабільно високої якості зерна в умовах інтенсивного агровиробництва.

Ключові слова: озима пшениця, строки сівби, способи сівби, урожайність зерна, якість зерна, агрокліматична адаптація, кущення, осіння вегетація, зміна клімату, точне землеробство.

Бібліографічний опис для цитування: Дудка Р. О., Оніпко В. В. Урожайність і якість пшениці озимої залежно від строків і способів сівби: огляд світового та вітчизняного досвіду. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (3). С. 103–108.

Пшениця озима є стратегічно важливою культурою для забезпечення продовольчої безпеки багатьох країн, зокрема України, де вона займає провідні позиції у структурі посівних площ і валового збору зерна [10, 18, 20]. Успішне вирощування цієї культури значною мірою залежить від раціонального поєднання біологічного потенціалу сорту та оптимальних агротехнологій. Серед важливих чинників, що визначають урожайність і якість зерна, особливу роль відіграють строки та способи сівби [1, 3, 4, 9, 12, 13, 15, 22]. На фоні сучасних кліматичних змін, підвищеної погодної нестабільності восени та зростання ризиків перезимівлі, обґрунтування строків сівби набуває ще більшої актуальності. Вибір оптимального строку сівби дає змогу забезпечити належний розвиток рослин до зими – формування кореневої системи, куцистості, накопичення запасних вуглеводів – що є передумовою високої зимостійкості та продуктивності. Не менш важливим є і спосіб розміщення насіння, який впливає на щільність стеблостою, міжрослинну конкуренцію, фотосинтетичну активність та ефективність використання вологи й елементів живлення [5, 23, 28, 29].

Науковці багатьох країн активно досліджують залежність між агротехнічними прийомами сівби та кінцевими показниками урожаю [1, 4–6, 14, 15, 17]. Накопичено значний обсяг емпіричних даних, які свідчать про суттєвий вплив строків і способів сівби на морфогенез рослин, елементи структури врожаю, натуру, вміст білка та інші показники якості зерна.

Оптимізація строків сівби є однією з найважливіших складових технології вирощування озимої пшениці, яка безпосередньо впливає на ріст, розвиток, зимостійкість і продуктивність рослин [25]. Теоретичне обґрунтування цього агротехнічного прийому базується на взаємозв'язку між фазовим розвитком рослини, сумою ефективних температур, фотоперіодичною чутливістю культури та характером перебігу осінньої вегетації. Ранні строки сівби забезпечували формування добре розвиненої кореневої системи, продуктивної куцистості, накопичення вуглеводів у вузлах кушення та підвищення зимостійкості [3]. Рослини встигають досягти фази кушення або навіть виходу в трубку до настання несприятливих зимових умов, що дозволяє їм краще адаптуватися та забезпечує високий потенціал продуктивності навесні. У середньому за сівби 10 вересня пшениця озима накопичувала вдвічі більше вуглеводів і має вищу масу надземної частини, ніж за пізнього строку 10 жовтня.

Однак надто ранні строки можуть мати й негативні наслідки – надмірне переростання посівів, підвищення ризику ураження хворобами та шкідниками, розтягнення періоду вегетації й підвищене споживання вологи в умовах її обмеженого запасу. Пізні строки, у свою чергу, призводили до ослаблення рослин, зменшення їхньої зимостійкості та нерівномірного відновлення вегетації весною [2]. За пізнього строку сівби помітно знижувався інтенсивність кушення та коефіцієнт продуктивності рослин, що ускладнює формування оптимальної структури врожаю.

Міжнародні дослідження також підтверджують важливість адаптації строків сівби до регіональних умов. Зокрема, в роботах *Agromony Research* зазначено, що навіть 7–10-денне відхилення від оптимального строку сівби може змінити продуктивність культури на 10–25 % залежно від умов року. Система точного землеробства дозволяє враховувати прогноз погоди, температуру ґрунту, вологосміність і генотипові особливості сортів для моделювання оптимального вікна сівби [3].

Огляд сучасних зарубіжних досліджень останніх років свідчить про зростаючу увагу до проблеми оптимізації строків сівби озимої пшениці, що зумовлено кліматичними змінами, потребою збереження стабільної врожайності та підвищення якісних показників зерна. У регіонах із континентальним кліматом, зокрема у північно-західному Китаї, встановлено тісний зв'язок між датою сівби та формуванням ключових елементів продуктивності. Так, X. Liu та ін. виявили, що сівба 25 вересня забезпечувала найкращі показники кушення, вмісту білка, маси 1000 зерен та врожайності (до 6,2 т/га), тоді як пізні строки (15 жовтня) призводили до скорочення вегетаційного періоду, зниження глютенного індексу та послаблення адаптивного потенціалу рослин [16]. Подібні висновки зроблено L. Zhao, J. Wang, які встановили, що зсув строку сівби навіть на 10 днів призводив до зменшення кількості продуктивних стебел, зниження індексу листової поверхні та погіршення білкових характеристик зерна. Оптимальне вікно сівби визначено як 5–15 жовтня для умов Хенаню, Китай [30]. У Саудівській Аравії, де переважають посушливі умови, S. Al-Otayk довів, що рання сівба (початок листопада) підвищувала кількість колосків, масу зерна, вміст білка, а також сприяє активному фотосинтезу. Навпаки, пізні строки спричиняли пригнічення вегетативного росту й погіршення морфометричних показників [1]. У системах сівозміни рис-пшениця Z. Li та ін. вказують на необхідність адаптивного підходу до строків сівби. Після пізнього збирання рису відбувалося зниження вологозабезпечення у верхньому горизонті ґрунту, що негативно впливало на схожість та ріст пшениці. Автори пропонують використовувати скоростиглі сорти рису для своєчасної сівби пшениці [29]. A. Dadras та E. Soltani провели мульти-регіональне дослідження та з'ясували, що рання сівба (перед 25 жовтнем) є ефективною тільки за умов достатньої вологи. У посушливих регіонах, натомість, рекомендовано дотримуватись стандартних строків або зміщувати сівбу на пізніші терміни, щоб уникнути стресу на ранніх фазах росту [7].

В умовах Туреччини W. Sarhadi et al. підкреслюють сортову чутливість до строків сівби: сорти з високим потенціалом кушення позитивно реагують на ранню сівбу, демонструючи підвищену врожайність і кращу масу зерна [22]. Аналіз експериментальних даних, проведений у роботі «Effects of Sowing Date Variation on Winter Wheat Yield: Conclusions for Suitable Sowing Dates for High and Stable Yield», демонструє високу негативну кореляцію між затримкою сівби та кінцевою врожайністю озимої пшениці [15]. Встановлено, що кожен день

відхилення від оптимальних строків посіву призводив до редукції врожайності приблизно на 1 %, що екстраполюється до зниження на 10 % за кожну декаду [15]. М. Li та Y. Gao довели, що ранній посів подовжує фазу наливу зерна, сприяючи кращому накопиченню білків, зокрема HMW-глютеніну, що покращує пекарські властивості борошна [23].

Метааналіз Agronomy Research Group підтвердив, що коливання строків сівби в межах 7–14 днів може призвести як до втрати 10 % урожаю, так і до зростання продуктивності на 20 %, залежно від регіональних умов та агрофонів [3].

Сучасні підходи до прогнозування врожайності також включають використання штучного інтелекту. E. Morales, Y. Fang розробили модель 2D deep regression, що базується на супутникових знімках NDVI, даних про вологість та строки сівби. Модель забезпечує точність прогнозу до 87 % [17].

P. Srivastava та ін. впровадили згорткові нейронні мережі (CNN) для прогнозу врожайності в умовах Німеччини, зокрема із врахуванням строків сівби та осіннього температурного режиму. Це дозволило застосовувати інструменти точного землеробства для агротехнічного планування [23]. Адаптація строків до регіональних умов, біологічних властивостей сортів і очікуваних кліматичних сценаріїв – ключ до оптимізації технологій вирощування.

Сучасні підходи до вибору строків сівби базуються на інтеграції трьох складових: агрокліматичних даних (середні багаторічні показники температури, опадів, ймовірність ранніх приморозків); фенологічної реакції сортів (тривалість вегетаційного періоду, фотоперіодична чутливість, темпи росту); технологічних факторів (система обробітку ґрунту, попередник, строки збирання попередньої культури, технічні можливості господарства) [26].

Значну роль у прогнозуванні ефективного строку сівби відіграє також накопичення сумарної кількості активних температур (SAT) до настання морозів. Відомо, що для проходження осінньої вегетації до фази кущення пшениці потрібно щонайменше 400–500°C SAT. Цей показник варто поєднувати з даними про вологість ґрунту, щоб забезпечити своєчасне проростання та ріст рослин [16].

Таким чином, вибір оптимального строку сівби є складним багатофакторним завданням, яке потребує адаптивного підходу та використання агрометеорологічного моделювання. Лише комплексне врахування сортових, екологічних і технологічних факторів дозволяє забезпечити стабільну врожайність та високу якість зерна в умовах кліматичних викликів.

Згідно із зональними рекомендаціями, у різних регіонах України оптимальні строки варіюють. У Поліссі – це 10–20 вересня, у Лісостепу – 15–25 вересня, у Степу – від 20 до 30 вересня [3, 13]. Варіативність обумовлена кліматичними особливостями, тривалістю осінньої вегетації, частотою посух, термінами збирання попередників і рівнем вологозабезпечення. В Україні Р. Narasym, R. Kisiel дослідили вплив строків сівби на продуктивність сорту «Кубус» у Лісостепу. Найвищу врожайність забезпечувала сівба з 25 вересня по 5 жовтня. Пізні

строки призводили до недорозвиненості кореневої системи та зниження продуктивного стеблостою [19].

Урожайність пшениці озимої безпосередньо залежить від фазового розвитку рослин восени та їх здатності накопичувати асимілянти до зимівлі. У працях [2, 25]. Зазначено, що ранні строки сівби (наприклад, 10 вересня) забезпечують більший обсяг теплових ресурсів для росту рослин восени – до 11,7°C щоденно більше, ніж за пізніх строків (10 жовтня). Це сприяє накопиченню вуглеводів (до 14,9 % цукрів), вищій масі надземної частини та листової поверхні (до 43,8 тис. м²/га), що позитивно впливає на зимостійкість.

У середньому відтермінування сівби на 10–30 днів призводить до зменшення врожайності на 8,4–28,7 % [25]. Аналогічно, дані І. Правдзівої та співавт. (2024) підтверджують, що за першого строку сівби формувалася вища маса 1000 зерен (до 45,5 г) та натура (785 г/л), що є показниками покращеної якості [21]. Світові дослідження також підтверджують взаємозв'язок між термінами сівби та накопиченням біомаси. У дослідженнях ізраїльських і канадських учених зафіксовано, що зміщення строків сівби на 10 днів уперед або назад може впливати на продуктивність культури на 10–20 %, залежно від умов року [1, 6].

Український досвід демонструє суттєву варіативність ефективних строків сівби залежно від зони вирощування: Полісся: оптимальні строки сівби становлять 10–20 вересня. У довготривалих дослідженнях [4, 25]. Встановлено, що рослини, висіяні 10 вересня, щоденно восени отримували на 11,7°C більше тепла, ніж за пізнього строку (10 жовтня), що сприяло активнішому росту та розвитку. Середня маса рослин при ранньому строку була у 2,3–13,9 разів більшою, ніж при пізньому. Також зафіксовано, що вміст цукрів у тканинах за сівби 10 вересня становив 14,9 %, що в 2,1 рази перевищувало відповідний показник за пізнього строку. Такі результати свідчать про підвищену зимостійкість та потенціал продуктивності за ранньої сівби;

Лісостеп: ефективним виявився строк 15–25 вересня. Дослідники зазначають, що строки сівби впливають не лише на морфологічні характеристики, а й на фотосинтетичний потенціал – він найвищий за сівби в III декаді вересня. Продуктивність спелти досягає 6,43 т/га, а натура – до 758 г/л [9, 10, 28].

Північний Степ: результати Я. Астахової свідчать про оптимальність строку 22 вересня, що забезпечувала найвищу кількість продуктивних стебел, масу зерна з колоса та вміст білка в зерні. Пізні строки (7 жовтня) знижують урожайність на 15–30 % [2].

Південний Степ: дослідження А. Кривенка, С. Почколіної та Н. Безеде показали чіткий взаємозв'язок між строками сівби й формуванням якісних ознак зерна – білок, клейковина, натура [12]. Встановлено, що ранні строки сприяли накопиченню водорозчинних вуглеводів до зимівлі. У межах усіх зон особливе значення мають погодні умови конкретного року. Наприклад, у дослідженнях В. Кочмарського розглянуто вплив строків сівби на посівні якості насіння пшениці м'якої озимої в умовах

Правобережного Лісостепу України, який встановив, що зміщення строків сівби істотно впливає на схожість, енергію проростання та силу росту насіння. Оптимальні строки забезпечували формування високоякісного насіннєвого матеріалу з високим рівнем посівних якостей, тоді як запізнення сівби з нижувало ці показники [13]. Окрім строків сівби, важливим елементом технології вирощування є спосіб розміщення насіння. Суцільний, стрічковий, широкорядний або вузькорядний методи сівби формують просторову структуру посівів, що суттєво впливає на фотосинтетичну активність, конкурентні взаємодії рослин, ефективність живлення та вологоспоживання. За даними досліджень вчених [11], при сівбі пшениці озимої після ріпаку озимого в умовах Степу, варіанти з нормою висіву 5,0–5,5 млн схожих зерен/га при вузькорядному способі забезпечили найвищу врожайність – до 5,24 т/га. У свою чергу, суцільна сівба давала щільний стеблостій, що погіршувало аерацію та сприяло розвитку хвороб.

Альтернативні методи, як-от стрічкова або щільна сівба, набувають поширення за умов зрошення або недостатнього вологозабезпечення. Вони дозволяють ефективніше використовувати вологу та світло, що особливо актуально в південних регіонах України. У цьому контексті важливим є також глибина загортання насіння – надмірно глибоке закладання знижує польову схожість, особливо в умовах ущільнених ґрунтів.

У роботі М. Свідерко, А. Шувар, Л. Ткаченко підкреслено, що навіть за однакових строків сівби, спосіб сівби може змінювати фотосинтетичну продуктивність на 10–15 %, що вказує на необхідність адаптивного підходу до вибору технологічного прийому [24].

Окрім врожайності, не менш важливою є якість зерна – натура, маса 1000 зерен, вміст білка, сирієї клейковини та склоподібність. У більшості досліджень показано, що пізні строки сівби часто забезпечують кращу натуру та склоподібність зерна, однак за рахунок зниження врожайності [20, 21, 27]. У південному Степу встановлено, що найвища склоподібність (до 97,7 %) досягалася у сорту Бурштин при вирощуванні по чорному пару за оптимального строку сівби (22 вересня) і внесення повного добрива з підживленням у фазу кушіння. При цьому, сорт Ластівка одеська мав вищу реакцію на агрофон, тоді як Голубка – на строк сівби [2].

Інші автори наголошують на складній взаємодії генотипу, погодних умов та технологічних чинників [12]. Наприклад, навіть при зниженні врожайності, білок і клейковина за пізньої сівби іноді зростають. Це пояснюється зменшенням вегетативної маси та відповідним перерозподілом асимілатів на генеративні органи.

Значний вплив на ефективність сівби справляють попередники. У дослідженні О. Демидова та ін. доведено, що після гороху та ріпаку формується краща структура ґрунту, що забезпечує рівномірне розміщення насіння та кращі умови для проростання [8]. У дисертаційній роботі Я. Астахова визначено, що після ранніх попередників строки сівби можуть бути трохи зсувні, однак рання сівба все

одно забезпечує кращі показники росту, розвитку та вмісту цукрів у вузлах кушення – до 39,7 % у сорту Ластівка. Погодні умови року – ключовий модифікуючий чинник. Як зазначає дослідниця, осіннє потепління або періоди вологозабезпечення можуть змішувати межі оптимального строку на 7–10 днів. Кліматичні аномалії, як-от коротка осінь чи рання зима, особливо небезпечні при запізній сівбі. Саме тому виникає потреба адаптивних моделей прогнозування агротехнічних рішень [2].

Сучасна селекція активно працює над створенням сортів з підвищеною пластичністю щодо строків сівби. За даними Білоцерківського національного аграрного університету), у селекційному процесі використовується принцип внутрішньовидової гібридизації з географічно віддаленими формами, що дозволяє розширити адаптивний потенціал. Найперспективніші з них – Легенда білоцерківська, Голубка одеська, Аттергауер Дінкель [2]. Вони демонструють стабільні показники врожайності навіть за стресових умов. Наприклад, сорт Аттергауер Дінкель показав найвищу продуктивну кущистість – 1,6 стебла/рослину та високий фотосинтетичний потенціал – до 2,15 млн м²/га×діб [28]. Особливості селекційної реакції на строки сівби підтверджено й у дослідженнях Лапка та ін. (2025), де сорти Юзовська і Вежа суттєво відрізнялися за довжиною колоса, коефіцієнтом кушення та реакцією на погодні умови. Проведений аналіз доводить, що: оптимальні строки сівби пшениці озимої коливаються в межах 10–25 вересня залежно від зони вирощування; способи сівби (особливо вузькорядні) можуть покращити структуру врожаю і продуктивність; якість зерна (натура, білок, клейковина) тісно пов'язана з умовами осінньої вегетації, агрофоном і сортовими особливостями; кліматичні зміни вимагають гнучких технологій, здатних адаптуватися до щорічних коливань погоди; селекційні досягнення дозволяють створювати сорти з високим адаптивним потенціалом до різних агрокліматичних умов.

Таким чином, впровадження зонально адаптованих технологій сівби та використання пластичних сортів є ключем до підвищення ефективності вирощування пшениці озимої в сучасних умовах. Отримані результати мають практичне значення для вдосконалення технологій вирощування озимої пшениці, адаптації до зміни клімату, підвищення стійкості агроєкосистеми та забезпечення стабільно високої якості зерна в умовах інтенсивного сільськогосподарського виробництва. Подальші дослідження мають бути зосереджені на інтеграції даних агрометеорологічного моніторингу, виведенні нових сортів із ширшою адаптивністю, точному агрономічному плануванню та цифрових технологіях для управління термінами сівби.

Висновки

Метою оглядової статті є систематизація та порівняльний аналіз сучасних вітчизняних і зарубіжних наукових досліджень щодо впливу строків і способів сівби на урожайність і якість пшениці озимої, а також визначення перспективних підходів

до адаптації технологій вирощування в умовах різних агрокліматичних зон.

У результаті проведеного аналізу встановлено, що строки сівби є одним із визначальних факторів продуктивності озимої пшениці. Ранні строки забезпечують інтенсивніший ріст і розвиток, кращу кореневу систему та підвищену зимостійкість, проте надмірне випередження може призводити до переростання рослин та зниження їх стійкості до стресових умов. Пізні строки сівби, навпаки, обмежують осінній розвиток і формування продуктивних стебел, що негативно позначається на врожайності й якості зерна. Оптимальний період сівби варіює залежно від ґрунтово-кліматичних умов та зон вирощування, а його дотримання є запорукою стабільно високих показників.

Визначено, що спосіб сівби також суттєво впливає на структуру врожаю, фотосинтетичну продуктивність і фітосанітарний стан посівів. Вузькорядні, стрічкові та інші технологічні прийоми сприяють підвищенню врожайності, рівномірності сходів і якості зерна. Значний вплив мають також попередники, агрофон та особливості сортів.

З'ясовано, що зміна клімату зумовлює необхідність гнучкого підходу до вибору строків і способів сівби. Використання цифрових технологій, моделей прогнозування врожайності та результатів агрометеорологічного моніторингу дозволяє підвищити точність агротехнічних рішень і знизити ризики втрати врожаю.

Перспективи подальших досліджень. Подальші дослідження доцільно зосередити на інтеграції даних агрометеорологічного моніторингу, селекції нових сортів із розширеним адаптивним потенціалом, точному агрономічному плануванні та цифрових технологіях управління строками посіву. Важливим напрямом є також розробка адаптивних моделей сталого землекористування, які враховують кліматичні ризики й забезпечують підвищення стійкості агроєкосистем.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Al-Otayk, S. (2010). Performance of yield and stability of wheat genotypes under high stress environments of the central region of Saudi Arabia. *Journal of King Abdulaziz University-Meteorology, Environment and Arid Land Agriculture Sciences*, 21 (1), 81–92. <https://doi.org/10.4197/met.21-1.6>
2. Astakhova, Y. V. (2020). The quality of winterwheat grain depending on sowing time and fertilization. *Scientific Progress & Innovations*, 4, 28–34. <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.04.03>
3. Bagherikia, S., Soughi, H., Khodarahmi, M., & Naghipour, F. (2025). The effect of sowing dates on grain yield and quality in spring wheat (*Triticum aestivum* L.). *Food Science & Nutrition*, 13 (5). <https://doi.org/10.1002/fsn3.70035>
4. Bilyuk, A. P., Garbar, L. A., & Ciganchuk, S. M. (2012). The influence of cultivation technology elements on winter wheat productivity under conditions of western Polissya of Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*, 3, 68–71. <https://doi.org/10.31210/visnyk2012.03.13>
5. Chen, J., Wang, J., Wang, J., Wang, Z., Zhao, L., Yan, Y., Li, J., Xu, H., Sun, C., & Liu, T. (2025). Investigating the impact of sowing date on wheat leaf morphology through image analysis. *Agriculture*, 15 (7), 770. <https://doi.org/10.3390/agriculture15070770>
6. Copeland, J. P., Pennington, D., & Singh, M. P. (2023). Maximizing winter wheat yield through planting date and seeding rate management. *Crop, Forage & Turfgrass Management*, 9 (2). <https://doi.org/10.1002/cft2.20240>
7. Dadrasi, A., Soltani, E., Makowski, D., & Lamichhane, J. R. (2024). Does shifting from normal to early or late sowing dates provide yield benefits? A global meta-analysis. *Field Crops Research*, 318, 109600. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2024.109600>
8. Demydov, O., Derhachov, O., Siroshant, A., Kavunets, V., Zaima, O., Shevchenko, T., & Bordiuh, A. (2024). Influence of previous crops and sowing terms on yield and sowing qualities of soft winter wheat seeds. *Foothill and Mountain Agriculture and Stockbreeding*, 75 (1), 46–55. [https://doi.org/10.32636/01308521.2024-\(75\)-1-4](https://doi.org/10.32636/01308521.2024-(75)-1-4)
9. Dudka, R. O., & Onipko, V. V. (2024). Vplyv strokiv sivbi na urozhajnist ta yakist pshenicy ozimoyi v umovah Livoberezhnomu Lisostepu Ukrainy. *Treti Sazanovski chitannya: «Viktor Sazanov: znakovaya postat agrarnoyi nauki ta osviti»: materialy kruglogo stolu prisvyachenogo 145-richchyu vid dnya narodzhennya Viktora Ivanovicha Sazanova, m. Poltava, 11 kvitnia 2024 r.* (pp. 36–40). Poltava: Astraya [in Ukrainian]
10. Dudka, R. O., & Onipko, V. V. (2025). Vibir optimalnoyi tehnologiyi sivbi ozimoyi pshenicy v umovah Livoberezhnogo Lisostepu Ukrainy. *Chetverti Sazanovski chitannya: Agrarna nauka i osvita: postati, здobutki, perspektivi: materialy vseukrainskoi naukovoyi praktychnoi konferentsii prisvyachena 105-richchyu zasnuvannya Poltavskoho derzhavnoho ahrarnoho universytetu ta Navchalno- naukovogo institutu agrotehnologij, selekciyi ta ekologiyi, m. Poltava, 25 bereznia 2025 r.* (pp. 61–64). Poltava: RVV PDAU [in Ukrainian]
11. Gyrka, A. D., Pedash, O. O., Kulyk, I. O., Viniukov, O. O., Ischenko, V. A. (2017). Productivity of winter wheat after winter rape regards sowing time and seeding rate in Ukrainian Steppe conditions. *Ukrainian Journal of Ecology*, 7 (1), 30–36.
12. Krivenko, A. I., Pochkolina, S. V., & Bezede, N. G. (2019). Productivity and quality of grain of promising varieties of winter wheat at different sowing periods in the conditions of the southern Steppe of Ukraine. *Taurian Scientific Herald*, 107, 78–85. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.107.10>
13. Kochmarskyi, V. S. (2008). Posivni yakosti nasinnia pshenytsi m'iakoi ozymoi zalezno vid strokiv sivby v umovakh Pravoberezhnogo Lisostepu Ukrainy. *Nasinnystvo*, 5, 15–18. [in Ukrainian]
14. Lytvynenko, M. A., & Lifenko, S. P. (2004). Vplyv strokiv sivby i subletalnykh zymovykh temperatur na vyzhyvanist ta vrozhaist ozymoi pshenytsi. *Visnyk Ahrarnoi Nauky*, 5, 27–31. [in Ukrainian]
15. Liu, J., He, Q., Zhou, G., Song, Y., Guan, Y., Xiao, X., Sun, W., Shi, Y., Zhou, K., Zhou, S., Wu, Y., Ma, S., & Wang, R. (2023). Effects of sowing date variation on winter wheat yield: conclusions for suitable sowing dates for high and stable yield. *Agronomy*, 13 (4), 991. <https://doi.org/10.3390/agronomy13040991>
16. Liu, J., Shen, Y., Zeng, C., Zhang, J., Shi, S., Xue, L., Jia, Y., Li, J., & Liang, X. (2025). Effects of sowing time on yield and quality of winter and spring wheat varieties. *Sustainability*, 17 (6), 2479. <https://doi.org/10.3390/su17062479>
17. Morales, E., & Fang, Y. (2021). Early yield prediction of winter wheat using two-dimensional deep regression and sowing data. *arXiv preprint*. 2021. Retrieved from: <https://arxiv.org/abs/2111.08069>
18. Petrychenko, V., & Kornijchuk, O. (2018). Factors of stabilization of production of grain of winter wheat in Right-bank Forest-Steppe region. *Visnyk Ahrarnoi Nauky*, 96 (2), 17–23. <https://doi.org/10.31073/agroviznyk201802-03>

19. Petrychenko, V. F., Lykhochvor, V. V., Kornichuk, O. V., & Olifir, Y. M. (2021). The yield of winter wheat depending on sowing terms. *Ukrainian Journal of Ecology*, 11 (3), 161–166.
20. Pol'ovyy, V., Lukaschuk, L., & Guk, L. (2018). Efficiency of intensification of technique of growing winter wheat in Western Forest-Steppe. *Visnyk Agrarnoi Nauky*, 96 (11), 35–40. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201811-05>
21. Pravdziva, I., Vasylenko, N., Khoroshko, N., & Zaima, O. (2024). Variability of the weight of 1000 grains and the nature of the grain of winter wheat depending on sowing dates. *Foothill and Mountain Agriculture and Stockbreeding*, 76 (1), 58–68. [https://doi.org/10.32636/01308521.2024-\(76\)-1-6](https://doi.org/10.32636/01308521.2024-(76)-1-6)
22. Sarhadi, W. A., Yousofzai, W., Shams, S., Sahes, A. K., & Rateb, A. (2024). Sowing dates effects and varieties comparison and their interaction on yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 12 (s1), 2015–2020. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v12is1.2015-2020.6927>
23. Srivastava, P., Müller, H., & Reichelt, S. (2021). CNN-based yield forecasting of winter wheat using environmental and phenological data. *arXiv preprint*. Retrieved from: <https://arxiv.org/abs/2105.01282>
24. Sviderko, M. S., Shuvar, A. M., & Tkachenko, L. Yu. (2015). Fotosintetichna produktivnist roslin ozimoyi pshenici zalezho vid strokiv sivbi. *Peredhirne ta Hirske Zemlerobstvo i Tvarynyystvo*, 58 (2), 90–97. [in Ukrainian]
25. Tishchenko, V. N., Tomina, M. V., & Dubenets, M. V. (2014). Formuvannya ta minlyvist oznak u pshenitsi ozymoyi v stresovykh umovakh seredovyshcha. *Sortovyvchennya ta Okhorona Prav na Sorty Roslyn*, 2, 18–22. [in Ukrainian]
26. Ulich, O. L. (2014). Vplyv strokiv sivbi na realizaciyu potencialu produktivnosti suchasni sortiv pshenici. *Plant Varieties Studying and Protection*, 4, 58–62.
27. Yarchuk, I. I., & Melnik, T. V. (2018). Stroki sivbi i normi visivu pshenici tverdoyi ozimoyi. *Grain Crops*, 2 (1), 94–100. [in Ukrainian]
28. Zaika, Ye. V. (2020). Assessment of winter bread wheat samples for yield and ecological plasticity. *Faktori Eksperimental'noi Evolucii Organizmiv*, 27, 232–238. <https://doi.org/10.7124/feeo.v27.1332>
29. Zhang, Z., Cheng, S., Fan, P., Zhou, N., Xing, Z., Hu, Y., Xu, F., Guo, B., Wei, H., & Zhang, H. (2023). Effects of sowing date and ecological points on yield and the temperature and radiation resources of semi-winter wheat. *Journal of Integrative Agriculture*, 22 (5), 1366–1380. <https://doi.org/10.1016/j.jia.2022.08.029>
30. Zhao, H., Zhou, G., Qi, Y., Geng, J., Tian, X. (2024). Effects of sowing date adjustment on yield and quality of winter wheat and summer maize in Northern area of North China. *Scientia Agricultura Sinica*, 57 (15), 2964–2985.

ORCID

R. Dudka 
V. Onipko 

<https://orcid.org/0009-0001-7867-6882>

<https://orcid.org/0000-0002-2260-971X>



2025 by the author(s). This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.