

УДК 581.143:577.175.1.05
DOI 10.31654/2786-8478-2023-BN-1-47-54

Приплавко С. О.

кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри біології
Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя
ngubiolog@ukr.net
orcid.org/0000-0002-4326-6547

Гавій В. М.

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

**ВПЛИВ МЕТАБОЛІЧНО АКТИВНИХ РЕЧОВИН НА СХОЖІСТЬ НАСІННЯ,
СЕРЕДНЮ КІЛЬКІСТЬ ЛИСТКІВ ТА ВРОЖАЙНІСТЬ БУРЯКА СТОЛОВОГО**

Робота присвячена дослідженню дії метаболічно активних речовин таких як: $MgSO_4$, убіхінон-10, вітамін Е, метіонін, параоксибензойна кислота (ПОБК), а також їх комбінацій у поєднаннях: вітамін Е та убіхінон-10; вітамін Е, метіонін та ПОБК; вітамін Е, метіонін, ПОБК та $MgSO_4$ на показники схожості насіння, середньої кількості листків та врожайності буряка столового. За результатами досліджень було встановлено, що найкращий показник лабораторної схожості насіння спостерігався у варіантах із застосуванням для обробки насіння вітаміну Е. Він перевищував значення контролю на 39,4 %. Ефективно на польову схожість насіння буряка столового впливала ПОБК, яка перевищувала значення у контролі на 37,3 %. Вивчення впливу метаболічно активних речовин та їх комбінацій на середню кількість листків буряка столового проводили на чотирьох фазах онтогенезу. Найефективнішим препаратом у фазі четвертої пари справжніх листків був убіхінон-10, який на 7,9 % перевищив показники контролю. Найбільший вплив на середню кількість листків буряка столового у фазі змикання листків у міжряддях мали речовини убіхінон-10, метіонін та ПОБК, а також комбінація сполук з убіхінону-10 та вітаміну Е. Вони перевищували показники контролю на 48,5, 43,9, 37,9 та 43,9 % відповідно. У фазі розмикання листків у міжряддях найефективніший вплив проявили речовини ПОБК та метіонін. У фазі стиглості рослин на середню кількість листків найкраще вплинули комбінації вітаміну Е з убіхінону-10 та вітаміну Е, ПОБК з метіоніном. Дослідження впливу метаболічно активних речовин та їх комбінацій на показники біологічної врожайності буряка столового показали, що найкращий вплив спостерігався у варіантах із використанням вітаміну Е, ПОБК та метіоніну, які на 13,0 та 8,7 % перевищували показники отримані у контролі. Найкращий результат за показником господарської врожайності спостерігався у варіантах із застосуванням вітаміну Е, ПОБК та метіоніну, які перевищували контроль на 16,6 та 11,1 %. Отже, використання метаболічно активних речовин та їх комбінацій для обробки насіння перед висівом є доцільним для підвищення схожості насіння, накопичення органів асиміляції та збільшення врожайності буряка столового сорту Отаман.

Ключові слова: буряк столовий, вітамін Е, метіонін, убіхінон-10, параоксибензойна кислота, $MgSO_4$, схожість, середня кількість листків, врожайність.

Вступ. Серед продуктів здорового та різноманітного харчування населення важливу роль відіграють овочі, які є необхідним складником щоденного раціону. Для збільшення виходу готової овочевої продукції та покращення її якості постійно ведуться роботи з пошуку та випробування різних типів препаратів, які б дозволили підвищити врожайність і захистити овочеві культури від шкідників та стресорів. Одним

із таких перспективних технологічних прийомів, який може вирішити це завдання є застосування метаболічно активних речовин, які наявні у будь якому організмі та які приймають безпосередню участь у метаболічному обміні живих істот. Препарати на їх основі є безпечними для використання і мають значну фізіологічну дію [1]. Їх застосування може сприяти покращенню процесів росту рослин, підвищенню стійкості та налагодженню обміну речовин в умовах стресу.

Отже, дослідження у цьому напрямку має важливе значення, оскільки пошук нових ефективних засобів підвищення врожайності та якості врожаю сільськогосподарських культур є досить актуальним.

Метою роботи було встановити вплив метаболічно активних речовин та їх комбінацій на показники росту та врожайність буряка столового сорту Отаман.

Методи та організація досліджень. Комплексні дослідження із впливу метаболічно активних речовин та їх комбінацій на процеси росту буряка столового проводились як у лабораторних, так і у польових умовах. Лабораторні дослідження здійснювали в лабораторії фізіології рослин та мікробіології Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя. Для проведення експерименту було використане насіння буряку столового (*Beta vulgaris* L.) сорту Отаман.

Для експериментальних досліджень використовували насіння буряку столового, яке обробляли розчинами метаболічно активних речовин, таких як: $MgSO_4$, убіхінон-10, вітамін Е, метіонін, параоксибензойна кислота (ПОБК). Також для обробки насіння використовували комбінації цих речовин у таких поєднаннях: вітамін Е та убіхінон-10; вітамін Е, метіонін та параоксибензойна кислота; вітамін Е, метіонін, параоксибензойна кислота та $MgSO_4$. Як контрольний варіант використовували насіння оброблене чистою водопровідною водою. Для порівняння дії досліджуваних метаболічно активних сполук використовували препарат Вимпел.

Для визначення ефективності дії речовин досліджували вплив препаратів на схожість насіння, середню кількість листків та окремі показники врожайності. Відбір експериментальних проб рослин для визначення впливу досліджуваних сполук на середню кількість листків здійснювали за фазами розвитку, зокрема: у фазі четвертої пари справжніх листків, змикання листків у міжряддях, розмикання листків у міжряддях та у фазі стиглості культури.

Результати досліджень та їх обговорення. Для визначення впливу досліджуваних сполук на схожість насіння було проведено як лабораторний дослід, так і польовий. У лабораторних умовах схожість визначали на десятий день після закладання дослідів. Результати отриманих досліджень відображено в таблиці 1.

Таблиця 1

Вплив метаболічно активних речовин та їх комбінацій на лабораторну схожість насіння буряку столового сорту Отаман

Варіанти	Схожість насіння, %	% до контролю
Контроль	55,00	100
Вимпел	68,33	124,2
ПОБК	56,67	103,1
Метіонін	53,33	93,9
$MgSO_4$	71,67	130,3
Вітамін Е	76,67	139,4
Убіхінон-10	55,00	100
Віт. Е+ убіхінон-10	65,00	118,2
Віт. Е+ПОБК+Метіонін	58,33	106,1
Віт. Е+ПОБК+Мет.+ $MgSO_4$	65,00	118,2

За результатами досліджень було встановлено, що найкращий показник схожості насіння спостерігався у варіантах із застосуванням для обробки насіння вітаміну Е. Він перевищував значення контролю на 39,4 %. Таку ефективність вітаміну Е можна пояснити тим, що під час проростання насіння клітини зародка активно діляться і на

цей процес використовується велика кількість енергії та поживних речовин ендосперму, що призводить до накопичення вільних радикалів. Вітамін Е виконує функцію антиоксиданта, знешкоджує радикали і захищає мембрани клітин від окиснення. Підвищення вмісту кисню активно впливає на обмінні процеси, надходження води у насіння та зменшення вмісту шкідливих речовин. Досить ефективними за показником лабораторної схожості були також $MgSO_4$ та досліджувані комбінації сполук.

Для визначення польової схожості оброблене насіння, яке витримували у розчинах досліджуваних речовин 24 години висівали у відкритий ґрунт дослідних ділянок. Польову схожість визначали на 14 день після висівання насіння. Результати польової схожості насіння за дії метаболічно активних речовин відображено в таблиці 2.

Таблиця 2

Вплив метаболічно активних речовин та їх комбінацій на польову схожість насіння буряку столового сорту Отаман

Варіанти	Схожість насіння, %	% до контролю
Контроль	59	100
Вимпел	32	54,2
ПОБК	81	137,3
Метіонін	75	127,1
$MgSO_4$	63	106,8
Вітамін Е	72	122,1
Убіхінон-10	52	88,1
Віт.Е+убіхінон-10	62	105,1
Віт.Е+ПОБК+Метіонін	48	81,4
Віт.Е+ПОБК+Мет.+ $MgSO_4$	45	76,3

Ефективно на польову схожість насіння буряку столового сорту Отаман впливала ПОБК, яка перевищувала значення у контролі на 37,3 %. Таку її дію можна пояснити тим, що ПОБК є одним з найкращих антиоксидантів, знешкоджує вільні радикали і захищає клітини від вільнорадикального окиснення [2, 3]. Крім того, досить ефективно на схожість насіння впливав метіонін. Ця амінокислота сприяла підвищенню показника схожості на 27,1 %. Відомо, що метіонін діє майже на всі процеси, що відбуваються в живому організмі. Він є антиоксидантом, донором метильних груп, бере участь у синтезі білків, інших амінокислот, ростових реакціях, тощо [4]. Варто відмітити також вітамін Е, який стимулює процеси проростання насіння буряку на 22,1 % краще за контрольні значення.

Для накопичення поживних речовин та формуванню коренеплоду рослини буряку повинні мати достатньо розвинену надземну частину, яка представлена листовими пластинками. Саме у листках відбувається фотосинтез – основний процес, наслідком якого є утворення вуглеводів, що згодом запасуються в окремих клітинах рослин та використовуються на подальші процеси в організмі. Тому достатня кількість листків дуже важлива для прогнозування і отримання достатнього врожаю.

Для вивчення впливу метаболічно активних речовин та їх комбінацій на середню кількість листків буряку столового проводили підрахунки їх кількості на різних етапах розвитку рослини. Перше дослідження проводилося у фазі четвертої пари справжніх листків (26 червня 2020 року). Результати дослідження наведено в таблиці 3.

За даними таблиці 3 видно, що майже всі препарати (окрім $MgSO_4$, вітаміну Е та метіоніну) перевищили показники контролю. Найефективнішими препаратами були убіхінон-10, який на 7,9 % перевищив показники контролю, а також комбінації речовин з вітаміну Е, ПОБК та метіоніну й убіхінону-10 та вітаміну Е, які на 5,9 та 5,3 % відповідно перевищили значення контрольного варіанту.

Таблиця 3
Вплив метаболічно активних речовин на середню кількість листків буряка
столового сорту Отаман у фазі четвертої пари справжніх листків
(середнє з 10 рослин)

Варіант	Середня кількість листків, шт.	% до контролю
Контроль	7,55±0,3	100
Вимпел	7,65±0,2	101,3
MgSO ₄	7,45±0,1	98,7
Вітамін Е	7,75±0,4	100
Убіхінон-10	8,15±0,3*	107,9
Метіонін	7,55±0,3	100
ПОБК	7,65±0,2	101,3
Убіхінон-10+ Вітамін Е	7,95±0,3	105,3
Віт.Е+ПОБК+Метіонін	8,0±0,1	105,9
Віт.Е+ПОБК+Метіонін+MgSO ₄	7,75±0,3	102,6

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

Ефективність дії убіхінону-10 можна пояснити тим, що він входить до складу електронно-транспортного ланцюга, де приймає і передає електрони, тим самим активно впливає на утворення молекул АТФ. Також виконує дію активного антиоксиданта і впливає на переміщення протонів через клітинну мембрану [1].

Наступні обрахунки проводили у фазі змикання листків у міжряддях (27 липня 2020 року). Результати дослідження впливу метаболічно активних речовин на середню кількість листків буряка столового у цій фазі наведені в таблиці 4.

Таблиця 4
Вплив метаболічно активних речовин на середню кількість листків
буряка столового сорту Отаман у фазі змикання листків у міжряддях
(середнє з 10 рослин)

Варіант	Середня кількість листків, шт.	% до контролю
Контроль	6,6±0,3	100
Вимпел	8,2±0,2*	124,2
MgSO ₄	8,6±0,2*	130,3
Вітамін Е	8,9±0,3*	134,8
Убіхінон-10	9,8±0,1*	148,5
Метіонін	9,5±0,1*	143,9
ПОБК	9,1±0,1*	137,9
Кудесан + Вітамін Е	9,5±0,3*	143,9
Віт.Е+ПОБК+Метіонін	8,0±0,4*	121,2
Віт.Е+ПОБК+Метіонін+MgSO ₄	8,6±0,1	130,3

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

Як видно з таблиці 4 найефективніший вплив на середню кількість листків буряка столового у цій фазі мали речовини убіхінон-10, метіонін та ПОБК, а також комбінація сполук з убіхінону-10 та вітаміну Е. Вони перевищують показники контролю на 48,5, 43,9, 37,9 та 43,9 % відповідно. Також ці сполуки сприяли перевищенню показників середньої кількості листків порівняно із варіантом, у якому застосовували препарат Вимпел. Таку ефективність цих речовин можна пояснити тим, що ПОБК є ефективним антиоксидантом, а убіхінон-10 є складовим електронно-транспортного ланцюга, функціонування якого забезпечує утворення АТФ. Метіонін впливає на

кількість хлорофілу та регулює роботу продихів [2–4]. Всі інші досліджувані метаболічно активні речовини та їх комбінації також мали позитивний вплив, оскільки перевищували значення отримані у контролі.

Наступний дослід на визначення дії досліджуваних сполук на кількість листків у рослин буряку був проведений у фазі розмикання листків у міжряддях (11 вересня 2020 року). Результати цього експерименту наведені в таблиці 5.

Таблиця 5
Вплив метаболічно активних речовин на середню кількість листків буряка столового сорту Отаман у фазі розмикання листків у міжряддях (середнє з 10 рослин)

Варіант	Середня кількість листків, шт.	% до контролю
Контроль	6,4±0,3	100
Вимпел	6,9±0,4*	107,8
MgSO ₄	6,6±0,3	103,1
Вітамін Е	7,4±0,2*	115,6
Убіхінон-10	7,8±0,2*	121,9
Метіонін	8,4±0,1*	131,3
ПОБК	8,5±0,1*	132,8
Убіхінон-10+ Віт. Е	6,5±0,2	101,6
Віт.Е+ПОБК+Метіонін	6,4±0,3	100
Віт.Е+ПОБК+Метіонін+MgSO ₄	7,1±0,4*	110,9

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

З таблиці 5 видно, що на даній фазі розвитку буряка столового найефективніший вплив виявили речовини ПОБК та метіонін, які на 32,8 та 31,3 % відповідно перевищували показники у контролі. Також ці речовини перевищили показники варіанту, у якому використовувався препарат Вимпел. Всі інші метаболічно активні речовини та їх комбінації (окрім комбінації з вітаміну Е, ПОБК та метіоніну) також мали позитивний вплив на середню кількість листків буряка столового, порівняно до контролю.

Останній дослід по визначенню впливу метаболічно активних речовин на середню кількість листків був проведений у фазі стиглості рослин перед збором врожаю (21 жовтня 2020 року). Результати цього дослідження наведені в таблиці 6.

З таблиці 6 видно, що у фазі стиглості рослин на середню кількість листків найефективніше впливають комбінації вітаміну Е з убіхіноном-10 та вітаміну Е, ПОБК з метіоніном. Вони перевищують показники контролю на 5,2 та 3,4 % відповідно. Незначне перевищення показників контролю спостерігалось також у варіанті із застосуванням ПОБК. Всі ці сполуки перевищували показники середньої кількості листків буряка столового, порівняно з варіантом, у якому використовувався препарат Вимпел.

Таблиця 6
Вплив метаболічно активних речовин на середню кількість листків буряка столового сорту Отаман у фазі стиглості рослин (середнє з 10 рослин)

Варіант	Середня кількість листків, шт.	% до контролю
Контроль	5,8±0,3	100
Вимпел	5,8±0,3	100
MgSO ₄	5,7±0,1	98,3
Вітамін Е	5,6±0,2	96,5
Убіхінон-10	5,65±0,1	97,4

Продовження таблиці 6

Метіонін	5,25±0,3	90,5
ПОБК	5,9±0,2	101,7
Убіхінон-10+ Віт. Е	6,1±0,3*	105,2
Віт.Е+ПОБК+Метіонін	6,0±0,3	103,4
Віт.Е+ПОБК+Метіонін+MgSO ₄	5,35±0,2	92,2

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

Таку ефективність ПОБК можна пояснити тим, що у фазі стиглості деякі листові пластинки ще продовжують ріст, але більшість з них відмирають. Це веде до збільшення кількості вільних радикалів. Параоксibenзойна кислота є одним з найкращих антиоксидантів і впливає на синтез убіхінону – сполуки з вираженими антиоксидантними властивостями [3]. Комбінація убіхінону-10 та вітаміну Е, в свою чергу, є поєднанням сполук, які проявляють антиоксидантні властивості і підсилюють дію один одного. Також вони підтримують цілісність мембран та активно діють на електронно-транспортний ланцюг [1, 2].

Для визначення ефективності дії метаболічно активних сполук варто було дослідити їх дію на показники врожайності культури буряка столового. З цією метою нами було визначено біологічну та господарську врожайність буряку сорту Отаман. Відомо, що показник господарської врожайності передбачає врахування маси лише підземної частини рослин буряків, але при цьому тенденція врожайності залишалась подібною до показників урожаю біологічного, який передбачає врахування всієї маси рослини.

Дослідження впливу метаболічно активних речовин та їх комбінацій на показники біологічної врожайності буряка столового показали, що при обробці насінневого матеріалу досліджуваними сполуками перед висівом найкращий вплив спостерігався у варіантах із використанням вітаміну Е, ПОБК та метіоніну, які на 13,0 та 8,7% перевищували показники отримані у контролі (таблиця 7).

Таблиця 7

Вплив метаболічно активних речовин та їх композицій на показник біологічного врожаю буряка столового сорту Отаман

Варіант	Врожай біологічний	
	кг/м ²	% до контролю
Контроль	2,3±0,2	100
Вимпел	2,1±0,2	91,3
MgSO ₄	2,2±0,1	95,6
Вітамін Е	2,6±0,2*	113,0
Убіхінон-10	2,2±0,1	95,6
Метіонін	2,5±0,2	108,7
ПОБК	2,6±0,1*	113,0
Убіхінон-10 + Віт. Е	2,3±0,2	100
Віт.Е+ПОБК+Метіонін	2,1±0,1	91,3
Віт.Е+ПОБК+Метіонін+MgSO ₄	2,4±0,2	104,3

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

Слід відмітити, що комбінація речовин з вітаміну Е, ПОБК, метіоніну та MgSO₄ також мала позитивний вплив і перевищила показники контролю на 4,3% та препарату Вимпел на 13%.

Крім того, було визначено господарську врожайність (масу коренеплодів) кожного з досліджуваних варіантів. Результати цих досліджень наведені в таблиці 8.

Таблиця 8

Вплив метаболічно активних речовин та їх комбінацій на показники господарської врожайності буряка столового сорту Отаман

Варіант	Господарська врожайність	
	кг/м ²	% до контролю
Контроль	1,8±0,2	100
Вимпел	1,6±0,2	88,8
MgSO ₄	1,7±0,3	94,4
Вітамін Е	2,1±0,1*	116,6
Убіхінон-10	1,7±0,2	94,4
Метіонін	2,0±0,1*	111,1
ПОБК	2,1±0,1*	116,6
Убіхінон-10 + Віт. Е	1,8±0,2	100
Віт.Е+ПОБК+Метіонін	1,6±0,2	88,8
Віт.Е+ПОБК+Метіонін+MgSO ₄	1,9±0,1	105,5

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

Найкращий результат за показником господарської врожайності спостерігався у варіантах із застосуванням вітаміну Е, ПОБК та метіоніну, які перевищували контроль на 16,6, 16,6 та 11,1% відповідно.

Висновки. Таким чином, використання метаболічно активних речовин та їх комбінацій для обробки насіння перед висівом є доцільним для підвищення схожості насіння, накопичення органів асиміляції та збільшення врожайності буряка столового сорту Отаман.

Література

1. Мхітарян Л. С., Кучменко О. Б. Окислювальний стрес: механізми розвитку і роль в патології. Київ: НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2004. 224 с.
2. Макрушин М. М., Макрушина Є. М., Петерсон Н. В., Мельников М. М. Фізіологія рослин. Вінниця: Нова книга, 2006. 416 с.
3. Showing metabocard for 4-Hydroxybenzoic acid. 2020. URL: <https://hmdb.ca/metabolites/HMDB0000500>.
4. Ravel S., Gakiere B., Job D., Douce R. The specific features of methionine biosynthesis and metabolism in plants. *Plant Biology*. 1998. C. 7805–7812.

References

1. Mkhitarian, L., & Kuchmenko, O. (2004). *Okysliuvalnyi stres: mekhanizmy rozvytku i rol v patolohii* [Oxidative stress: mechanisms of development and role in pathology]. Kyiv: NPU im. M.P. Drahomanova [in Ukrainian].
2. Makrushyn, M., Makrushyna, Y., Peterson, N., & Melnykov, M. (2006). *Fiziolohiia rosllyn*. [Physiology of plants]. Vinnytsia: Nova knyha [in Ukrainian].
3. Showing metabocard for 4-Hydroxybenzoic acid. URL: <https://hmdb.ca/metabolites/HMDB0000500> [in English].
4. Ravel, S., Gakiere, B., Job, D., & Douce, R. (1998). The specific features of methionine biosynthesis and metabolism in plants. *Plant Biology* [in English].

Pruplavko S.

candidate of agricultural sciences, Assistant Professor
 Department of Biology Nizhyn Mykola Gogol State University
 ngubiolog@ukr.net
 orcid.org/0000-0002-4326-6547

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

INFLUENCE OF METABOLICLY ACTIVE SUBSTANCES ON SEED SIMILARITY, AVERAGE NUMBER OF LEAVES AND YIELD OF BEET

The work is devoted to the study of the effect of metabolically active substances such as: MgSO₄, kudesan (ubiquinone-10), vitamin E, methionine, paraoxybenzoic acid (POBA), as well as their combinations in combinations: vitamin E and ubiquinone-10; vitamin E, methionine and POBA; vitamin E, methionine, POBA and MgSO₄ on indicators of seed germination, average number of leaves and yield of beet. According to the results of the research, it was established that the best indicator of laboratory germination of seeds was observed in variants with the use of vitamin E for seed treatment. It exceeded the control value by 39,4%. The field germination of beet seeds was effectively influenced by POBA, which exceeded the value in the control by 37,3%. The study of the influence of metabolically active substances and their combinations on the average number of beetroot leaves was carried out in four phases of ontogenesis. The most effective drug in the phase of the fourth pair of true leaves was ubiquinone-10, which exceeded the control by 7,9%. The substances ubiquinone-10, methionine and POBA, as well as the combination of compounds from ubiquinone-10 and vitamin E, had the greatest influence on the average number of beetroot leaves in the leaf closure phase in the interrows. They exceeded the control indicators by 48,5, 43,9, 37,9 and 43,9% respectively. In the phase of opening of the leaves in the interrows, the substances POBA and methionine showed the most effective effect. In the plant maturity phase, the average number of leaves was best affected by combinations of vitamin E with ubiquinone-10 and vitamin E, POBA with methionine. Studies of the influence of metabolically active substances and their combinations on the indicators of biological yield of beet showed that the best effect was observed in the variants using vitamin E, POBA and methionine, which exceeded the indicators obtained in the control by 13,0 and 8,7%. The best result in terms of economic yield was observed in variants with the use of vitamin E, POBA and methionine, which exceeded the control by 16,6 and 11,1%. Therefore, the use of metabolically active substances and their combinations for seed treatment before sowing is appropriate for increasing seed germination, accumulation of assimilation organs and increasing the yield of beet of the Otaman variety.

Key words: beet, vitamin E, methionine, ubiquinone-10, paraoxybenzoic acid, MgSO₄, germination, average number of leaves, yield.

**Стаття до редакції надійшла 10.10.2023 року
Рецензія на статтю надійшла 30.10.2023 року**