

УДК 631.531.04:577.1:633.16:581.144
DOI 10.31654/2786-8478-2026-BN-2-25-34

Ворона В. І.

аспірант кафедри біології
Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя
voronavladyaslav@ndu.edu.ua
orcid.org/0009-0004-6380-7554

Гавій В. М.

кандидат біологічних наук, доцент кафедри біології
Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя
gaviyv@gmail.com
orcid.org/0000-0002-2604-0456

**ФІЗІОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ЗА ПЕРЕДПОСІВНОЇ
ОБРОБКИ НАСІННЯ МЕТАБОЛІЧНО АКТИВНИМИ РЕЧОВИНАМИ**

Ярий ячмінь є однією з провідних зернових культур, що має важливе значення для аграрного сектору України та інших країн. Як культура весняного висіву, він проходить повний цикл розвитку протягом одного вегетаційного періоду, що забезпечує можливість його вирощування в регіонах із холодними зимами та нестабільними кліматичними умовами. Ячмінь широко використовують у кормо-виробництві, пивоварній промисловості для отримання солоду, а також у харчовій сфері. Завдяки високому вмісту крохмалю та білка він є цінним компонентом кормових сумішей.

Важливим чинником росту та продуктивності ярого ячменю є розвиток кореневої системи. Вона забезпечує рослини водою й поживними речовинами, а її активне формування на ранніх етапах онтогенезу підвищує стійкість культури до несприятливих умов довкілля. У зв'язку з цим актуальним є застосування передпосівної обробки насіння метаболічно активними речовинами як елементу сучасних технологій вирощування зернових культур. Дослідження свідчать, що метаболічно активні речовини стимулюють утворення коренів. Їх дія пов'язана з регуляцією гормонального балансу, активізацією клітинного поділу й росту в зоні кореневих меристем, що сприяє формуванню більш розвиненої кореневої системи.

Це має особливе значення для ярого ячменю, який чутливий до дефіциту вологи та елементів живлення. Передпосівна обробка насіння сприяє збільшенню кількості додаткових коренів і посиленню їх росту, що покращує засвоєння ґрунтових ресурсів та адаптивні властивості рослин. Водночас ефективність дії метаболічно активних речовин залежить від їх складу, концентрації та біологічних особливостей сорту. Недостатньо дослідженим залишається вплив передпосівної обробки насіння метаболічно активними речовинами на розвиток кореневої системи ярого ячменю в умовах Чернігівської області.

Ключові слова: коренева система, бічні корені, хлорофіл, фотосинтетичні пігменти, кущення, колосіння.

Постановка проблеми. В умовах сучасного сільськогосподарського виробництва актуальним є пошук ефективних способів підвищення продуктивності ярого ячменю та його стійкості до несприятливих факторів довкілля. Одним із ключових чинників, що визначають ріст і розвиток рослин, є формування потужної кореневої системи, яка забезпечує ефективне поглинання води та елементів мінерального

живлення. Особливого значення це набуває в умовах нестабільного зволоження та зниження родючості ґрунтів, характерних для багатьох регіонів України.

Серед сучасних агротехнологічних заходів значну увагу приділяють передпосівній обробці насіння фізіологічно та метаболічно активними речовинами, здатними стимулювати проростання насіння, активізувати процеси коренеутворення та підвищувати адаптивні можливості рослин. Водночас ефективність дії таких речовин залежить від їх складу, концентрації, умов вирощування та біологічних особливостей культури. Незважаючи на наявність окремих досліджень щодо використання стимуляторів росту у зернових культур, вплив передпосівної обробки насіння метаболічно активними речовинами на розвиток кореневої системи ярого ячменю в умовах Чернігівської області вивчений недостатньо. Це зумовлює необхідність проведення досліджень, спрямованих на оцінку ефективності застосування таких речовин та їх впливу на морфо-фізіологічні показники рослин ярого ячменю.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Фізіологічні показники ярого ячменю значною мірою залежать від умов вирощування та застосування сучасних агротехнологічних прийомів, зокрема передпосівної обробки насіння фізіологічно активними речовинами [1–5]. У сучасних дослідженнях значна увага приділяється пошуку способів підвищення продуктивності зернових культур шляхом стимулювання фізіолого-біохімічних процесів у рослинах на ранніх етапах онтогенезу [6].

Встановлено, що передпосівна обробка насіння фізіологічно активними речовинами позитивно впливає на енергію проростання, схожість насіння та інтенсивність ростових процесів [7]. Дослідники відзначають, що застосування стимуляторів росту сприяє активізації ферментативної діяльності, посиленню синтезу білків і фотосинтетичних пігментів, а також оптимізації водного обміну рослин [7, 8]. Особливу роль у формуванні продуктивності ярого ячменю відіграє фотосинтетичний апарат, ефективність функціонування якого визначається вмістом хлорофілів та інтенсивністю накопичення органічної речовини [8].

За дослідженнями вчених, фізіологічно активні речовини здатні регулювати гормональний баланс рослин, стимулюючи процеси клітинного поділу та росту [8]. Це сприяє активнішому формуванню листової поверхні, посиленню розвитку кореневої системи та підвищенню адаптивного потенціалу рослин до дії абіотичних стресових чинників [6, 9]. Деякі автори вказують, що передпосівна обробка насіння фізіологічно активними речовинами забезпечує збільшення вмісту хлорофілу *a* і *b*, що позитивно впливає на інтенсивність фотосинтезу та продуктивність зернових культур [8].

Важливим показником фізіологічного стану рослин є також розвиток кореневої системи, яка забезпечує ефективне поглинання води та елементів мінерального живлення [5]. Доведено, що стимулятори росту можуть посилювати ризогенез, збільшувати кількість додаткових коренів та їх довжину, що покращує використання ґрунтових ресурсів [6, 9]. Це має особливе значення для ярого ячменю, який характеризується підвищеною чутливістю до дефіциту вологи та поживних речовин [5].

Незважаючи на значну кількість досліджень, питання впливу передпосівної обробки насіння метаболічно активними речовинами на фізіологічні показники ярого ячменю в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах, зокрема в умовах Чернігівської області, залишається недостатньо вивченими.

Мета статті. Дослідження впливу передпосівної обробки насіння метаболічно активними речовинами на фізіологічні показники ячменю ярого.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для проведення досліджень було використано ярий ячмінь сорту Маріан, створений на Носівській селекційно-дослідній станції. Сорт характеризується скоростиглістю, посухостійкістю та підвищеною стійкістю до основних грибних захворювань, зокрема борошнистої роси, бурої іржі та гелмінтоспоріозу. Він рекомендований для вирощування в умовах Лісостепу та Полісся, а також відзначається стійкістю до вилягання та осипання зерна.

Експериментальні дослідження проводили на базі навчально-дослідної агробіостанції Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя на спеціально підготовлених дослідних ділянках. Перед закладанням досліду ґрунт піддавали передпосівному обробітку (культивуація), після чого ділянки розмічали відповідно до схеми досліду з урахуванням варіантів та повторностей. Насіння ячменю перед посівом обробляли метаболічно активними речовинами згідно із прийнятою експериментальною схемою [8].

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)+ метіонін (0,001%)+параоксibenзойна кислота (ПОБК) (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 убіхінону-10 (10^{-8} М) – EQ.

Для визначення морфометричних показників на кожній із трьох фаз розвитку (кущення, колосіння) проводився відбір рослинних зразків у десятикратній повторюваності для кожного варіанта.

Визначення маси сирі та сухої речовини рослин ячменю проводили ваговим методом. Отримані дані підлягали математичній обробці методами варіаційної статистики з використанням пакетів аналізу даних для перевірки достовірності встановлених відхилень.

У процесі дослідження визначали біометричні показники розвитку кореневої системи рослин ячменю ярого, зокрема кількість коренів, за загальноприйнятими методиками польових і лабораторних досліджень рослин [10]. Вміст суми хлорофілів *a* і *b* у тканинах листків ячменю ярого визначали за допомогою спектрофотометричного методу [10]. Вимірювання оптичної густини досліджуваних розчинів проводили спектрофотометрично при довжинах хвиль 665, 654 та 649 нм. Як розчин порівняння використовували етиловий спирт.

Отримані експериментальні дані обробляли методами математичної статистики з використанням стандартних функцій програмного забезпечення Microsoft Office Excel. Результати подано як середні значення з оцінкою варіабельності показників.

Результати досліджень та їх обговорення. Коренева система визначає ефективність поглинання води та мінеральних елементів, що безпосередньо впливає на інтенсивність ростових процесів. Розвинена коренева система сприяє кращому забезпеченню рослин ресурсами, що, у свою чергу, стимулює формування більшої вегетативної маси.

У результаті проведених досліджень встановлено, що передпосівна обробка насіння ячменю ярого метаболічно активними речовинами суттєво впливає на формування кореневої системи рослин. Зокрема, у рослин ячменю, насіння, якого було оброблене перед посівом комбінацією ЕММg спостерігалось збільшення кількості додаткових коренів на 10,2% порівняно з контролем, що свідчить про виражений стимулювальний ефект цієї обробки на початкові етапи органогенезу. У насіння, що оброблялось ЕМПМg та EQ також відмічено тенденцію до збільшення кількості коренів, тоді як застосування комбінації ЕПМg не забезпечувало суттєвих змін цього показника і залишалось близьким до контрольних значень (табл. 1).

Аналіз накопичення біомаси рослинами ячменю ярого сорту Маріан показав, що передпосівна обробка насіння метаболічно активними речовинами суттєво впливає на збільшення маси сирі і сухої речовини рослин на усіх фазах росту і розвитку.

Так, у фазі кущення найкращі результати було зафіксовано у варіантах ЕММg та EQ, забезпечивши приріст маси сухої речовини на 12,5% та 10,1% відповідно. Це вказує на ефективну стимуляцію процесів фотосинтезу (табл. 2).

Таблиця 1

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

Варіант	Кількість додаткових коренів	
	шт	% до контролю
Фаза куцання		
Контроль	8,8±0,6	100,0
ЕММg	9,7±0,5#	110,2
ЕМПМg	9,2±0,4	104,5
ЕПМg	8,7±0,3	98,9
EQ	9,3±0,4	105,7
Фаза колосіння		
Контроль	18± 0,4	100
ЕММg	20,3±0,5#	112,8
ЕМПМg	19,7±0,5#	109,4
ЕПМg	18,2± 0,5	101,1
EQ	19,8±0,6#	110,0

Примітка. # - Різниця достовірна порівняно з контролем (p<0,05)

У фазі колосіння найефективніше стимулювала накопичення маси сирії та сухої речовини передпосівна обробка насіння комбінацією метаболічно активних речовин ЕММg, перевищуючи показники контролю на 13,4% та 15,1% відповідно (табл. 2).

Таблиця 2

Вплив передпосівної обробки насіння метаболічно активними речовинами на динаміку маси сирії та сухої речовин на фазі весняного куцання та колосіння

Варіант	Маса сирії речовини рослини, г	% до контролю	Маса сухої речовини рослини, г	% до контролю
Фаза куцання				
1 Контроль (дистильована вода)	2±0,09	—	0,3±0,016	—
2 ЕММg	2,22±0,08#	+11,1%	0,33±0,015#	+12,5%
3 ЕМПМg	2,16±0,05#	+7,6%	0,32±0,015#	+7,4%
4 ЕПМg	1,96±0,08	-2,30%	0,29±0,015	-0,70%
5 EQ	2,2±0,07#	+9,9%	0,33±0,014#	+10,1%
Фаза колосіння				
1 Контроль (дистильована вода)	15,01±0,5	—	3,45±0,12	—
2 ЕММg	17,03±0,6#	+13,4%	3,97±0,14#	+15,1%
3 ЕМПМg	16,22±0,5#	+8,1%	3,75±0,13#	+8,7%
4 ЕПМg	14,73±0,5	-1,90%	3,35±0,11	-2,90%
5 EQ	16,77±0,6#	+11,7%	3,9±0,13#	+13,0%

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

Таким чином, для оптимізації продукційного процесу ячменю сорту Маріан в умовах чорнозему опідзоленого доцільним є використання комбінацій метаболічно активних сполук EMMg та EQ.

Збільшення біомаси надземної частини є важливим показником фізіологічного стану рослин, оскільки воно пов'язане з підвищенням площі листкової поверхні. Це створює передумови для більш ефективного перебігу фотосинтетичних процесів. Відомо, що інтенсивність фотосинтезу прямо залежить від функціонального стану листкового апарату, зокрема від вмісту фотосинтетичних пігментів.

Аналіз вмісту фотосинтетичних пігментів показав, що досліджувані метаболічно активні речовини по-різному впливають на накопичення хлорофілів залежно від варіанта обробки. Найвищі значення хлорофілу *a*, *b* та суми хлорофілів зафіксовано у тканинах листків рослин, насіння якого оброблялось поєднанням ЕМГМg, що свідчить про посилення фотосинтетичної активності рослин під дією даної комбінації у фазі колосіння. У групі EQ також спостерігалось підвищення вмісту хлорофілу порівняно з контролем у фазі колосіння, тоді як у варіантах EMMg та ЕГМg зміни мали менш виражений характер (табл. 3).

Таблиця 3

Вплив передпосівної обробки насіння метаболічно активними речовинами на вміст хлорофілу у листках ячменю ярого сорту Маріан

Фаза кущення						
Варіант	Хлорофіл <i>a</i>	% до контролю	Хлорофіл <i>b</i>	% до контролю	Хлорофіл <i>a+b</i>	% до контролю
Контроль	3,28	100	1,82	100	5,10	100
EMMg	2,79	85,1	1,89	103,8	4,68	91,8
ЕМГМg	3,49	106,4	1,78	97,8	5,27	103,3
ЕГМg	4,59	139,9	1,92	105,5	6,51	127,3
EQ	2,68	81,7	1,17	64,3	3,85	75,5
Фаза колосіння						
Варіант	Хлорофіл <i>a</i>	% до контролю	Хлорофіл <i>b</i>	% до контролю	Хлорофіл <i>a+b</i>	<i>a+b</i> % до контролю
Контроль	4,47	100	2,12	100	6,59	100
EMMg	4,51	100,9	1,97	92,9	6,48	98,3
ЕМГМg	7,02	157	3,23	152,4	10,25	155,5
ЕГМg	3,72	83,2	1,45	68,4	5,17	78,5
EQ	5,46	122,1	2,38	112,3	7,84	119

Накопичення сухої маси рослин ячменю ярого тісно пов'язане з вмістом хлорофілу як основного фотосинтетичного пігменту, що визначає інтенсивність

асиміляційних процесів. Підвищення концентрації хлорофілу в листовому апараті сприяє більш ефективному поглинанню світлової енергії та активізації фотосинтезу, внаслідок чого зростає синтез органічних речовин і, відповідно, накопичення сухої речовини. Водночас збільшення біомаси супроводжується розширенням листової поверхні, що додатково підсилює фотосинтетичну продуктивність рослин.

У результаті досліджень встановлено наявність взаємозв'язку між накопиченням сухої маси рослин ярого ячменю та підвищенням вмісту хлорофілу. Зокрема, у фазі колосіння зразки, отримані з ділянок, де насіння було оброблене препаратом ЕМГПМг, характеризувалися зростанням сухої маси в середньому на 8,7% порівняно з контрольною групою, збільшенням кількості бічних коренів на 9,4% та підвищенням сумарного вмісту хлорофілу $a+b$ на 55,5%.

Подібна позитивна тенденція спостерігалась і в групі рослин, насіння яких перед посівом обробляли EQ, де приріст сухої маси становив 13% відносно контролю, кількість бічних коренів була в середньому на 10% більшою порівняно з контролем, а вміст хлорофілу $a+b$ перевищував контрольні значення на 19%.

У дослідженні простежується взаємозв'язок між розвитком кореневої системи, накопиченням біомаси та вмістом хлорофілу. Покращене мінеральне живлення, зумовлене активнішою роботою коренів, сприяє синтезу хлорофілів a і b , що є ключовими компонентами фотосинтетичного апарату. Зростання їх концентрації свідчить про підвищення фотосинтетичної активності рослин.

Отримані результати в процесі досліджень зумовлені високою біологічною активністю компонентів досліджуваних комбінацій та оптимально підібраними концентраціями застосованих сполук. Зокрема, вітамін Е характеризується вираженими антиоксидантними властивостями та в рослинному організмі виконує важливу роль складової захисної системи від окиснювального стресу [12]. Убіхінон активно залучений до метаболічних процесів рослин, проявляє антиоксидантну активність, а також бере участь у регуляції експресії генів і передачі внутрішньоклітинних сигналів [13]. Разом із пластохіноном він функціонує у процесах фотофосфорилування та окиснювального фосфорилування, які відбуваються відповідно у тилакоїдах хлоропластів і на внутрішній мембрані мітохондрій. Крім того, встановлено, що вітамін Е (α -токоферилацетат) та убіхінон здатні проявляти імуностимулювальну активність, а також характеризуються антифітовірусними й антибактеріальними властивостями [12].

Параоксibenзойна кислота має виражену антимікробну дію та здатна пригнічувати розвиток бактерій, цвілевих і інших грибів. Водночас ця сполука виконує функції сигнального посередника та стресового фітогормону [14]. Метіонін є важливим попередником у процесах біосинтезу фітогормонів росту [15]. Додатковим джерелом мінерального живлення рослин виступає сульфат магнію, який забезпечує надходження магнію – одного з основних елементів фотосинтетичного апарату. Магній входить до складу молекули хлорофілу, впливає на інтенсивність фотосинтезу, бере участь у транспорті фосфору та регуляції вуглеводного обміну, активує окисно-відновні процеси, входить до складу фітину й пектинових речовин, стимулює ферментативну активність і регулює колоїдно-хімічний стан протоплазми клітин [16].

Таким чином, отримані дані узгоджуються з уявленнями про тісний функціональний зв'язок між підземною та надземною частинами рослини. Посилення розвитку кореневої системи виступає одним із визначальних факторів підвищення продуктивності ячменю ярого через опосередкований вплив на біомасу та ефективність фотосинтезу.

Висновки і перспективи подальших досліджень. У результаті проведених досліджень встановлено, що передпосівна обробка насіння ячменю ярого метаболічно активними речовинами позитивно впливає на накопичення сухої маси рослин, розвиток кореневої системи та вміст фотосинтетичних пігментів залежно від фази онтогенезу. Найбільш виражене збільшення сухої маси відмічено у варіанті ЕМГПМг, де у фазі колосіння цей показник перевищував контроль у середньому на 8,7%, що

супроводжувалося також підвищенням кількості бічних коренів на 9,4% та значним зростанням вмісту хлорофілу *a+b* на 55,5%.

Стабільно високі показники за комплексом досліджуваних параметрів також відзначено у варіанті EQ, де накопичення сухої маси було на 13% вищим порівняно з контролем, кількість бічних коренів – на 10%, а вміст хлорофілу *a+b* – на 19% порівняно з контрольними значеннями.

Отримані результати відкривають низку напрямів для подальшого наукового дослідження. Насамперед доцільним є поглиблене вивчення фізіолого-біохімічних механізмів дії метаболічно активних речовин, зокрема їх впливу на гормональну регуляцію росту, активність антиоксидантної системи та інтенсивність фотосинтетичних процесів у ячменю ярого.

Перспективним є також дослідження тривалої післядії передпосівної обробки насіння на формування врожайності та якісних показників зерна, оскільки виявлені зміни у накопиченні сухої маси, розвитку кореневої системи та вмісту хлорофілу можуть мати відображення на продуктивності культури.

Окремої уваги потребує порівняльний аналіз ефективності різних комбінацій метаболічно активних речовин за різних ґрунтово-кліматичних умов, з метою виявлення ефективних варіантів для практичного застосування в умовах змінного зволоження та температурного режиму.

Список використаних джерел

1. Krämer U. et al. Root engineering in barley: increasing cytokinin degradation produces a larger root system and improved drought tolerance. *Plant Physiology*. 2018. Vol. 177. P. 163–178. DOI: 10.1104/pp.18.00199
2. Tessema B. B., Raffo M. A., Guo X. et al. Genomic prediction for root and yield traits of barley under a water availability gradient. *Plant Methods*. 2024. Vol. 20. P. 8. DOI: 10.1186/s13007-023-01121-y
3. Suizu M., Lindahl B. D., Müller C. W. et al. Quantification of barley root biomass in cultivar mixtures using genetic markers. *Plant Methods*. 2025. Vol. 21. P. 147. DOI: 10.1186/s13007-025-01464-8
4. Hajibarat Z., Saidi A., Ghazvini H. et al. Investigation of morpho-physiological traits and gene expression in barley under nitrogen deficiency. *Scientific Reports*. 2024. Vol. 14. Article 8875. DOI: 10.1038/s41598-024-59714-z
5. Xu Z., Jiang Y. et al. Distinct morphological, physiological and biochemical responses of barley to light quality in leaves and roots. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2019. Vol. 142. P. 382–391.
6. Langan P., Cavel É., Henchy J., Bernád V., Ruel P., O’Dea K., Yatagampitiya K., Demailly H., Gutierrez L., Negrão S. Evaluating waterlogging stress response and recovery in barley (*Hordeum vulgare* L.): an image-based phenotyping approach. *Plant Methods*. 2024. Vol. 20. Article 146. DOI: 10.1186/s13007-024-01256-6.
7. Писаренко П. В., Заєць С. О., Василенко Р. М., Щербина З. В. Застосування регуляторів росту рослин на посівах кукурудзи в умовах Південного Степу України. Меліорація і водне господарство. 2025. № 1. С. 89–97. DOI: <https://doi.org/10.31073/mivg202501-413>
8. 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.
DOI: <https://doi.org/10.47414/be.1-2.2022.271348>
9. 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.
10. Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В.П. Методи біологічних та агрономічних досліджень рослин і ґрунтів. Київ: ЗАТ «Нічлава», 2003. 320 с.
11. Основи наукових досліджень в агрономії: підручник / В.О. Єщенко, П.Г. Копитко, П.В. Костогриз; В.П. Опришко. За ред. В.О. Єщенка. Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс і К»», 2014. 332 с.

12. Li Q., Javed M., Haider M., Habib N., Rizwan M., Perveen R., Ali S., Alyemeni M., El-Serehy H., Al-Misned F. α -Tocopherol foliar spray and translocation mediates growth, photosynthetic pigments, nutrient uptake, and oxidative defense in Maize (*Zea mays* L.) under drought stress. *Agronomy*. 2020. Vol. 10 (9). P. 1235. DOI: 10.3390/agronomy10091235
13. Liu M., Lu S. Plastocyanin and ubiquinol in plants: Biosynthesis, physiological function and metabolic engineering. *Front Plant Sci*. 2016. Vol. 7. P. 1898. DOI: 10.3389/fpls.2016.01898
14. 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. DOI: 10.1271/bbb.62.2273
15. Roje S. S-Adenosyl-L-methionine: Beyond the universal methyl group donor. *Phytochemistry*, 2006. №67. P. 1686–1698. DOI: 10.1016/j.phytochem.2006.04.019
16. Azizi K., Yaghobi M., Hidary 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. Krämer, U. et al. (2018). Root engineering in barley: increasing cytokinin degradation produces a larger root system and improved drought tolerance. *Plant Physiology*, 177, 163–178. [in English]. DOI: 10.1104/pp.18.00199.
2. Tessema, B. B., Raffo, M. A., Guo, X. et al. (2024). Genomic prediction for root and yield traits of barley under a water availability gradient. *Plant Methods*, 20, 8. [in English]. DOI: 10.1186/s13007-023-01121-y.
3. Suizu, M., Lindahl, B. D., Müller, C. W. et al. (2025). Quantification of barley root biomass in cultivar mixtures using genetic markers. *Plant Methods*, 21, 147. [in English]. DOI: 10.1186/s13007-025-01464-8
4. Hajibarat Z., Saidi A., Ghazvini H. et al. Investigation of morpho-physiological traits and gene expression in barley under nitrogen deficiency. *Scientific Reports*. 2024. Vol. 14. Article 8875. DOI: 10.1038/s41598-024-59714-z.
5. Xu, Z., Jiang, Y. et al. (2019). Distinct morphological, physiological and biochemical responses of barley to light quality in leaves and roots. *Plant Physiology and Biochemistry*, 142, 382–391 [in English].
6. Langan P., Cavel É., Henchy J., Bernád V., Ruel P., O’Dea K., Yatagampitiya K., Demailly H., Gutierrez L., Negrão S. Evaluating waterlogging stress response and recovery in barley (*Hordeum vulgare* L.): an image-based phenotyping approach. *Plant Methods*. 2024. Vol. 20. Article 146. DOI: 10.1186/s13007-024-01256-6.
7. Pysarenko, P. V., Zaiets, S. O., Vasilenko, R. M., & Shcherbyna, Z. V. (2025). Zastosuvannia rehulatoriv rostu roslyn na posivakh kukurudzy v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy [Application of plant growth regulators on corn crops in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine]. *Melioratsiia i vodne hospodarstvo*, 1, 89–97. [in Ukrainian]. DOI: <https://doi.org/10.31073/mivg202501-413>
8. Dmytrov, S. H., & Sabluk, V. T. (2022). Formuvannia korenevoi systemy silskohospodarskykh kultur za dii biolohichno aktyvnykh rechovyn [Formation of the root system of agricultural crops under the influence of biologically active substances]. *Visnyk ahramoi nauky Prychornomor’ia – Bulletin of Agrarian Science of the Black Sea Region*. 4, 58–66. [in Ukrainian]. DOI: <https://doi.org/10.47414/be.1-2.2022.271348>
9. Hurba, V. S., & Bahan, A. V. (2025). Vplyv stymulatoriv rostu na posivni yakosti nasinnia pshenytsi miakoi ozymoi [Influence of growth stimulators on sowing qualities of soft winter wheat seeds]. *Materialy naukovykh konferentsii PDAU*, 112–115. [in Ukrainian].
10. Hrytsaienko, Z. M., Hrytsaienko, A. O., & Karpenko, V. P. (2003). *Metody biolohichnykh ta ahronomichnykh doslidzhen roslyn i gruntiv* [Methods of biological and agronomic research of plants and soils]. Kyiv: Nichlava. [in Ukrainian].
11. Yeshchenko V.O., Kopytko P.H., Kostohryz P.V., Opryshko V.P. (2014). Za red. V.O. Yeshchenka. *Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii: pidruchnyk / Vinnytsia: PP «TD «Edelweis i K»». 332 s.* [in Ukrainian].

12. Li, Q., Javed, M., Haider, M., Habib, N., Rizwan, M., Perveen, R., Ali, S., Alyemeni, M., El-Serehy, H., & Al-Misned, F. (2020). α -Tocopherol foliar spray and translocation mediates growth, photosynthetic pigments, nutrient uptake, and oxidative defense in maize (*Zea mays* L.) under drought stress. *Agronomy*, 10(9), 1235. [in English]. DOI: 10.3390/agronomy10091235
13. Liu, M., & Lu, S. (2016). Plastoquinone and ubiquinone in plants: Biosynthesis, physiological function and metabolic engineering. *Frontiers in Plant Science*, 7, 1898. [in English]. DOI: 10.3389/fpls.2016.01898
14. Cho, J.-Y., Moon, J.-H., Seong, K.-Y., & Park, K.-H. (2008). Antimicrobial activity of 4-hydroxybenzoic acid and trans-4-hydroxycinnamic acid isolated and identified from rice hull. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 62(11), 2273–2276. [in English]. DOI: 10.1271/bbb.62.2273
15. Roje, S. (2006). S-adenosyl-L-methionine: Beyond the universal methyl group donor. *Phytochemistry*, 67, 1686–1698. [in English]. DOI: 10.1016/j.phytochem.2006.04.019
16. 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.

PhD Student, Department of Biology,
Nizhyn Mykola Gogol State University
voronavladyaslav@ndu.edu.ua
orcid.org/0009-0004-6380-7554

Havii V.

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

PHYSIOLOGICAL INDICATORS OF SPRING BARLEY UNDER PRE-SOWING SEED TREATMENT WITH METABOLICALLY ACTIVE SUBSTANCES

Spring barley is one of the leading cereal crops of great importance for the agricultural sector of Ukraine and many other countries. As a spring-sown crop, it completes its entire developmental cycle within a single growing season, which enables its cultivation in regions with cold winters and unstable climatic conditions. Barley is widely used in feed production, the brewing industry for malt production, and the food sector. Due to its high starch and protein content, it is a valuable component of feed mixtures.

An important factor affecting the growth and productivity of spring barley is the development of its root system. The root system supplies plants with water and nutrients, while its active formation at the early stages of ontogenesis increases crop resistance to adverse environmental conditions. In this regard, the pre-sowing treatment of seeds with metabolically active substances is considered a relevant element of modern cereal cultivation technologies. Studies indicate that metabolically active substances improve seed sowing qualities, increase germination energy, and stimulate root formation. Their effect is associated with the regulation of hormonal balance, activation of cell division, and growth in root meristem zones, contributing to the formation of a more developed root system. This is particularly important for spring barley, which is sensitive to moisture deficiency and nutrient shortages. Pre-sowing seed treatment promotes an increase in the number of adventitious roots and enhances their growth, thereby improving the absorption of soil resources and the adaptive properties of plants. At the same time, the effectiveness of

metabolically active substances depends on their composition, concentration, and the biological characteristics of the variety. The influence of pre-sowing seed treatment with metabolically active substances on the development of the root system of spring barley under the conditions of the Chernihiv region remains insufficiently studied.

Keywords: spring barley, metabolically active compounds, root system, lateral roots, chlorophyll, photosynthetic pigments, tillering, heading.

*Стаття до редакції надійшла 20.03.2026 року
Рецензія на статтю надійшла 08.04.2026 року*