

УДК [631.531.04:577.1]:[633.16:581.144]
DOI 10.31654/2786-8478-2025-BN-4-35-41

Ворона В. І.

аспірант кафедри біології
Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя
voronavladyslav@ndu.edu.ua
orcid.org/0000-0009-0004-6380-7554

Гавій В. М.

кандидат біологічних наук, доцент кафедри біології
Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя
gaviyv@gmail.com
orcid.org/0000-0002-2604-0456

ВПЛИВ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ МЕТАБОЛІЧНО АКТИВНИМИ РЕЧОВИНАМИ НА ФОРМУВАННЯ КОРЕНЕВОЇ СИСТЕМИ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО

Ярий ячмінь належить до провідних зернових культур і має суттєве значення для сільського господарства України та багатьох інших країн світу. Це культура, яку висівають навесні та отримують урожай у той самий вегетаційний період, що робить її особливо важливою для регіонів із холодними зимами та нестійкими кліматичними умовами. Формування кореневої системи ячменю ярого є важливим чинником, що визначає рівень росту, розвитку та продуктивність культури, забезпечує ефективніше використання ґрунтових ресурсів та підвищує адаптивний потенціал рослин. Тому, метою нашої роботи було дослідження впливу передпосівної обробки насіння метаболічно активними речовинами на формування кореневої системи ячменю ярого. Для проведення досліджень було використано ячмінь ярий сорту Маріон, який характеризується скоростиглістю, посухостійкістю та високою стійкістю до основних захворювань, зокрема борошнистої роси, бурої іржі та гельмінтоспоріозу. Час обробки насіння ячменю ярого метаболічно активними речовинами складав 2 год. Після обробки насіння проводили висів ячменю ярого вузькорядним способом у ґрунт дослідної ділянки. З'ясовано, що передпосівна обробка насіння ячменю ярого метаболічно активними речовинами сприяє стимуляції ризогенезу та лінійному росту вузлових додаткових коренів на всіх досліджених фазах росту і розвитку. Найбільший ефект спостерігається у рослин, насіння яких перед посівом було оброблене комбінаціями вітамін E+убіхнон-10, вітамін E+ параоксibenзойна кислота + метіонін+ MgSO₄, та вітамін E+метіонін+MgSO₄. Найінтенсивніше зазначені комбінації метаболічно активних речовин стимулювали ризогенез та лінійний ріст додаткових коренів у фазах кущення та колосіння, що забезпечує рослині оптимальні умови для формування генеративних органів ячменю.

Використання ефективних метаболічно активних речовин для передпосівної обробки насіння може бути рекомендоване як елемент технології вирощування ячменю для підвищення продуктивності культури за рахунок розвитку потужної кореневої системи у ґрунтово-кліматичних умовах Чернігівської області.

***Ключові слова:** метаболічно активні сполуки, насіння ячменю ярого, лінійний ріст, ризогенез, додаткові корені.*

Вступ. Ярий ячмінь належить до провідних зернових культур і має суттєве значення для сільського господарства України та багатьох інших країн світу [1]. Це яра культура, яку висівають навесні та отримують урожай у той самий вегетаційний

період, що робить її особливо важливою для регіонів із холодними зимами та нестійкими кліматичними умовами [2]. Основними напрямками використання ярого ячменю є годівля сільськогосподарських тварин, виробництво солоду для пивоварної промисловості, а також застосування у харчових цілях [3]. Високий вміст крохмалю та білка зумовлює його цінність як складової комбікормів [4].

Формування кореневої системи ячменю ярого є важливим чинником, що визначає рівень росту, розвитку та продуктивності культури [5]. Коренева система забезпечує рослини водою і поживними речовинами, а її активний розвиток на ранніх етапах онтогенезу сприяє підвищенню стійкості рослин до несприятливих умов середовища [6]. У зв'язку з цим у сучасних дослідженнях значна увага приділяється передпосівній обробці насіння стимуляторами росту як елементу технології вирощування зернових культур [7]. За даними низки авторів, застосування фізіологічно активних сполук перед сівбою позитивно впливає на енергію проростання насіння та активізує процеси ризогенезу [7, 8]. Зокрема, встановлено, що такі речовини здатні модулювати гормональний баланс рослин, посилюючи поділ і подовження клітин у кореневих меристемах, що сприяє формуванню більш розвиненої кореневої системи [7, 8]. Це має особливе значення для ячменю ярого, який чутливо реагує на дефіцит вологи та елементів живлення [5, 9]. Результати експериментальних досліджень свідчать, що передпосівна обробка насіння стимуляторами росту сприяє збільшенню кількості додаткових коренів і покращенню їх лінійного росту у зернових культур [8, 9]. Покращення морфометричних показників кореневої системи забезпечує ефективніше використання ґрунтових ресурсів та підвищує адаптивний потенціал рослин [6]. Водночас наголошується, що ефективність дії фізіологічно активних речовин залежить від їх складу, концентрації та сортових особливостей культури [7]. Разом із тим аналіз літератури показує, що питання впливу передпосівної обробки насіння метаболічно активними речовинами на формування кореневої системи ячменю ярого в ґрунтово-кліматичних умовах Чернігівської області залишаються недостатньо висвітленими.

Тому, метою нашої роботи є дослідження впливу передпосівної обробки насіння метаболічно активними речовинами на формування кореневої системи ячменю ярого.

Матеріали та методика досліджень. Для проведення досліджень було використано ячмінь ярий сорту Маріон, який створений на Носівській селекційно-дослідній станції [1]. Сорт характеризується скоростиглістю, посухостійкістю та високою стійкістю до основних захворювань, зокрема борошнистої роси, бурої іржі та гелмінтоспоріозу [2]. Він рекомендований для вирощування в умовах зон Лісостепу та Полісся, відзначається стійкістю до вилягання й осипання [3]. Експериментальні дослідження проводили на базі навчально-дослідної агробіостанції Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя на спеціально підготовлених дослідних ділянках протягом 2025 року. Перед посівом ґрунт культивували, ділянки вимірювали, розподіляли за варіантами та повторностями, а насіння обробляли досліджуваними речовинами відповідно до схеми досліду:

1. Контроль – насіння без обробки (оброблене дистильованою водою).
2. Насіння, оброблене комбінацією вітаміну Е (10^{-8} М) + метіонін (0,001%) + $MgSO_4$ (0,001%) – ЕММg.
3. Насіння, оброблене комбінацією вітаміну Е (10^{-8} М) + параоксисензойна кислота (ПОБК) (0,001%) + метіонін (0,001%) + $MgSO_4$ (0,001%) – ЕМПМg.
4. Насіння, оброблене комбінацією вітаміну Е (10^{-8} М) + ПОБК (0,001%) та $MgSO_4$ (0,001%) – ЕПМg.
5. Насіння, оброблене комбінацією вітаміну Е (10^{-8} М) та убихінону-10 (10^{-8} М) – ЕQ.

Час обробки насіння ячменю ярого метаболічно активними речовинами складав 2 год. Після обробки насіння проводили висів ячменю ярого вузькорядним способом у ґрунт дослідної ділянки [6]. У процесі дослідження визначали основні

біометричні показники росту й розвитку кореневої системи ячменю ярого за загально-прийнятими методиками. Отримані результати підлягали статистичній обробці із застосуванням методів математичної статистики та стандартних функцій спеціалізованого програмного забезпечення MS Office Excel [6].

Результати досліджень та їх обговорення. У результаті досліджень встановлено, що використання метаболічно активних речовин для передпосівної обробки насіння впливає на формування додаткових коренів і загальну кількість коренів у рослин ячменю ярого у фазу кущення. Найбільша довжина коренів спостерігалася у рослин, що розвинулися з насіння, обробленого перед посівом комбінацією ЕММg, показники яких перевищували контрольні значення на 10,4 %. Високу стимулюючу дію на лінійний ріст коренів також виявлено у рослин ячменю ярого, насіння яких піддавали передпосівній обробці поєднанням вітаміну Е та убіхінону-10. Передпосівна обробка насіння метаболічно активними речовинами позитивно впливала і на кількість коренів у рослин ячменю ярого. Найбільш виражений ефект стимуляції процесів ризогенезу відзначено у варіанті з обробкою насіння ЕММg, де кількість коренів перевищувала контрольні показники на 10,2 %. В інших експериментальних варіантах значення показників були на рівні контролю (табл. 1).

Таблиця 1

Вплив передпосівної обробки насіння метаболічно активними речовинами на формування кореневої системи ячменю ярого сорту Маріон

Варіант	Лінійний ріст бічних коренів		Кількість бічних коренів	
	см	% до контролю	шт	% до контролю
Фаза кущення				
Контроль	9,2±0,4	100,0	8,8±0,6	100,0
ЕММg	10,2±0,6*	110,4	9,7±0,5*	110,2
ЕМПМg	9,9±0,5*	108,2	9,2±0,4	104,5
ЕПМg	9,3±0,3	100,8	8,7±0,3	98,9
EQ	10,1±0,4*	109,9	9,3±0,4	105,7
Фаза колосіння				
Контроль	25,1± 0,4	100,00	18,0± 0,4	100
ЕММg	28,2±0,5*	112,8	20,3±0,5*	112,8
ЕМПМg	27,3±0,3*	119,2	19,7±0,5*	109,4
ЕПМg	25,0±0,6	99,6	18,2± 0,5	101,1
EQ	27,5±0,4*	110,1	19,8±0,6*	110,0
Фаза формування зерна				
Контроль	30,0± 0,5	100,00	24,0± 0,6	100,00
ЕММg	35,1±0,6*	116,7	26,8±0,7*	111,7
ЕМПМg	32,2±0,4*	117,3	27,0±0,5*	112,5
ЕПМg	30,8± 0,5	102,7	25,1± 0,6	104,6
EQ	33,5± 0,4*	111,7	26,5±0,7*	110,4

Примітка. * – Різниця достовірна порівняно з контролем (p<0,05)

У фазі колосіння лінійний ріст додаткових вузлових коренів у контрольній групі рослин ячменю становив 18,0 см. Обробка насіння ячменю метаболічно активними речовинами призвела до помітних змін. У рослин ячменю, насіння яких перед посівом

обробляли ЕММg, довжина коренів досягала 20,3 см, що на 12,8 % перевищувало показники контролю. Це свідчить про високий стимулюючий ефект цієї композиції на ріст додаткових коренів у критичний період формування колосу.

У рослин ячменю ярого, насіння якого перед посівом обробляли комбінацією ЕМПМg довжина коренів становила 19,7 см, що на 9,4 % більше за контрольні показники. Для групи рослин ячменю ярого, передпосівна обробка насіння якого була здійснена комбінацією EQ, лінійний ріст коренів становив 19,8 см, що на 10,0 % перевищує контрольні показники. У рослин, насіння яких перед посівом було оброблене ЕПМg, показник лінійного росту коренів залишався на рівні 18,0 см і не відрізнявся від показників контролю (табл.1).

Середня кількість додаткових коренів у рослин ячменю у контролі становила 25,0 шт. За проведення передпосівної обробки насіння комбінацією ЕММg цей показник збільшився до 28,2 шт, що на 12,8 % перевищував контрольні значення. У рослин ячменю, насіння якого перед посівом обробляли ЕМПМg кількість коренів досягла 27,3 шт, що на 9,2 % більше за показники контролю, а в групі рослин, насіння яких перед посівом було оброблене EQ – 27,5 шт, що на 10,0 % перевищує контрольні показники (табл.1). Такий позитивний вплив досліджуваних комбінацій метаболічно активних речовин можна пояснити тим, що вітамін Е та убіхінон-10 беруть участь у біоенергетичних процесах, а параоксibenзойна кислота є природною фенольною сполукою, що виконує важливі функції у рослинному метаболізмі. Вона діє, як антиоксидант і прооксидант, стимулює альтернативну оксидазу та регулює активність антиоксидантних ферментів [10]. Крім того, параоксibenзойна кислота виконує функцію сигнальної молекули під час формування захисних реакцій, що сприяє підвищенню системної стійкості рослин до несприятливих чинників навколишнього середовища [11]. Метіонін є попередником у синтезі гормонів росту та бере участь у регуляції відкриття продихів [12]. Компоненти магнію сульфату також відіграють важливу роль у метаболічних процесах клітини: магній діє як кофермент у складі ферментів, що регулюють білковий синтез, а сульфур входить до складу важливих амінокислот (метіоніну, цистину, цистеїну), а також вітамінів (тіаміну, біотину) і ферментів (дегідрогеназ та інших) [13].

Таким чином, передпосівна обробка насіння метаболічно активними речовинами стимулює як лінійний ріст, так і формування додаткових вузлових коренів у фазі колосіння. Результати свідчать, що використання ЕММg, ЕМПМg та EQ для обробки насіння перед посівом може бути ефективним елементом технології вирощування ячменю, підвищуючи його продуктивність за рахунок розвитку потужної кореневої системи у фазі колосіння.

У фазі формування зерна, коли рослина переходить від кінця цвітіння до водянистої фази наливу зерна, показники лінійного росту вузлових коренів у контрольній групі становили 24,0 см. Обробка насіння метаболічно активними речовинами призвела до помітного стимулюючого ефекту. Рослини ячменю, насіння яких перед посівом обробляли ЕММg, мали довжину коренів 26,8 см, що на 11,7 % перевищувало показники контролю.

У групі рослин ячменю, передпосівна обробка насіння якого була здійснена комбінацією ЕМПМg, довжина додаткових коренів склала 27,0 см, що на 12,5 % більше за контрольні значення, тоді як рослини ячменю, насіння якого перед посівом було оброблене EQ мали довжину додаткових коренів 26,5 см, що на 10,4 % перевищувало контрольні показники (табл.1).

Щодо кількості вузлових додаткових коренів, контрольна група рослин ячменю мала 30,0 шт. За передпосівної обробки насіння ЕММg середня кількість коренів у рослин ячменю у зазначену фазу зросла до 35,0 шт, що на 16,7 % більше за контрольні показники. У рослин ячменю, насіння якого перед посівом зазнало обробки комбінаціями метаболічно активних речовин EQ та ЕМПМg середня кількість вузлових

коренів становила 33,5 шт. та 32,2 шт., що на 11,7 % та 7,3 % більше за контрольні показники відповідно (табл. 1).

Висновки. Передпосівна обробка насіння ячменю ярого метаболічно активними речовинами сприяє стимуляції ризогенезу та лінійному росту додаткових коренів на всіх досліджених фазах росту і розвитку. Найбільший ефект спостерігається у рослин, насіння яких перед посівом було оброблене комбінаціями EQ, ЕМПМg та ЕММg. Найінтенсивніше зазначені комбінації метаболічно активних речовин стимулюють ризогенез та лінійний ріст коренів у фазах куцання та колосіння, що забезпечує рослині оптимальні умови для формування генеративних органів ячменю.

Використання ефективних метаболічно активних речовин для передпосівної обробки насіння може бути рекомендоване як елемент технології вирощування ячменю для підвищення продуктивності культури в ґрунтово-кліматичних умовах Чернігівської області.

Література

1. Косаківська І. В., Щербатюк М. М., Васюк В. А., Войтенко Л. В. Фітогормони у регуляції росту та формуванні стресостійкості зернових культур. *Фізіологія рослин і генетика*. 2024. Т. 56, № 2. С. 130–150.
2. Косаківська І. В., Золотарьова О. К., Войтенко Л. В. Сучасні напрями досліджень фізіологічно активних речовин у рослинництві. *Фізіологія рослин і генетика*. 2025. Т. 57, № 2. С. 137–151.
3. Семенко Л. М., Веремейєнко С. І., Бикін А. В., Кучер Л. О. Ефективність застосування стимуляторів росту рослин на посівах пшениці озимої в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Scientific Horizons*. 2025. Т. 28, № 3.
4. Ліхущина Г. А., Скнипа Н. Л. Вплив регуляторів росту та фонів живлення на біометричні показники пшениці озимої. *Зернові культури*. 2024. Т. 8, № 1. С. 45–53.
5. Короткова І. В., Горобець М. В., Чайка Т. О. Вплив стимуляторів росту на ріст і продуктивність ячменю ярого. *Scientific Progress & Innovations*. 2021. № 3. С. 62–68.
6. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Костогрив П. В., Опришко В. П. Основи наукових досліджень в агрономії: підручник / За ред. В. О. Єщенка. Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс і К», 2014. 332 с.
7. Маренич М. М., Шевченко І. М., Бондаренко С. П. Ефективність гумінових стимуляторів за передпосівної обробки насіння зернових культур. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2023. № 2. С. 74–81.
8. Гурба В. С., Баган А. В. Вплив стимуляторів росту на посівні якості насіння пшениці м'якої озимої. *Матеріали наукових конференцій ПДАУ*. 2025. С. 112–115.
9. Дмитров С. Г., Саблук В. Т. Формування кореневої системи сільськогосподарських культур за дії біологічно активних речовин. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2022. № 4. С. 58–66.
10. Rozhnova N. A., Gerashchenkov G. A. Effect of ubiquinone 50 and viral infection on phytohemagglutinin activity in development of induced resistance in tobacco plants. *Izv. Akad. Nauk Ser. Biol.* 2008. №35. P. 442–447.
11. Cho J.-Y., Moon J.-H., Seong K.-Y., Park K.-H. Antimicrobial Activity of 4-Hydroxybenzoic Acid and trans 4-Hydroxycinnamic Acid Isolated and Identified from Rice Hull. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*. 2008. № 62(11). P. 2273–2276.
12. Roje S. S-Adenosyl-L-methionine: Beyond the universal methyl group donor. *Phytochemistry*, 2006. №67. P. 1686-1698.
13. Azizi K., Yaghobi M., Hidayi S., Chaeichi M. R., Roham R. Effects of different methods of magnesium sulphate application on qualitative and quantitative yield of lentil (*Lens culinaris* Medik.) cultivars under Khorramabad climatic conditions of Iran. *Res. Crops*, 2011. №12. P. 103–111.

References

1. Kosakivska, I. V., Shcherbatiuk, M. M., Vasiuk, V. A., Voytenko, L. V. (2024). Fitohormony u rehuliacii rostu ta formuvanni stresostiikosti zemovykh kultur [Phytohormones in

growth regulation and formation of stress resistance of cereal crops]. *Fiziolohiia roslyn i henetyka – Plant Physiology and Genetics*. 56 (2). 130–150 [in Ukrainian].

2. Kosakivska, I. V., Zolotarova, O. K., Voytenko, L. V. (2025). Suchasni napriamy doslidzhen fiziolohichno aktyvnykh rehovyn u roslynnystvi [Current research trends in physiologically active substances in crop production]. *Fiziolohiia roslyn i henetyka – Plant Physiology and Genetics*. 57 (2). 137–151 [in Ukrainian].

3. Semenko, L. M., Veremeienko, S. I., Bykin, A. V., Kucher, L. O. (2025). Efektyvnist zastosuvannya stymulatoriv rostu roslyn na posivakh pshenytsi ozymoi v umovakh Livoberezhnogo Lisostepu Ukrainy [Effectiveness of plant growth stimulants on winter wheat crops under conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Scientific Horizons*. 28 (3) [in Ukrainian].

4. Likhushyna, H. A., Sknyipa, N. L. (2024). Vplyv rehulatoriv rostu ta foniv zhyvlennia na biometrichni pokaznyky pshenytsi ozymoi [Influence of plant growth regulators and nutrition backgrounds on biometric parameters of winter wheat]. *Zernovi kultury – Grain Crops*. 8 (1). 45–53 [in Ukrainian].

5. Korotkova, I. V., Horobets, M. V., Chaika, T. O. (2021). Vplyv stymulatoriv rostu na rist i produktyvnist yachmeniu yaroho [Influence of growth stimulants on growth and productivity of spring barley]. *Scientific Progress & Innovations*. (3). 62–68 [in Ukrainian].

6. Pysarenko, P. V., Zaiets, S. O., Vasylenko, R. M., Shcherbyna, Z. V. (2025). Zastosuvannya rehulatoriv rostu roslyn na posivakh kukurudzy v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy [Application of plant growth regulators on maize crops in the Southern Steppe of Ukraine]. *Melioratsiia i vodne hospodarstvo – Land Reclamation and Water Management*. (1). 89–97 [in Ukrainian].

7. Marenych, M. M., Shevchenko, I. M., Bondarenko, S. P. (2023). Efektyvnist huminovnykh stymulatoriv za peredposivnoi obrobky nasinnia zemovykh kultur [Effectiveness of humic stimulants in pre-sowing seed treatment of cereal crops]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahromoi akademii – Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*. (2). 74–81 [in Ukrainian].

8. Hurba, V. S., Bahan, A. V. (2025). Vplyv stymulatoriv rostu na posivni yakosti nasinnia pshenytsi miakoi ozymoi [Influence of growth stimulants on sowing qualities of soft winter wheat seeds]. *Materialy naukovykh konferentsii Poltavskoi derzhavnoi ahromoi akademii – Proceedings of Scientific Conferences of Poltava State Agrarian University*. 112–115 [in Ukrainian].

9. Dymyrov, S. H., Sabluk, V. T. (2022). Formuvannya korenevoi systemy silskohospodarskykh kultur za dii biolohichno aktyvnykh rehovyn [Formation of the root system of agricultural crops under the influence of biologically active substances]. *Visnyk ahromoi nauky Prychomomoria – Bulletin of Agrarian Science of the Black Sea Region*. (4). 58–66 [in Ukrainian].

10. Rozhnova, N. A., & Gerashchenkov, G. A. (2008). Effect of ubiquinone 50 and viral infection on phytohemagglutinin activity in development of induced resistance in tobacco plants. *Izvestiya Akademii Nauk. Seriya Biologicheskaya*, no. 35, pp. 442–447. [in English].

11. Jeong-Yong, C., Jae-Hak, M., Ki-Young, S., & Keun-Hyung, P. (2008). Antimicrobial activity of 4-hydroxybenzoic acid and trans 4-hydroxycinnamic acid isolated and identified from rice hull. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, no. 62(11), pp. 2273–2276. [in English].

12. Roje, S. (2006). S-Adenosyl-L-methionine: Beyond the universal methyl group donor. *Phytochemistry*, 67, 1686–1698. [in English].

13. Azizi, K., Yaghobi, M., Hidary, S., Chaeichi, M. R., & Roham, R. (2011). Effects of different methods of magnesium sulphate application on qualitative and quantitative yield of lentil (*Lens culinaris* Medik.) cultivars under Khorramabad climatic conditions of Iran. *Research on Crops*, 12, 103–111. [in English].

Vorona V.

Postgraduate Student (Specialty 091 – Biology and Biochemistry)

Nizhyn Mykola Gogol State University

voronavladyaslav@ndu.edu.ua

orcid.org/0009-0004-6380-7554

Havii V.

candidate of biological sciences, Assistant Professor,
Department of Biology Nizhyn Mykola Gogol State University
gaviyv@gmail.com
orcid.org/0000-0002-2604-0456

EFFECT OF PRE-SOWING SEED TREATMENT WITH METABOLICALLY ACTIVE SUBSTANCES ON THE FORMATION OF THE ROOT SYSTEM OF SPRING BARLEY

Spring barley is one of the leading cereal crops and is of significant importance for agriculture in Ukraine and many other countries worldwide. It is a crop sown in spring and harvested within the same growing season, which makes it especially important for regions with cold winters and unstable climatic conditions. The formation of the root system of spring barley is a key factor determining plant growth, development, and productivity, ensuring more efficient use of soil resources and enhancing the adaptive potential of plants.

Therefore, the aim of this study was to investigate the effect of pre-sowing seed treatment with metabolically active substances on the formation of the root system of spring barley. The experiments were conducted using spring barley of the Marion cultivar, which is characterized by early maturity, drought tolerance, and high resistance to major diseases, including powdery mildew, brown rust, and helminthosporiosis. The time of treatment of spring barley seeds with metabolically active substances was 2 hours. After seed treatment, spring barley was sown in a narrow-row method in the soil of the experimental plot. It was found that pre-sowing treatment of spring barley seeds with metabolically active substances promotes stimulation of rhizogenesis and linear growth of nodal adventitious roots at all studied stages of growth and development. The greatest effect was observed in plants whose seeds were treated before sowing with combinations of vitamin E + ubiquinone-10, vitamin E + para-hydroxybenzoic acid + methionine + MgSO₄, and vitamin E + methionine + MgSO₄. These combinations of metabolically active substances most intensively stimulated rhizogenesis and linear root growth during the tillering and heading stages, thereby providing optimal conditions for the formation of generative organs in barley plants.

The use of effective metabolically active substances for pre-sowing seed treatment can be recommended as an element of barley cultivation technology to increase crop productivity due to the development of a powerful root system under the soil and climatic conditions of the Chernihiv region.

Key words: metabolically active compounds, spring barley seeds, linear growth, rhizogenesis, adventitious roots.

**Стаття до редакції надійшла 28.11.2025 року
Рецензія на статтю надійшла 15.12.2025 року**