

ubiquinone-10 solution (10^{-8}M) – Q; methionine solution (0,001 %) – M; solution of paraoxybenzoic acid (POBA) (0,001 %) – P; MgSO_4 solution (0,001 %) – Mg; combinations: vitamin E (10^{-8}M) + ubiquinone-10 (10^{-8}M) – EQ; vitamin E (10^{-8}M) + methionine (0,001 %) + POBA (0,001 %) – EMP; vitamin E (10^{-8}M) + methionine (0,001 %) + POBA (0,001 %) + MgSO_4 (0,001 %) – EMPMg. Experimental water deficit is simulated with a 12% solution of PEG 6000.

It was observed that treating *T. aestivum* wheat seeds with solutions of paraoxybenzoic acid, ubiquinone-10, and magnesium sulfate under conditions of water deficit resulted in a 17.7 %, 16.5 %, and 16.2 % increase in the assimilation surface area of seedlings, respectively, compared to those subjected to water deficit conditions simulated using PEG 6000. Furthermore, the treatment of *T. aestivum* wheat seeds with solutions of ubiquinone-10, methionine, and the combination of vitamin E + ubiquinone-10 stimulated chlorophyll synthesis in wheat leaves, resulting in a 14.4 %, 11.3 %, and 15.4 % increase, respectively, compared to the group of plants whose seeds were germinated under conditions of slow water supply, resulting in a smaller leaf surface area, which is indicative of a xeromorphic leaf structure.

Treating the seeds with these specific solutions enhances photosynthetic productivity in conditions of moisture deficit by reinforcing the xeromorphic structure of the leaves. This underscores the high adaptability of wheat from the Provintsiarka variety to drought conditions.

It was determined that pre-treating seeds with a combination of vitamin E, methionine, paraoxybenzoic acid (POBA), and magnesium sulfate (MgSO_4) resulted in a 1.1 % increase in water accumulation in the shoots, in comparison to the measurements obtained from seedlings whose seeds were exposed to water deficit conditions simulated using PEG 6000.

Consequently, the application of metabolically active substances in seed treatment proves to be effective in enhancing the drought resistance of soft wheat *T. aestivum*. This approach can be incorporated as an integral component of the technology for cultivating grain crops under conditions of water deficit.

Key words: soft wheat, metabolically active substances, PEG 6000, linear growth, assimilation surface area, chlorophyll a and b.

Надійшла 06.06.2023.

УДК 581.143:577.175.1.05

doi: 10.25128/2078-2357.23.1–2.10

С. О. ПРИПЛАВКО, В. М. ГАВІЙ, В. І. ШЕЙКО

Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя
вул. Графська, 2, Ніжин, Чернігівська область, 16600
e-mail: gaviyv@gmail.com

ВПЛИВ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ МЕТАБОЛІЧНО АКТИВНИМИ РЕЧОВИНАМИ НА КІЛЬКІСНІ ТА ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ ВРОЖАЮ КОРЕНЕПЛОДІВ МОРКВИ СОРТУ НАНТСЬКА

У статті наведено порівняльну характеристику впливу метаболічно активних речовин: вітаміну Е, параоксибензойної кислоти (ПОбК), метіоніну, MgSO_4 (магнію сульфат), убіхінону-10 та їх комбінацій, таких як: вітамін Е + убіхінон-10; вітамін Е + параоксибензойна кислота + метіонін; вітамін Е + параоксибензойна кислота + метіонін + магнію сульфат – на кількісні показники та якість урожаю коренеплодів моркви посівної сорту Нантська. Встановлено їх стимулювальний вплив на довжину, товщину, середню масу коренеплодів та вміст у них цукрів. Комбінація речовин вітамін Е + ПОбК + метіонін + MgSO_4 протягом усього

вегетаційного періоду найефективніше стимулювала ріст коренеплоду в довжину, перевищуючи показники контролю на 5,23–14,51 % залежно від етапу дослідження. На середню масу коренеплоду ефективно впливали всі досліджувані сполуки, крім розчину вітаміну Е. Максимальну кількість моносахаридів у коренеплодах моркви на 1-му місяці зберігання виявлено за передпосівної обробки насіння убіхіноном-10, що перевищило показники контролю на 13,2 %. Вміст моносахаридів та дисахаридів у коренеплодах моркви протягом терміну зберігання помітно зменшився у всіх досліджуваних варіантах, але залишався вищим порівняно з контролем.

Передпосівна обробка насіння моркви метаболічно активними сполуками та їх комбінаціями сприяє покращенню кількісних показників врожаю, а також призводить до накопичення цукрів у коренеплодах моркви, що є вагомим показником її харчової цінності.

Ключові слова: метаболічно активні речовини, вітамін Е, убіхінон-10, параоксибензойна кислота, метіонін, $MgSO_4$, морква посівна, довжина коренеплоду, маса коренеплоду, вміст цукрів.

Розвиток сільського господарства вимагає запровадження нових ефективних способів збільшення врожаїв та покращення якості продукції. Отримувати високі врожаї стає все складніше через зміни клімату, виснаження ґрунтів, зменшення посівних площ. Ці причини є передумовами для проведення пошуку нових елементів технологій, які могли б покращити вирощування культурних рослин для отримання необхідної кількості продукції. Такими елементами технологій може бути передпосівна обробка насіння біологічно активними речовинами, які забезпечуватимуть рослини енергетичним та пластичним матеріалом, будуть оптимізувати та контролювати конкретні фізіологічні функції, біохімічні реакції, підтримувати та поліпшувати загальний стан рослин, захищати організм від несприятливих умов навколишнього середовища. Одним із заходів, який може допомогти у вирішенні даної проблеми, є застосування для обробки насіння перед сівбою метаболічно активних речовин, що синтезують самі рослини. При їх застосуванні екзогенно у рослин проявляються нові біологічні властивості, які сприяють підвищенню врожайності та поліпшенню якості вирощуваної продукції [2]. Саме тому вивчення впливу метаболічно активних речовин на процеси росту і розвитку рослин з метою підвищення продуктивності та поліпшення якості врожаю є актуальним.

Серед овочів найбільш поширеною культурою є морква. Вона переважає інші овочеві коренеплоди за вмістом сухих речовин (до 20 %), вуглеводів і вітамінів. Їй властиві високі поживні, дієтичні та лікувальні якості. Коренеплоди моркви містять велику кількість поживних речовин: каротину, аскорбінової кислоти, цукрів, амінокислот. У її складі виявлено майже всі відомі нині вітаміни. Посівні площі моркви в Україні щороку скорочуються через ризик втрати рентабельності. Тому оптимізація процесів росту моркви посівної за рахунок ефективних елементів технології вирощування може сприяти отриманню якісного врожаю у достатній для забезпечення потреб кількості [1].

Метою роботи було встановити вплив метаболічно активних речовин та їх комбінацій на кількісні та якісні показники врожаю коренеплодів моркви посівної сорту Нантська.

Матеріали та методи досліджень

Дослідження проводили на ділянці агробіостанції Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя, відведеній для наукових досліджень. При цьому використовували такі речовини для передпосівної обробки насіння: вітамін Е, убіхінон-10, параоксибензойна кислота (ПОБК), метіонін, магнію сульфат ($MgSO_4$). Розчини досліджуваних препаратів готували у таких концентраціях: вітамін Е (10^{-8} М), параоксибензойна кислота (0,001 %), метіонін (0,001 %), $MgSO_4$ (0,001 %), убіхінон-10 (0,001 %). Також використовували комбінації зазначених речовин у складі: вітамін Е + убіхінон-10; вітамін Е + ПОБК + метіонін та вітамін Е + ПОБК + метіонін + магнію сульфат. Для порівняння ефективності впливу цих препаратів на досліджувані показники був використаний розчин регулятора росту рослин Вимпел у концентрації 20 г/л.

ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН

Перед сівбою насіння замочували у досліджуваних розчинах та витримували добу, після чого злегка підсушували та висівали. Сівбу проводили у перші дні травня на попередньо підготовленій ділянці.

Для визначення впливу метаболічно активних речовин на формування коренеплодів моркви у різні періоди визначали їх середню довжину та діаметр, аналізуючи 20 рослин у триразовій повторності [8]. Також було визначено середню масу коренеплодів у період збирання врожаю. Визначення вмісту вільних цукрів: моно- та дисахаридів проводили спектрофотометричним методом, де використовувалася властивість цукрів легко розчинятися у воді. Пропонований метод заснований на зміні забарвлення розчину гліцерату міді при кип'ятінні його з витяжками цукрів [9].

Результати дослідження опрацьовували за допомогою методів математичної статистики з використанням стандартних вбудованих функцій пакета спеціалізованого програмного забезпечення MS Office Excel – 2010 (пакет «Аналіз даних»).

Результати досліджень та їх обговорення

На показники врожайності моркви визначальний вплив мають розміри коренеплодів та їхня маса. Встановлено, що найефективнішою, за показником лінійного росту коренеплоду моркви, була комбінація речовин вітамін Е + ПОБК + метіонін + MgSO₄, яка стимулювала ріст коренеплоду в довжину протягом усього вегетаційного періоду і переважала значення контролю на 5,23–14,51 % залежно від етапу дослідження (табл. 1).

Таблиця 1

Вплив метаболічно активних речовин та їх комбінацій на лінійний ріст коренеплоду моркви посівної сорту Нантська

Варіант	Середня довжина коренеплоду на період							
	25 червня		3 серпня		8 вересня		30 жовтня	
	см	% до конт-ролю	см	% до конт-ролю	см	% до конт-ролю	см	% до конт-ролю
Контроль	6,91	100	15,86	100	18,60	100	18,73	100
Вимпел	8,10*	117,22	14,12	89,03	17,90*	96,24	17,87*	95,41
MgSO ₄	6,42	92,91	15,84*	99,87	17,30	93,01	17,59	93,91
Вітамін Е	4,74	68,59	13,93	87,83	15,94	85,70	17,87	95,4
Убіхінон-10	6,87*	99,42	15,45*	97,41	18,08	97,20	19,29*	102,99
Метіонін	5,45	78,87	13,86	87,39	16,60	89,25	17,78*	94,93
ПОБК	6,53*	94,50	15,38	96,97	15,04	80,86	15,15	80,89
Убіхінон-10 + вітамін Е	5,93	85,81	16,23*	102,33	18,27*	98,23	17,69*	94,45
Віт. Е+ПОБК+ метіонін	8,06*	116,64	15,57	98,17	15,91	85,54	15,71	83,88
Віт. Е+ПОБК+ метіонін+MgSO ₄	7,53*	108,98	16,69*	105,23	21,13*	114,51	20,74*	110,73

**Примітка:* різниця достовірна порівняно з контролем (p < 0,05)

Метаболічно активні речовини та їх комбінації статистично достовірно впливали і на діаметр коренеплоду моркви посівної сорту Нантська. Встановлено, що найефективнішою виявилась комбінація вітамін Е + ПОБК + метіонін + MgSO₄, переважаючи показники контролю на 20,67 % у вересні та на 22,2 % у жовтні. Стимулювальний вплив на зазначений показник мала також передпосівна обробка насіння убіхіноном-10, перевищуючи значення у контролі на 12,5; 16,76 та 20,55 % залежно від дати дослідження (табл. 2).

Вплив метаболічно активних речовин та їх комбінацій на показник діаметру коренеплоду моркви посівної сорту Нантська

Варіант	Середній діаметр коренеплодів на період					
	3 серпня		8 вересня		30 жовтня	
	см	% до контролю	см	% до контролю	см	% до контролю
Контроль	1,68±0,10	100	1,79±0,07	100	3,30±0,12	100
Вимпел	1,81±0,10	107,7	1,74±0,08	97,20	3,04±0,11	92,20
MgSO ₄	2,97±1,10*	176,78	1,64±0,09	91,62	3,35±0,1	101,67
Вітамін Е	1,42±0,09	84,50	1,84±0,13*	102,80	3,41±0,16	103,30
Убіхінон-10	1,89±0,10*	112,50	2,09±0,13	116,76	3,98±0,15*	120,55
Метіонін	1,89±0,20*	112,50	1,65±0,08	92,18	3,01±0,09	91,10
ПОБК	1,70±0,08	101,19	1,59±0,07	88,80	3,06±0,08	92,70
Убіхінон-10 + вітамін Е	1,75±0,10	104,17	1,57±0,08	87,70	2,87±0,09	87,20
Віт. Е+ПОБК+ метіонін	1,85±0,10	110,10	1,89±0,13	105,59	3,59±0,2	108,90
Віт. Е+ПОБК+ метіонін+MgSO ₄	1,56±0,10	92,86	2,16±0,10*	120,67	4,03±0,17*	122,20

*Примітка: різниця достовірна порівняно з контролем (p < 0,05)

На середню масу коренеплоду ефективно впливали всі досліджувані сполуки, крім розчину вітаміну Е (табл. 3).

Вплив метаболічно активних речовин та їх комбінацій на показник середньої маси коренеплодів моркви посівної сорту Нантська

Варіант	Середня маса коренеплодів з 10 рослин	
	г	% до контролю
Контроль	146,1±0,13	100
Вимпел	152,5±0,08	104,4
MgSO ₄	158,9±0,05	108,8
Вітамін Е	135,4±0,15	92,7
Убіхінон-10	176,0±0,09*	120,5
Метіонін	195,1±0,07*	133,8
ПОБК	156,8±0,04	107,4
Убіхінон-10 + вітамін Е	184,7±0,08*	126,4
Віт. Е+ПОБК + метіонін	165,3±0,11*	113,2
Віт. Е+ПОБК + метіонін+MgSO ₄	219,1±0,09*	150,0

*Примітка: різниця достовірна порівняно з контролем (p < 0,05)

Високу ефективність виявлено за передпосівної обробки насіння метіоніном, що на 33,8 % більше за показники контролю. Дію даного препарату можна пояснити тим, що метіонін безпосередньо впливає на ріст коренів [12]. Ефективно на масу коренеплодів впливали також комбінації досліджуваних речовин, зокрема комбінація вітамін Е + ПОБК + метіонін + MgSO₄ сприяла збільшенню зазначеного показника на 50 % порівняно з контролем.

Отже, на кількісні показники врожаю коренеплодів моркви сорту Нантська найефективніше впливала комбінація метаболічно активних речовин у складі: вітамін Е + ПОБК + метіонін + MgSO₄. Її вплив на зазначені вище показники може бути обумовлений ефектами окремих компонентів, їх взаємодією, а також способом обробки рослин. Оскільки

застосовували саме передпосівну обробку насіння, то отримані результати досліджень можуть визначатися впливом досліджуваних сполук на метаболізм насінини. Кожна із метаболічно активних речовин (вітамін Е, параоксibenзойна кислота, метіонін та $MgSO_4$) має свої властивості та здатна впливати на обмінні процеси в рослинному організмі. Так, вітамін Е (токоферол) є сильним антиоксидантом, який рослини використовують як складову захисних систем проти окиснювального стресу. Високий вміст токоферолів зумовлює стійкість до засолень, посухи, дії важких металів, озону, УФ-променів тощо. Вітамін Е координовано працює з іншими антиоксидантами та взаємодіє з фітогормонами (етиленом, абсцизовою та саліциловою кислотами й ін.) [11]. Параоксibenзойна кислота має виражену антимікробну активність і здатна пригнічувати ріст бактерій, цвілевих та інших грибів. Вона поєднує у собі властивості сигнального посередника і стресового фітогормону [10]. Метіонін, крім того, що входить до складу білків-ферментів, також є попередником у синтезі гормонів росту [7]. Джерелом додаткового живлення сільськогосподарських культур є мінеральне добриво – магнію сульфат. Магній входить до складу хлорофілу, впливає на інтенсивність фотосинтезу, бере участь у переміщенні фосфору в рослині і вуглеводному обміні, впливає на активність окисно-відновних процесів, входить до складу пектинових речовин, активізує ферментативні процеси, регулює колоїдно-хімічний стан протоплазми. Магній також активізує ферменти, зокрема фосфатазу. Сульфур контролює ріст і розвиток рослини, також, як і магній, бере участь у синтезі білків, ферментів, метаболізм, в окисно-відновних процесах клітини, підвищує стійкість до стресових умов, активізує відновні процеси [4].

Вуглеводи є найпоширенішим джерелом енергії, беруть участь у структурі клітинної мембрани та клітинних функцій, таких як ріст клітин тощо. Серед вуглеводів найбільш поширеними є моносахариди. Ці сполуки мають здатність приєднуватися до білків (у глікопротеїнах) та ліпідів (у гліколіпідах), діють як антигенні детермінанти, подають сигнали, що визначають клітинну локалізацію білків, та функціонують як сигнали, які дозволяють клітинам розпізнавати одна одну й брати участь в утворенні тканин та органів [6].

Моносахариди – це первинні органічні речовини, які утворюються з вуглекислого газу в процесі фотосинтезу. Вони використовуються як найбільш мобільне джерело енергії, так як легко вступають в окисно-відновні перетворення [5].

За результатами досліджень було встановлено, що метаболічно активні речовини при їх застосуванні для обробки насіння перед висівом збільшують вміст моносахаридів у коренеплодах моркви сорту Нантська. Максимальний їх вміст на 1-му місяці зберігання було отримано за передпосівної обробки насіння убіхіноном-10, що перевищило показники контролю на 13,2 % (табл. 4).

Найнижчі показники вмісту моносахаридів у коренеплодах моркви було одержано за обробки насіння метіоніном, що близькі до показників контролю. За 7 місяців зберігання вміст моносахаридів у коренеплодах моркви зменшився в усіх варіантах. Найбільші втрати моносахаридів спостерігалися у варіанті з використанням метаболічно активної речовини ПОВК і становили 11,93 мг/г сирової маси. Відомо, що серед процесів, які відбуваються в коренеплодах моркви під час зберігання, важливими є підв'ялювання коренеплодів та їх дихання. Під час підв'ялювання унаслідок випаровування вологи порушується тургор коренеплодів, що зумовлює коагуляцію колоїдів і руйнування структури цитоплазми. Підвищення інтенсивності дихання призводить до активізації діяльності ферментів розщеплення, що і знижує вміст моносахаридів у коренеплодах [5].

До цукрів, крім моносахаридів, належать олігосахариди. Одним з найбільш поширених олігосахаридів є дисахариди. Рослини використовують їх для транспортування фруктози, глюкози та галактози з однієї клітини в іншу. Саме від кількості дисахаридів залежить цукристість та смакові якості коренеплодів [6].

Вплив передпосівної обробки насіння метаболічно активними речовинами на вміст моносахаридів у коренеплодах моркви сорту Нантська

Варіант	Місяці зберігання						втрати, мг/г сирої маси	всього втрат, %
	1 місяць зберігання		4 місяці зберігання		7 місяців зберігання			
	мг/г сирої маси	% до контролю	мг/г сирої маси	% до контролю	мг/г сирої маси	% до контролю		
Контроль	129,00± 11,80	100	120,00± 15,87	100	106,00± 11,07	100	23	17,8
Вимпел	135,98± 11,12	105,4	127,99± 10,18	106,6	121,17± 10,89*	114,3	14,81	10,8
MgSO ₄	131,02± 10,13	101,5	129,15± 13,11	107,6	126,45± 11,16*	119,2	4,57	3,5
Вітамін Е	142,01± 10,82*	110,0	137,02± 11,02*	114,1	132,13± 10,02*	124,6	9,88	7,0
Убіхінон-10	146,05± 10,01*	113,2	144,01± 10,98*	120,0	140,09± 11,87*	132,1	5,96	4,1
Метіонін	130,02± 11,12	100,7	128,01± 10,87	106,6	123,09± 10,99*	116,1	6,93	5,4
ПОБК	134,01± 12,32	103,8	130,01± 11,44	108,3	122,08± 12,34*	115,1	11,93	8,9
Убіхінон-10+ вітамін Е	144,09± 11,14*	111,6	138,85± 13,11*	115,7	136,45± 12,46*	128,7	7,64	5,4
Вітамін Е+ПОБК+метіонін	131,00± 10,01	101,5	126,98± 12,41	105,8	122,67± 10,94*	115,7	8,33	6,4
Вітамін Е+ПОБК+метіонін+ MgSO ₄	133,04± 10,00	103,1	129,07± 11,76	107,5	124,15± 12,03*	117,1	8,89	6,7

*Примітка: різниця достовірна порівняно з контролем (p<0,05)

За результатами досліджень визначено, що метаболічно активні речовини впливають на накопичення дисахаридів у коренеплодах моркви. Максимальний їх вміст у коренеплодах моркви сорту Нантська на 1 місяць зберігання виявлено за передпосівної обробки насіння убіхіноном-10, що перевищив показники контролю на 19,7 % (табл. 5). Високий вміст дисахаридів на початку зберігання визначено у варіанті з використанням комбінації убіхінон-10 + вітамін Е, яка перевищила показники у контролі на 18,3 %. Ефективність дії убіхінону-10 на вміст моносахаридів та дисахаридів можна пояснити тим, що убіхінон виконує дію природного антиоксиданта, також він входить до складу електронно-транспортного ланцюга, де транспортує електрони та впливає на утворення молекул АТФ [3]. Відомо також, що вітамін Е та убіхінон, поєднання яких є у складі досліджуваної комбінації ефективно впливали на накопичення дисахаридів, можуть виявляти імуностимулювальну, антифітвірусну та антибактеріальну активність [13].

Виявлено (табл. 5), що вміст дисахаридів у коренеплодах моркви протягом терміну зберігання помітно зменшився у всіх досліджуваних варіантах, але залишався вищим порівняно з показниками контролю, що підвищує харчову цінність коренеплодів. Зниження вмісту дисахаридів у коренеплодах моркви сорту Нантська пов'язане з інтенсивним їх розщепленням у весняний період.

Вплив передпосівної обробки насіння метаболічно активними речовинами на вміст дисахаридів у коренеплодах моркви сорту Нантська

Варіант	Місяці зберігання						всього втрат, мг/г сирої маси	Всього втрат, %
	1 місяць зберігання		4 місяці зберігання		7 місяців зберігання			
	мг/г сирої маси	% до контролю	мг/г сирої маси	% до контролю	мг/г сирої маси	% до контролю		
Контроль	467,02± 43,31	100	444,41± 38,21	100	413,12± 28,11	100	53,9	11,6
Вимпел	537,56± 19,07*	115,1	517,62± 12,09*	116,4	496,00 ±21,12*	120,0	41,56	7,8
MgSO ₄	480,62± 40,31	102,9	455,40± 31,51	102,4	421,39± 40,39	101,9	59,23	12,4
Вітамін Е	547,76± 17,07*	117,2	514,61± 12,01*	115,7	503,12± 28,11*	121,7	44,64	8,2
Убіхінон-10	559,07± 40,45*	119,7	517,41± 39,21*	116,4	485,13± 41,76*	117,4	73,94	13,3
Метіонін	484,56± 46,23	103,7	466,42± 34,55	104,9	452,34± 43,34	109,4	32,22	6,7
ПОБК	478,01± 24,14	102,3	455,31± 38,65	102,4	433,54± 25,41	104,9	44,47	9,4
Убіхінон-10 + вітамін Е	552,60± 33,45*	118,3	513,41± 38,21*	115,5	509,01± 39,89*	123,2	43,59	7,9
Вітамін Е + ПОБК+метіонін	494,62± 30,31	105,9	461,33± 25,12	103,8	450,42± 39,10	109,0	44,2	9
Вітамін Е + ПОБК+метіонін+ MgSO ₄	498,66± 22,37	106,7	466,45± 29,31	104,9	447,67± 40,09	108,3	50,99	10,3

*Примітка: різниця достовірна порівняно з контролем (p <0,05)

Висновки

Комбінація речовин вітамін Е + ПОБК + метіонін + MgSO₄ протягом вегетаційного періоду найефективніше стимулює ріст коренеплоду моркви посівної у довжину, перевищуючи показники контролю на 5,23–14,51 % залежно від дати дослідження.

На середню масу коренеплоду ефективно впливали всі досліджувані сполуки, крім розчину вітаміну Е.

Використання метаболічно активних речовин та їх комбінацій для обробки насіння перед висівом призводить до підвищення цукристості коренеплодів моркви. Вміст моносахаридів та дисахаридів у коренеплодах моркви протягом терміну зберігання помітно зменшився у всіх досліджуваних варіантах, але залишався вищим порівняно з показниками контролю, що є вагомим свідченням їх харчової цінності.

Передпосівна обробка насіння моркви метаболічно активними сполуками може бути використана як елементи технології при вирощуванні овочевих культур.

1. Барабаш О. Ю., Тараненко Л. К., Сич З. Д. Морква столова – технологія вирощування. *Біологічні основи овочівництва*. URL: https://agromage.com/stat_id.php?id=23 (дата звернення: 11.05.2023).

2. Грицаєнко З. М., Пономаренко С. П., Карпенко В. П., Леонтьюк І. Б. Біологічно активні речовини в рослинництві. Київ : ЗАТ «НІЧЛАВА», 2008. 352 с.
3. Донченко Г. В., Кучменко О. Б., Петухов Д. М. Біохімічні властивості і функціональна роль убихінону: практичні аспекти. *Український біохімічний журнал*. Київ, 2005. С. 24–36.
4. Коць С. Я., Петерсон Н. В. Мінеральні елементи і добрива в живленні рослин. Київ : Логос, 2005. 150 с.
5. Красільнікова Л. О., Авксентьєва О. О., Жмурко В. В. Біохімія рослин: навч. посіб. Х. : Колорит, 2007. 188 с.
6. Кучеренко М. Є., Виноградова Р. П., Бибенюк Ю. Д. Біохімія: підручник. Київ : Либідь, 1995. 464 с.
7. Полянчиков С. П., Ковбель А. І. Роль амінокислот у захисті культур від стресів. *Agromage*. URL: https://agromage.com/stat_id.php?id=1086 (дата звернення: 11.05.2023).
8. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Костогриз П. В., Опришко В. П. Основи наукових досліджень в агрономії. Підручник. Вінниця : ПП «ТД «Едельвейс і К»», 2014. 332 с.
9. Dien D. C., Mochizuki T., Yamakawa T. Effect of various drought stresses and subsequent recovery on proline, total soluble sugar and starch metabolisms in Rice (*Oryza sativa* L.) varieties. *Plant Prod. Sci.* 2019. No 22. P. 530–545.
10. Jeong-Yong CHO, Jae-Hak MOON, Ki-Young SEONG, Keun-Hyung PARK. 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. DOI: 10.1271/bbb.62.2273.
11. Miret J. A., Munné-Bosch S. Redox signaling and stress tolerance in plants: a focus on vitamin E. *Ann N Y Acad Sci.* 2015. P. 29–38. DOI: 10.1111/nyas.12639.
12. Ravanel S., Gakiere B., Job D., Douce R. The specific features of methionine biosynthesis and metabolism in plants. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 1998. № 95. P. 7805–7812.
13. Stahl E., Hartmann M., Scholten N., Zeier J. A role for tocopherol biosynthesis in rhabdopsin basal immunity to bacterial infection. *Plant physiol*, 2019. № 181(3). P. 1008–1028. DOI: 10.1104/pp.19.00618.

References

1. Barabash O. Yu., Taranenko L. K., Sych Z. D. Morkva stolova – tekhnolohiia vyroshchuvannia. *Biologichni osnovy ovochivnytstva*. URL: https://agromage.com/stat_id.php?id=23 (data zvernennia: 11.05.2023). [in Ukrainian]
2. Hrytsaienko Z. M., Ponomarenko S. P., Karpenko V. P., Leontyuk I. B. Biologichno aktyvni rehovyny v roslynnystvi. Kyiv : ZAT «NICHLAVA», 2008. 352 s. [in Ukrainian]
3. Donchenko H. V., Kuchmenko O. B., Pietukhov D. M. Biokhimichni vlastyvoli i funktsionalna rol ubikhinonu: praktychni aspekty. *Ukrainskyi biokhimichnyi zhurnal*, 2005. С. 24–36. [in Ukrainian]
4. Kots S. Ia., Peterson N. V. Mineralni elementy i dobryva v zhyvlenni roslyn. Kyiv : Lohos, 2005. 150 s. [in Ukrainian]
5. Krasilnikova L. O., Avksentieva O. O., Zhmurko V. V. Biokhimiia roslyn: navch. posib. Kh. : Koloryt, 2007. 188 s. [in Ukrainian]
6. Kucherenko M. Ye., Vynogradova R. P., Bybeniuk Yu. D. Biokhimiia: pidruchnyk. Kyiv : Lybid, 1995. 464 s. [in Ukrainian]
7. Polianchikov S. P., Kovbel A. Y. Rol aminokyslot u zachysti kultur vid stresiv. *Agromage*. URL: https://agromage.com/stat_id.php?id=1086 (data zvernennia: 11.05.2023). [in Ukrainian]
8. Yeshchenko V. O., Kopytko P. H., Kostohryz P. V., Opryshko V. P. Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii: Pidruchnyk. Vinnytsia : PP «TD «Edelweis i K»», 2014. 332 s. [in Ukrainian]
9. Dien D. C., Mochizuki T., Yamakawa T. Effect of various drought stresses and subsequent recovery on proline, total soluble sugar and starch metabolisms in Rice (*Oryza sativa* L.) varieties. *Plant Prod. Sci.* 2019. No 22. P. 530–545.
10. Jeong-Yong CHO, Jae-Hak MOON, Ki-Young SEONG, Keun-Hyung PARK. 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. DOI: 10.1271/bbb.62.2273.
11. Miret J. A., Munné-Bosch S. Redox signaling and stress tolerance in plants: a focus on vitamin E. *Ann N Y Acad Sci.* 2015. P. 29–38. DOI: 10.1111/nyas.12639.
12. Ravanel S., Gakiere B., Job D., Douce R. The specific features of methionine biosynthesis and metabolism in plants. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 1998. № 95. P. 7805–7812.
13. Stahl E., Hartmann M., Scholten N., Zeier J. A role for tocopherol biosynthesis in rhabdopsin basal immunity to bacterial infection. *Plant physiol*, 2019. № 181(3). P. 1008–1028. DOI: 10.1104/pp.19.00618.

S. O. Pryplavko, V. M. Havii, V. I. Sheiko

Mykola Gogol Nizhyn State University, Nizhyn, Ukraine

THE INFLUENCE OF PRE-SOWING SEED TREATMENT WITH METABOLIC ACTIVE SUBSTANCES ON THE QUANTITATIVE AND QUALITATIVE INDICATORS OF THE YIELD OF ROOT FRUITS OF NANTSKA VARIETY

The development of agriculture necessitates the adoption of new and effective methods to increase yields and enhance product quality. Obtaining high-quality agricultural products is becoming increasingly challenging due to climate variations, soil depletion, and decreasing arable land. These factors underscore the need to explore additional technologies that can enhance the cultivation of crops to meet the demand for quality produce. Pre-sowing seed treatment with metabolically active substances represents one such promising technology.

The objective of our study was to investigate the impact of metabolically active substances and their combinations on the processes of yield formation and the quality of carrots from the Nantska seed variety. The following substances were used for pre-sowing treatment of carrot seeds: vitamin E, ubiquinone-10, paraoxybenzoic acid (POBA), methionine, and magnesium sulfate (MgSO₄).

Our findings revealed a positive influence of metabolically active compounds on various parameters, including root length, thickness, average root mass, and sugar content in the carrots. The combination of substances, specifically vitamin E + POBA + methionine + MgSO₄, exhibited the most significant effect on root length throughout the growth period, surpassing control measurements by 5.23 % to 14.5 1%, depending on the stage of the study. All tested compounds, except for the vitamin E solution, had a favorable impact on the average root mass. Pre-sowing seed treatment with ubiquinone-10 resulted in the highest monosaccharide content in carrot roots after one month of storage, surpassing control measurements by 13.2 %. Although the monosaccharide and disaccharide content in carrot roots decreased during storage in all studied conditions, it remained higher compared to the control measurements, indicating enhanced nutritional value.

In summary, pre-sowing seed treatment of carrots with metabolically active compounds and their combinations demonstrates the potential to improve both quantitative harvest indicators and sugar content in carrot roots, reflecting increased nutritional value. Incorporating pre-sowing treatment with metabolically active compounds into cultivation practices can be valuable in the production of vegetable crops.

Key words: metabolically active substances, vitamin E, ubiquinone-10, paraoxybenzoic acid, methionine, MgSO₄, seed carrots, root length, root weight, sugar content.

Надійшла 07.06.2023.