

УДК 633.16«321»: 631.559: 631.53.048: 631.816.1

Урожайність зерна ячменю ярого залежно від впливу умов вегетації за різних строків сівби та технологічних факторів

 Р. І. Климишена

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», вул. Шевченка, 12, м. Кам'янець-Подільський, Хмельницька обл., 32316, Україна, e-mail: KlymyshenaRI@gmail.com

Мета. Установити залежність урожайності зерна ячменю ярого від впливу абіотичних факторів зовнішнього середовища під час вирощування за різних строків сівби та норм висіву насіння. **Методи.** Дослідження проводили протягом 2018–2022 рр. на дослідних полях ЗВО «Подільський державний університет», зона Західного Лісостепу України. Сорт ячменю ярого 'Себаст'ян'. Строки сівби – 10, 20, 30 березня, 9 та 19 квітня; норми висіву – 200, 250 і 300 схожих насінин/м²; фони живлення – N₃₀P₄₅K₄₅ та N₆₀P₉₀K₉₀. **Результати.** Установлено, що максимальна врожайність зерна формувалася за ранніх строків сівби. За сівби 10 березня середня врожайність становила 6,80 т/га на фоні N₃₀P₄₅K₄₅ та 8,33 т/га на фоні N₆₀P₉₀K₉₀. Відтермінування сівби на кожні 10 днів спричиняло істотне зниження врожайності: на другий строк – на 6,5 %, третій – на 9,5 %, четвертий – на 17,5 %, п'ятий – більш як на 50 % порівняно з попереднім. Мінімальна урожайність (3,25–3,52 т/га) відзначена за сівби 19 квітня. Норми висіву насіння також впливали на продуктивність: за ранніх строків істотної різниці між 250 і 300 насінин/м² не виявлено, тоді як 200 насінин/м² забезпечували стабільно нижчі результати. За пізніших строків сівби (квітневих) різниця між усіма варіантами норм висіву була достовірною, що зумовлено зниженням здатності рослин до кущіння. Загалом більш високий агрофон (N₆₀P₉₀K₉₀) забезпечував приріст урожайності на 0,9–1,5 т/га. **Висновки.** Урожайність ячменю ярого суттєво залежить від строків сівби, норм висіву насіння та рівня мінерального живлення. Найвищу ефективність забезпечує ранньовесняна сівба (10 березня) з нормою висіву 250–300 схожих насінин/м². Запізнення із сівбою призводить до істотних втрат урожаю, що сягають понад 50 % за сівби у другій половині квітня. Оптимізація строків і норм висіву в поєднанні з підвищеним агрофоном дає можливість максимально реалізувати біологічний потенціал сорту та забезпечити стабільне отримання високих урожаїв зерна.

Ключові слова: ячмінь ярий; абіотичні умови середовища; фон живлення; строки сівби; норми висіву; урожайність зерна.

Вступ

У сучасних умовах кліматичних змін та зростаючих вимог до ефективності агровиробництва особливої актуальності набуває питання підвищення врожайності сільськогосподарських культур шляхом оптимізації технологічних прийомів вирощування. Ячмінь ярий є однією з важливих зернових культур, яка широко вирощується в Україні та інших країнах світу завдяки своїй універсальності, скоростиглості та добрій адаптивності до різних умов [1].

Однак потенціал урожайності ячменю ярого часто не реалізується повною мірою через неврахування специфіки умов вегетації. Строки сівби та технологічні чинники, як-от норми висіву, обробіток ґрунту, удобрення та захист рослин, істотно впливають на ріст, розвиток та формування врожаю культури. Водночас нестійкість погодних умов в період вегетації може як посилити, так і нівелювати ефективність застосованих технологічних заходів [2].

Таким чином, виникає потреба в комплексному вивченні взаємозв'язку між агротехнічними факторами та кліматичними умовами вегетаційного періоду для забезпечення стабільної врожайності зерна ячменю ярого. Це дасть змогу сформулювати науково обґрунтовані рекомендації щодо адаптивного управління технологією вирощування культури в умовах регіональних змін клімату.

Досконалість та безперервний розвиток технологій вирощування зернових культур полягає в необхідності забезпечення в процесі вирощування раціонального використання ресурсів середовища, тобто абіотичних факторів з метою максимально можливої реалізації біологічного потенціалу продуктивності посівів. Інтенсифікація рослинництва за рахунок технологічних факторів, таких як застосування мінеральних добрив, проведення фоліарного підживлення є досить затратними агротехнологічними заходами. Є резерви, які напряду належать до факторів вегетації, передусім, це сонячне світло та прихід тепла [3, 4]. Ранньовесняні позитивні температури прогривають ґрунт і забезпечують акумульованим теплом процес проростання насіння. Рослини ячменю відносяться до групи С₃ і стійкі до понижених температур. Біологічна регуляція росту й розвитку ячменю ярого особливо під час вегетативного стану рослин підпорядковується впливу зовнішніх умов середовища. До основних факторів умов середовища на які реагують рослини належать тривалість світлового періоду доби, забезпечення теплом, позитивні, активні та ефективні температури. Ячмінь входить до числа культур довгого дня, у зв'язку з цим біологічні особливості та закономірності розвитку обмежені в часовому вимірі періоду від зародження вегетативних органів (коренів, листків, пагонів) до настання генеративного стану рослин. На що важливо звернути увагу? Кожен день із запізненням строку сівби весняних посівів ячменю ярого спричиняє до зменшення тривалості цього періоду, що призводить до зниження потенціалу продуктивності рослин і до значних втрат урожайності зерна.

Урожайність зернових культур встановлюється у фізичних одиницях: ц/га або т/га. Рівень урожайності зерна ячменю ярого характеризує стан досконалість технології вирощування та її розвиток, а також і економічну доцільність процесу вирощування в заданих параметрах забезпечення розвитку рослин.

Сучасні технологічні тренди вирощування ячменю вказують на те, що топ країн з технологічним розвитком процесу вирощування – Франція, Німеччина, Іспанія та ін. використовують прецизійне землеробство, зокрема GPS-картування, значна увага надана зміні норм висіву насіння, а також моніторингу за допомогою дронів. Одним з найбільших експортерів зерна ячменю в світі є Австралія. Технологія країни характеризується в процесі вирощування ячменю застосуванням дистанційного моніторингу, аналізу ґрунтової вологи для забезпечення оптимізації розвитку рослин, а також використанням стійких сортів в екстремальних умовах вирощування. Австралія також застосовує системи консерваційного землеробства для збереження вологи в ґрунті з метою забезпечення ефективного розвитку рослин та високого рівня урожайності. В Україні набуває розвиток точного землеробства за необхідності створення високопродуктивних посівів – це зокрема диференційоване внесення мінеральних добрив, автоматизоване керування технічними агрегатами, важливого значення надається прийомам локалізованого дозованого удобрення. Австралія, Канада, ЄС, США, Україна є лідерами сучасного процесу розвитку агротехнологій вирощування ячменю.

З технологічної точки зору рівень урожайності зерна ячменю ярого слід характеризувати деталізованим аналізом ефективності системи та задіяних складових чинників впливу. Важливі аспекти досягнення високого рівня урожайності, до яких належать ґрунтові та агрохімічні фактори, екологічні та кліматичні умови, а також біологічні фактори, які включають сучасні сорти з підвищеною стійкістю до хвороб та кліматичних стресів [5].

Основне завдання технологічного процесу вирощування ячменю ярого полягає в необхідності забезпечення максимально ефективного використання природних умов середовища, тобто абіотичних факторів [6, 7]. Біологічні та технологічні фактори спрямовані саме на вирішення цього важливого завдання, безпосередньо на основі реалізації базових особливостей та властивостей культури, які зосереджені в структурі ДНК. В Україні агросектор, як галузь, найбільшою мірою залежить від кліматичних умов. Для обґрунтування стратегії сталого розвитку агропромисловості фундаментального значення набувають дослідження впливу сучасних змін агрокліматичних ресурсів на ріст та розвиток рослин агрокультур. Адаптація технологій вирощування до змін кліматичних умов має бути спрямована на важливе завдання раціонального використання ресурсів середовища. Вирішення практичних проблем адаптації технологій агросектору в конкретних регіональних територіях стримується недостатньо поширеними результатами наукових експериментів, а також обмеженою кількістю досліджень щодо сприятливості природних екосистем, зокрема для ранніх зернових культур. Реалізація біологічного потенціалу ячменю ярого в агросекторі зернових культур за оцінки сприятливості середовища ранніх строків сівби до продукційної здатності агрофітоценозу належить до ключових сучасних завдань збалансованого наукового обґрунтованого технологічного рішення забезпечення процесу вирощування культури.

Дослідники П. С. Гнатів та О. Й. Качмар [8] звертають увагу на тенденцію стабільного збільшення теплових ресурсів вегетаційного періоду і зробили висновок про те, що ці процеси характерні для західних територій України. Проте важлива специфічна особливість теплозабезпечення по відношенню до ростових процесів ячменю ярого полягає не тільки в середньорічних температурах повітря, але і в тому, що прихід тепла нині настає раніше порівняно з двадцятирічною давністю. Це забезпечує фізичний стан ґрунту в польових умовах за якого настає можливим технологічний процес сівби. Іноді така сприятливість залежно від умов року буває строкатою та динамічно не стабільною. Потепління змінюється короточасним похолоданням і випаданням опадів, яке згодом відновлюється знову. Це звичайно вимагає оперативного виконання господарських весняно-польових робіт.

Мета досліджень – установити залежність урожайності зерна ячменю ярого від впливу абіотичних факторів зовнішнього середовища під час вирощування за різних строків сівби та норм висіву насіння.

Матеріали та методика досліджень

Дослідження виконані впродовж 2018–2022 рр. на дослідних полях ЗВО «Подільський державний університет» в умовах Західного Лісостепу України.

Об'єкт дослідження – сорт ячменю ярого 'Себастьян', процеси формування урожайності зерна. Облікова площа дослідної ділянки – 20 м², розміщення ділянок у чотирьох повтореннях. Строки проведення сівби: перший – 10 березня, другий – 20 березня, третій – 30 березня, четвертий – 9 квітня, п'ятий – 19 квітня. Норми висіву – 200; 250; 300 схожих насінин/м². Фони мінерального живлення N₃₀P₄₅K₄₅ та N₆₀P₉₀K₉₀.

Тип ґрунту – чорнозем опідзолений глеюватий середньосуглинковий, за фізичними та агрохімічними властивостями характеризується, як сприятливий для вирощування сільськогосподарських культур. Вміст гумусу – 3,2 %. Забезпеченість елементами живлення: азот лужногідролізований – 100 мг на 1 кг ґрунту, рухомий фосфор P₂O₅ – 176 мг на 1 кг ґрунту, обмінний калій K₂O – 160 мг на 1 кг ґрунту. Реакція ґрунтового розчину близька до нейтральної або нейтральна – рН сольової витяжки 6,8–7,0 мг-екв/100 г ґрунту, кислотність гідролітична низька 0,56–0,62 мг-екв/100 г ґрунту, сума поглинутих основ 32–36 мг-екв/100 г ґрунту. Вміст гумусу встановлювали за методом Тюріна, лужногідролізованого азоту – за методом Корнфілда, рухомого фосфору та обмінного калію – за методом Чирікова, суму поглинутих основ – за методом Каппена – Гільковіця, реакцію ґрунтового розчину рН сольове – за потенціометричним методом, гідролітичну кислотність – за методом Каппена.

У роки проведення досліджень погодні умови були типовими для цієї зони і сприятливими для росту й розвитку рослин ячменю та формування врожаю і якості насіння.

Для математичного аналізу отриманих результатів досліджень використано дисперсійний аналіз на основі статистичного методу Duncan' s Multiple Range Test [9].

Результати досліджень

Найважливішим доводом при спрямуванні до адаптації технології вирощування ячменю ярого за сприятливості сучасних умов середовища до ранньовесняної сівби є отримані експериментальні результати врожайності зерна (табл. 1).

Основними факторами варіації умов середовища є зміни тривалості світлового періоду доби та температурний режим повітря. Перший із них зонально територіально за місцем організації досліджень є стабільним щорічно, а температурний режим належить до погодної характеристики. Особливо специфічну важливу роль у розвитку ячменю відіграє температурний фактор до настання сходів. Особливість цього розвитку полягає у співвідношенні процесів розвитку кореневої системи та пагону, що можна встановити на основі аналізу даних біологічної маси та вмісту сухої речовини цих вегетативних структур рослини після настання сходів.

Ячмінь належить до культур довгого дня, відповідно тривалість світлового періоду доби відіграє ключову роль в реалізації процесу куціння рослин ячменю, в результаті якого відбувається формування структури агрофітоценозу за різного співвідношення біологічних компонентів. Організація високопродуктивного агрофітоценозу ячменю ярого за впливом природних факторів вегетації на основі біологічних засад розвитку рослин культури надає можливість з максимальною результативністю використати агротехнологічні фактори.

Таблиця 1

Урожайність зерна ячменю ярого залежно від впливу умов вегетації за різних строків сівби та норм висіву насіння, т/га (середнє за 2018 – 2022 рр.)

Строк сівби	Фон N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅				Фон N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀			
	Норма висіву, шт./м ²							
	200	250	300	середнє за фактором А	200	250	300	середнє за фактором А
Перший	6,620	6,888	6,897	6,801	8,035	8,485	8,483	8,334
Другий	6,206	6,471	6,486	6,388	7,464	7,825	7,832	7,707
Третій	5,601	5,940	5,957	5,833	6,878	7,187	7,172	7,079
Четвертий	4,745	4,988	5,160	4,964	5,313	5,630	5,863	5,602
П'ятий	3,054	3,238	3,448	3,247	3,320	3,518	3,720	3,519
Середнє за фактором В	5,245	5,505	5,590	5,447	6,202	6,529	6,614	6,448

Урожайність зерна ячменю в задіяному дослідженні представлена в таблиці 1, де показано результати впливу умов середовища за різних строків сівби і норм висіву насіння на обох фонах мінерального живлення N₃₀P₄₅K₄₅ та N₆₀P₉₀K₉₀. Узагальнена встановлена закономірність полягає в тому, що максимальні рівні урожайності зерна ячменю отримано за ранніх строків сівби. З відтермінуванням строків сівби на кожних 10 днів починаючи від першого 10 березня показники урожайності істотно ставали меншими (табл. 2). За статистичним аналізом доведено, що щорічно умови середовища істотно впливали на рівень урожайності зерна ячменю із зміщенням строків сівби на 10 днів. За першого строку сівби 10 березня в середньому за п'ять років на фоні N₃₀P₄₅K₄₅ урожайність становила 6,801 т/га. У результаті проведеної сівби через 10 днів умови природних факторів середовища спричиняли до зменшення продуктивності посівів ячменю порівняно до результатів отриманих за першого строку сівби. Розбіжність даних на достовірному рівні становить 0,413 т/га. Умови забезпечення росту та розвитку рослин ячменю ярого за третього строку сівби спричиняли зменшенню урожайності зерна порівняно до результатів отриманих за другого строку, де достовірна різниця становить 0,555 т/га. Наступний строк сівби через 10 днів від третього строку проведеного 30 березня забезпечив рівень урожайності ячменю 4,964 т/га, що менше на достовірному рівні на 0,869 т/га. Умови п'ятого строку сівби проведеного 19 квітня щорічно найменшою мірою сприяли розвитку рослин та реалізації їх біологічного потенціалу. Рівень урожайності зерна в середньому за п'ять років становив 3,247 т/га, що менше даних отриманих за четвертого строку сівби на 1,717 т/га.

Таблиця 2

Залежність рівня врожайності зерна ячменю ярого від впливу умов середовища за різних строків сівби на фоні мінерального живлення N₃₀P₄₅K₄₅, т/га (тест Дункана)

Строк сівби	Рік						Гомогенні групи				
	2018	2019	2020	2021	2022	середнє	1	2	3	4	5
1	7,196	7,104	6,966	6,505	6,236	6,801	***				
2	6,697	6,626	6,566	6,153	5,897	6,388		***			
3	6,019	5,840	6,120	5,713	5,473	5,833			***		
4	5,426	5,035	5,136	4,727	4,498	4,964				***	
5	3,416	3,419	3,476	3,074	2,848	3,247					***

Установлено, що в разі зміщення строків сівби на 10 днів починаючи від першого, проведеного 10 березня, за вирощування ячменю ярого на фоні мінерального живлення N₃₀P₄₅K₄₅ відбувається поступово істотне зниження рівня врожайності зерна. За другого строку порівняно до першого – на 6,5 %, за третього порівняно до другого – на 9,5 %, за четвертого порівняно до третього – на 17,5 % і за п'ятого порівняно до результатів отриманих за четвертого строку – на 52,9 %.

Нині нормам висіву насіння в розвитку технологій вирощування зернових культур надається досить вагоме значення. Особливо важливого значення надається процесу становлення агрофітоценозу порівняно невисоких норм висіву насіння. Відомо, що норми висіву впливають на процес диференціації формування посівів у співвідношенні головних пагонів та пагонів кушення, відповідно і на співвідношення біологічних компонентів структури урожайності. У цьому аналізі результатів дослідження роль норм висіву насіння неоднозначна за різних строків сівби на процес формування урожайності зерна ячменю. Аналіз даних таблиці 1 показує, що при висіві насіння в кількості 200 шт./м² незалежно від строків сівби урожайність зерна була стабільно істотно меншою порівняно до результатів отриманих при висіві насіння 250 та 300 шт./м² (табл. 3, 4).

Збільшення норм висіву насіння до 250 та 300 шт./м² за першого, другого та третього строків сівби не призводило до істотних змін рівня урожайності зерна ячменю ярого. Відповідно груповий аналіз даних на основі тесту Дункана показує щорічно відсутність достовірних розбіжностей показників урожайності зерна за дотримання цих норм висіву (табл. 3).

Таблиця 3

**Оцінка впливу норм висіву насіння на урожайність зерна ячменю ярого
за впливом факторів вегетації першого, другого та третього строків сівби
на фоні мінерального живлення N₃₀P₄₅K₄₅, т/га (тест Дункана)**

Норма висіву, насінин/м ²	Рік						Гомогенні групи	
	2018	2019	2020	2021	2022	середнє	1	2
200	6,507	6,342	6,323	5,896	5,643	6,142	***	
250	6,698	6,607	6,655	6,230	5,976	6,433		***
300	6,707	6,619	6,674	6,244	5,988	6,446		***

Проте за умов росту й розвитку рослин ячменю при пізніших строках сівби (четвертий та п'ятий) на процес формування врожаю вплив норм висіву насіння 250 та 300 шт./м² характеризується іншими закономірностями (табл. 4).

Таблиця 4

**Оцінка впливу норм висіву насіння на урожайність зерна ячменю ярого
за впливом факторів вегетації четвертого та п'ятого строків сівби
на фоні мінерального живлення N₃₀P₄₅K₄₅, т/га (тест Дункана)**

Норма висіву, насінин/м ²	Рік						Гомогенні групи		
	2018	2019	2020	2021	2022	середнє	1	2	3
200	4,274	3,972	4,098	3,691	3,462	3,899	***		
250	4,422	4,248	4,311	3,905	3,678	4,113		***	
300	4,566	4,461	4,508	4,106	3,879	4,304			***

Установлено, що кожна з норм висіву щорічно за їх збільшення істотно впливала на підвищення рівня урожайності зерна. Відповідно встановлена розбіжність характеризується показниками різниці між даними норм висіву насіння 200 та 250 шт./м², де вона становить 0,214 т/га, а між даними норм висіву 250 та 300 шт./м² – 0,191 т/га. Таку закономірність можна пояснити процесом куштиння рослин, який за пізніших строків сівби значно послаблюється і врожайність більшою мірою зумовлюється кількістю головних пагонів, яка на пряму залежить від норми висіву насіння.

Аналіз даних оцінки впливу природних факторів середовища за різних строків сівби на урожайність зерна ячменю ярого при внесенні норми мінеральних добрив N₆₀P₉₀K₉₀ характеризує отримані результати без відхилень порівняно до закономірностей встановлених при вирощуванні на фоні N₃₀P₄₅K₄₅. Щорічно при кожному наступному строку сівби через 10 днів розпочинаючи від першого проведеного 10 березня врожайність стабільно ставала істотно меншою. Відповідно максимальні результати отримано за першого строку сівби, де за груповим аналізом показник становив 8,334 т/га (табл. 5). За умов вегетації рослин ячменю другого строку сівби урожайність зерна зменшилася на 0,627 т/га і становила 7,707 т/га. Абіотичні умови середовища за впливом на розвиток рослин ячменю, коли сівба була проведена у третій строк спричиняли до подальшого зниження продуктивності посівів. У результаті урожайність зерна в середньому по фактору характеризується показником на рівні 7,097 т/га, що менше порівняно до даних першого строку сівби на 1,255 т/га. За четвертого строку урожайність зерна 5,602 т/га зменшилася порівняно до даних першого строку сівби на 2,732 т/га. Найменшою врожайність виявилася при забезпеченні сівби у п'ятий строк – 3,519 т/га.

Таблиця 5

**Залежність рівня урожайності зерна ячменю ярого від впливу умов середовища
за різних строків сівби на фоні мінерального живлення N₆₀P₉₀K₉₀, т/га (тест Дункана)**

Строк сівби	Рік						Гомогенні групи				
	2018	2019	2020	2021	2022	середнє	1	2	3	4	5
1	8,719	8,521	8,539	8,079	7,815	8,334	***				
2	8,269	8,048	7,766	7,354	7,098	7,707		***			
3	7,543	7,363	7,179	6,775	6,534	7,079			***		
4	6,330	5,920	5,609	5,190	4,960	5,602				***	
5	4,093	3,582	3,650	3,249	3,024	3,519					***

У задіяному дослідженні залежність урожайності зерна ячменю від норм висіву аналогічна до результатів отриманих при вирощуванні рослин на фоні мінерального живлення норми добрив $N_{30}P_{45}K_{45}$. Встановлено, що при вирощуванні ячменю на фоні мінерального живлення норми добрив $N_{60}P_{90}K_{90}$ за першого, другого та третього строків сівби при збільшенні висіву насіння до 250 та 300 шт./м² урожайність істотно була більшою порівняно до результатів отриманих при висіві 200 шт./м² (табл. 6). Проте істотної різниці між даними норм висіву насіння 250 та 300 шт./м² за впливом на урожайність зерна не встановлено. У середньому за результатом групового аналізу на основі тесту Дункана по фактору норми висіву насіння отримано показник урожайності 7,459 т/га відповідно при нормі 200 шт./м², що знаходиться в першій статистичній групі, а показники 7,832 та 7,829 т/га відповідно при нормах 250 та 300 шт./м², які знаходяться в другій статистичній групі.

Таблиця 6

Оцінка впливу норм висіву насіння на урожайність зерна ячменю ярого за впливом факторів вегетації першого, другого та третього строків сівби на фоні мінерального живлення $N_{60}P_{90}K_{90}$, т/га (тест Дункана)

Норма висіву, насінин/м ²	Рік						Гомогенні групи	
	2018	2019	2020	2021	2022	середнє	1	2
200	7,989	7,605	7,601	7,176	6,923	7,459	***	
250	8,266	8,169	7,946	7,517	7,264	7,832		***
300	8,276	8,158	7,937	7,515	7,261	7,829		***

Такий результат урожайності зерна ячменю ярого зумовлюють норми висіву насіння, як технологічний фактор за розвитку рослин при проведенні сівби у перший, другий та третій строки. Вплив норм висіву насіння за умови розвитку рослин, коли сівбу проводили у четвертий та п'ятий строки сівби відрізняється тим, що кожна із них за статистичними розрахунками відповідно рівня урожайності зерна виділяється в окрему статистичну групу (табл. 7).

Таблиця 7

Оцінка впливу норм висіву насіння на врожайність зерна ячменю ярого за впливом факторів вегетації четвертого та п'ятого строків сівби на фоні мінерального живлення $N_{60}P_{90}K_{90}$, т/га (тест Дункана)

Норма висіву, насінин/м ²	Рік						Гомогенні групи		
	2018	2019	2020	2021	2022	середнє	1	2	3
200	5,012	4,526	4,360	3,958	3,730	4,317	***		
250	5,197	4,744	4,656	4,250	4,023	4,574		***	
300	5,426	4,984	4,873	4,451	4,223	4,791			***

Це стверджує за даними врожайності 4,317; 4,574 та 4,791 т/га відповідно до норм висіву насіння 200, 250 та 300 шт./м², закономірність про те, що від кожної із цих норм залежить кінцевий результат процесу вирощування. Аналіз даних урожайності зерна ячменю ярого залежно від впливу норм висіву насіння за четвертого та п'ятого строків сівби характеризується за середньостатистичними даними розбіжністю між даними норм висіву 200 та 250 шт./м² – на рівні 0,257 т/га, а між даними за порівняння норм висіву насіння 250 та 300 шт./м² – на рівні 0,217 т/га.

Висновки

Отже, результати проведеного дослідження впливу факторів включених в експеримент на урожайність зерна ячменю ярого характеризуються наступними закономірностями: відтермінування строків сівби на 10 днів від першого строку, проведеного 10 березня, призводить до істотних втрат урожайності зерна. Відповідно до першого, другого, третього, четвертого та п'ятого строків сівби в процесі вирощування ячменю ярого на фоні мінерального живлення за норми внесення $N_{30}P_{45}K_{45}$ у середньому по досліді встановлені рівні врожайності зерна 6,801; 6,388; 5,833; 4,964 та 3,247 т/га. За аналогічного порядку відповідно строків сівби отримано показники урожайності зерна 8,334; 7,707; 7,079; 5,602 та 3,519 т/га за вирощування на фоні мінерального живлення за норми внесення $N_{60}P_{90}K_{90}$.

За вирощування ячменю за умов розвитку рослин при забезпеченні сівби у перший, другий та третій строки встановлено істотне збільшення врожайності зерна на рівнозначному рівні показників при дотриманні норм висіву насіння 250 та 300 шт./м² порівняно результатів отриманих при дотриманні норми 200 шт./м². Показники урожайності зерна відповідно порядку зазначених норм висіву насіння в середньому по досліді становлять 6,142; 6,433 та 6,446 т/га – на фоні $N_{30}P_{45}K_{45}$ і 7,459; 7,832 та 7,829 т/га – на фоні $N_{60}P_{90}K_{90}$.

За умов розвитку рослин у разі сівби у четвертий та п'ятий строки встановлено істотний приріст урожайності зерна при збільшенні норм висіву насіння. Відповідно до норм 200, 250 та 300 шт./м² урожайність у середньому по досліді на фоні удобрення N₃₀P₄₅K₄₅ становила 3,899; 4,113 та 4,304 т/га і на фоні удобрення N₆₀P₉₀K₉₀ – 4,317; 4,574 та 4,791 т/га.

Використана література

1. Bratković K., Luković K., Perišić V. et al. Interpreting the interaction of genotype with environmental factors in barley using partial least squares regression model. *Agronomy*. 2024. Vol. 14, Iss. 1. Article 194. <https://doi.org/10.3390/agronomy14010194>
2. Тараріко О. Г., Ільєнко Т. В., Кучма Т. Л. Вплив змін клімату на продуктивність та валові збори зернових культур: аналіз та прогноз. *Український географічний журнал*. 2016. № 1. С. 14–22. <https://doi.org/10.15407/ugz2016.01.014>
3. Balabukh V. O., Tarariko O. H., Iliencko T. V., Velychko V. A. Influence of changes in air temperature on crop productivity formation in Ukraine at the turn of XX–XXI centuries (1981–2010). *Agricultural Science and Practice*. 2021. Vol. 8, Iss. 3. P. 71–87. <https://doi.org/10.15407/agrisp8.03.071>
4. Kosová K., Prášil I. T., Vítámvás P. Protein contribution to plant salinity response and tolerance acquisition. *International Journal of Molecular Sciences*. 2013. Vol. 14. P. 6757–6789. <https://doi.org/10.3390/ijms14046757>
5. Гораш О. С., Климишена Р. І. Ячмінь: управління пивоварною якістю. Кам'янець-Подільський : Рута, 2020. 260 с.
6. Klymyshena R., Horash O., Myalkovsky R. et al. Evaluation of barley plants growth and development at the beginning of tillering phenophase at different sowing dates. *Scientific Horizons*. 2024. Vol. 27, Iss. 7. P. 87–96. <https://doi.org/10.48077/scihor7.2024.87>
7. Klymyshena R., Horash O. The dependence of the duration of the germination phase of spring barley on the temperature regime of the soil. *AgroLife Scientific Journal*. 2024. Vol. 13, Iss. 2. P. 134–146. <https://doi.org/10.17930/AGL2024212>
8. Гнатів П. С., Качмар О. Й. Флуктуації клімату та погодні умови рільництва на заході України. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2025. Вип. 77(1). С. 41–54. [https://doi.org/10.32636/01308521.2025-\(77\)-1-4](https://doi.org/10.32636/01308521.2025-(77)-1-4)
9. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica 6.0. Київ : ПоліграфКонсалтинг, 2007. 55 с.

References

1. Bratković, K., Luković, K., Perišić, V., Savić, J., Maksimović, J., Adžić, S., Rakonjac, A., & Matković Stojšin, M. (2024). Interpreting the Interaction of Genotype with Environmental Factors in Barley Using Partial Least Squares Regression Model. *Agronomy*, 14(1), 194. <https://doi.org/10.3390/agronomy14010194>
2. Tarariko, O. H., Iliencko, T. V., & Kuchma, T. L. (2016). The impact of climate hange on productivity and gross harvest of grain crops: analysis and forecast. *Ukrainian Geographical Journal*, 1, 14–22. <https://doi.org/10.15407/ugz2016.01.014> [In Ukrainian]
3. Balabukh, V., Tarariko, O., Iliencko, T., & Velychko, V. (2021). Influence of changes in air temperature on crop productivity formation in Ukraine at the turn of XX–XXI centuries (1981–2010). *Agricultural Science and Practice*, 8(3), 71–87. <https://doi.org/10.15407/agrisp8.03.071>
4. Kosová, K., Prášil, I. T., & Vítámvás, P. (2013). Protein contribution to plant salinity response and tolerance acquisition. *International Journal of Molecular Sciences*, 14, 6757–6789. <https://doi.org/10.3390/ijms14046757>
5. Horash, O. S., & Klymyshena, R. I. (2020). *Barley: Brewing quality management*. Ruta. [In Ukrainian]
6. Klymyshena, R., Horash, O., Myalkovsky, R., Vilchynska, L., & Nochvina, O. (2024). Evaluation of barley plants growth and development at the beginning of tillering phenophase at different sowing dates. *Scientific Horizons*, 27(7), 87–96. <https://doi.org/10.48077/scihor7.2024.87>
7. Klymyshena, R., & Horash, O. (2024). The dependence of the duration of the germination phase of spring barley on the temperature regime of the soil. *AgroLife Scientific Journal*, 13(2), 134–146. <https://doi.org/10.17930/AGL2024212>
8. Hnativ, P., & Kachmar, O. (2025). Climate fluctuations and weather conditions for crop farming in western Ukraine. *Foothill and Mountain Agriculture and Stockbreeding*, 77(1), 41–54. [https://doi.org/10.32636/01308521.2025-\(77\)-1-4](https://doi.org/10.32636/01308521.2025-(77)-1-4) [In Ukrainian]
9. Ermantraut, E. R., Prysiashniuk, O. I., & Shevchenko, I. L. (2007). *Statistical analysis of agronomic experimental data in Statistica 6.0*. PolihrafKonsaltnyh. [In Ukrainian]

UDC 633.16«321»: 631.559: 631.53.048: 631.816.1

Klymyshena, R. I. (2025). Grain yield of spring barley under different conditions of vegetation season, timing of sowing, and technological factors. *Advanced Agritechnologies*, 13(2). <https://doi.org/10.47414/na.13.2.2025.339672> [In Ukrainian]

HEI «Podillia State University», 12 Shevchenko St., Kamianets-Podilskyi, Khmelnytskyi region, 32316, Ukraine, e-mail: KlymyshenaRI@gmail.com

Purpose. To investigate the influence of abiotic environmental factors during vegetation season, different sowing dates and seed rates on the spring barley grain yield. **Methods.** The study was conducted on the experimental fields of the Podillia State University, located in the Western Forest Steppe zone of Ukraine, in 2018–2022. The spring barley variety ‘Sebastian’ was used. Sowing dates included 10, 20, and 30 March, as well as 9 and 19 April. Seed rates were 200, 250, and 300 viable seeds/m². Nutrient backgrounds were N₃₀P₄₅K₄₅ and N₆₀P₉₀K₉₀. **Results.** Maximum grain yield was achieved with early sowing dates. On 10 March, the average yield was 6.80 t/ha under N₃₀P₄₅K₄₅ and 8.33 t/ha under N₆₀P₉₀K₉₀. Delaying sowing by each successive 10-day interval led to a significant reduction in yield: 6.5% at the second date, 9.5% at the third, 17.5% at the fourth, and over 50% at the fifth date compared to the previous. The lowest yield (3.25–3.52 t/ha) was recorded for sowing on 19 April. Seed rates also affected productivity. Under early sowing, no significant difference was observed between seed rates of 250 and 300 seeds/m², whereas 200 seeds/m² consistently resulted in lower yields. Under later sowing dates (April), differences between all seed rates were statistically significant, attributed to reduced tillering capacity. Overall, the higher doses of nutrients (N₆₀P₉₀K₉₀) provided an additional yield increase of 0.9–1.5 t/ha. **Conclusions.** The yield of spring barley is significantly affected by sowing date, seeding rate, and mineral nutrition doses. The highest efficiency was achieved at early spring sowing (10 March) at a rate of 250–300 seeds/m². Late sowing in the second half of April led to substantial yield losses, exceeding 50%. Optimising sowing dates and seed rates in combination with enhanced nutrient doses enables full realisation of the variety’s biological potential and ensures consistently high grain yields.

Keywords: spring barley; abiotic environmental conditions; nutrient regime; sowing date; seed rate; grain yield.

Надійшла / Received 07.08.2025
Погоджено до друку / Accepted 27.08.2025