

tissues in 2, 4 and 6 hours after leaf plucking compared to the control. Indicators of water-holding capacity of leaves with foliar feeding of plants only after 24 hours were statistically significant.

The analysis showed that the use of organic-mineral fertilizer "SMART" Marcinyshyn® composite statistically significantly reduced the water deficit of fruits of edible tomato leaves in the phases of budding and pink ripeness by 16.7 and 19.1 %.

*Key words: edible tomato (Lycopersicon esculentum Mill.), organic-mineral fertilizers, transpiration intensity, water holding capacity, water deficiency.*

Надійшла 26.10.2021.

УДК 581.143:577.175.1.05

doi: 10.25128/2078-2357.21.4.11

А. Г. КОЗЮЧКО, В. М. ГАВІЙ, О. Б. КУЧМЕНКО

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

## **ФОТОСИНТЕТИЧНА ПРОДУКТИВНІСТЬ СОЇ СОРТУ АННУШКА ЗАЛЕЖНО ВІД ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ МЕТАБОЛІЧНО АКТИВНИМИ РЕЧОВИНАМИ**

У статті наведено порівняльну характеристику впливу комбінацій метаболічно активних речовин на основі вітаміну Е, параоксибензойної кислоти (ПОБК) і метіоніну; вітаміну Е, ПОБК, метіоніну і магній сульфату ( $MgSO_4$ ); вітаміну Е і убихінону-10 на формування фотосинтетичного апарату, вміст зелених фотосинтетичних пігментів у листках рослин та чисту продуктивність фотосинтезу сої. Встановлено, що зазначені метаболічно активні речовини ефективно впливають на формування фотосинтетичного апарату, а комбінації вітамін Е + убихінон-10, вітамін Е + ПОБК + метіонін збільшують вміст хлорофілів у листках рослин та чисту продуктивність посівів сої сорту Аннушка.

*Ключові слова: соя, вітамін Е, параоксибензойна кислота (ПОБК), метіонін, магній сульфат ( $MgSO_4$ ), кількість листків, хлорофіл а і b, чиста продуктивність фотосинтезу.*

Одним з пріоритетних напрямів розвитку сільського господарства України є стабільне виробництво насіння олійних культур [6, 7]. Соя – одна з найважливіших і найпоширеніших зернобобових та олійних культур у світі. Вона відзначається високим вмістом білка й олії та високими поживними якість. У насінні сої міститься 30–45 % білків, 13–26 % олії, 20–32 % вуглеводів, а також мінеральні речовини, вітаміни, ензими тощо [3, 12].

Без застосування добрив неможливо одержати великий урожай сої. Серед основних факторів, які визначають урожайність цієї культури, на добрива припадає 30 %, на сорти – 20 %, на погодні умови та захист рослин – по 15 %, на ефективну родючість та обробіток ґрунту – по 10 % [3].

У сучасних умовах, коли більшість виробників не мають можливості забезпечити достатній рівень використання добрив, особливо гостро постає питання впровадження у виробництво нових елементів, що підвищують врожайність та покращують якість продукції. У цьому відношенні надзвичайно актуальним для виробників є застосування нових засобів підвищення врожайності: регуляторів росту рослин, комплексних бактеріальних добрив та біопрепаратів. Це дає можливість спрямованої регуляції процесів росту та розвитку рослин зернобобових культур завдяки можливості використання (на відміну від традиційних добрив)

як у період передпосівної підготовки матеріалу, так і для позакореневої обробки рослин в оптимальні фази їхнього розвитку [16].

Метаболічно-активні речовини часто використовують у галузі рослинництва. Вони входять до складу багатьох стимуляторів росту та інших препаратів для рослин. Щороку вивчають нові властивості цих речовин та їхні перспективи щодо подальшого застосування. На сьогодні їх використовують для стимуляції росту рослин, захисту їх від шкідників, хвороб та стресів, що сприяє підвищенню показників урожайності та ефективності культурних рослин [2].

Використання метаболічно-активних речовин дає змогу краще розкрити потенціал рослини, підвищити стресостійкість проти факторів живої та неживої природи і в результаті збільшити продуктивність сільськогосподарських культур. Учені всього світу проводять дослідження в цій галузі для виявлення нових корисних властивостей, які в подальшому можна було б використовувати в рослинництві для збільшення їхньої ефективності. Метаболічно-активні речовини мають здатність прискорювати та уповільнювати ростові процеси в насінні рослин, захищати його від різних факторів, що безпосередньо впливають на подальше зростання рослини, перебіг її фізіологічних процесів та, що найголовніше, можуть підвищувати показники врожайності [28].

Тому, **метою роботи** було вивчити вплив передпосівної обробки насіння комбінаціями метаболічно активних речовин на фотосинтетичну продуктивність сої на різних фазах онтогенезу.

### Матеріал і методи досліджень

Польові досліді закладалися на території навчально-дослідної агробіостанції Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя. Відповідно ділянки готували до посіву: проводили культивуацію, обміряли, розбивали на варіанти та повторності, а також обробляли насіння досліджуваними речовинами. Досліді закладали за схемою:

1. Контроль (насіння сої, замочене у дистильованій воді).
2. Насіння сої, оброблене розчином комбінації речовин: вітамін Е ( $10^{-8}$  М) + убіхінон-10 (0,001 %).
3. Насіння сої, оброблене розчином комбінації речовин: вітамін Е ( $10^{-8}$  М) + параоксибензойна кислота (ПОБК) (0,001 %) + метіонін (0,001 %) +  $MgSO_4$  (0,001 %).
4. Насіння сої, оброблене розчином комбінації речовин: вітамін Е ( $10^{-8}$  М) + параоксибензойна кислота (0,001 %) + метіонін (0,001 %).

Ефективність дії цих комбінацій порівнювали з дією відомого стимулятора росту рослин Вимпел.

Після обробки розчином комбінацій метаболічно активних речовин насіння сої висівали широкорядним способом (ширина міжрядь – 45 см) у ґрунт поля. Ґрунтовий покрив дослідного поля – чорнозем опідзолений, малогумусний; за профілем характеризується відносною однорідністю гранулометричного і валового хімічного складу зі значним вмістом елементів живлення в гумусовому горизонті. Вміст гумусу в орному шарі ґрунту 3,5 %, ступінь насиченості основами – 90,8–91,1 %, реакція ґрунтового розчину слабо кисла (рН 6,0–6,3), гідролітична кислотність 2,42 мг -екв./100 г ґрунту, вміст рухомих сполук фосфору – 118 мг/кг та обмінного калію – 99 мг/кг (за Чириковим – забезпеченість підвищена), нітрогену – 64 мг/кг (за Корнфілдом – забезпеченість середня). Потреби у внесенні мінеральних добрив не було. Загальна площа посівної ділянки – 108 м<sup>2</sup>. Повторність досліді – трьохразова. Дослідження проводилися протягом 2019–2021 років.

Для дослідження використовували насіння сої сорту Аннушка. Даний сорт є ультрастиглим і характеризується стійкістю проти вилягання, високою польовою стійкістю проти хвороб [20].

Визначення фізіологічних та біохімічних показників проводилося в таких фазах розвитку сої: 1–3 трійчастих листків, цвітіння, формування бобів.

Чисту продуктивність фотосинтезу сої визначали за методикою А. О. Ничипоровича [24]. Вміст пігментів – хлорофілів *a*, *b* і загальний вміст хлорофілів у листках рослин сої визначали

спектрофотометричним методом [18]. Спектрофотометричне вимірювання оптичної густини розчинів проводили за довжин хвиль 665, 654, 649 нм. Розчином порівняння був етиловий спирт.

Статистичну та математичну обробку результатів здійснювали за допомогою програми Excel 16.0 для Windows. Статистичну оцінку проводили за t-критерієм Стьюдента при рівні значимості  $p \leq 0,05$ .

### Результати досліджень та їх обговорення

Основним джерелом синтезу й нагромадження рослинами сухої речовини у результаті складних біохімічних процесів, які відбуваються з використанням сонячного світла і вуглекислого газу, є процес фотосинтезу. За твердженнями А. О. Ничипоровича [15], урожай сільськогосподарських культур, у тому числі й сої, формується завдяки засвоєнню ними органічних речовин і їх синтезу в процесі внутрішнього обміну, а також і процесах росту і розвитку. Майже 90–95 % урожаю формується в листках за рахунок фотосинтетичних процесів, що змінюються в часі та залежать від біологічних особливостей культури, сорту, віку рослин та умов зовнішнього середовища.

З'ясовано, що передпосівна обробка насіння комбінаціями метаболічно активних сполук ефективно вплинула на облиствіння рослин протягом усіх фаз росту та розвитку сої. Так, протягом трьох років досліджень рослини контрольного варіанту сформували найменшу кількість листків в усіх досліджуваних фазах (табл. 1).

Максимальну кількість листків на рослинах виявлено за використання вітаміну Е в поєднанні з убіхінон-10. Так, за результатами трирічних досліджень, зазначена вище комбінація найефективніше стимулювала наростання листків, перевищуючи показники контролю у всіх досліджуваних фазах та показники у варіанті з Вимпелом у фазах цвітіння та формування бобів (табл. 1). Таку дію речовин можна пояснити тим, що вітамін Е та убіхінон-10 виконують важливу роль у функціонуванні рослинного організму. Зокрема, вони залучені до біоенергетичних процесів, захисту від шкодочинної дії активних форм кисню та продуктів окиснення, виступають у якості ефективних імуностимуляторів, впливають на формування вегетативних та генеративних органів тощо [27].

Крім вищезазначених речовин, позитивний вплив на формування листків сої мала передпосівна обробка насіння комбінаціями метаболічно активних сполук: вітамін Е + метіонін + ПОВК +  $MgSO_4$  та вітамін Е + метіонін + ПОВК. Зокрема, у фазі цвітіння у варіанті з використанням комбінації речовин вітамін Е + метіонін + ПОВК +  $MgSO_4$  кількість листків на рослинах сої перевищила показники контролю на 53,44 %. Поряд із цим, передпосівна обробка вітаміном Е + метіонін + ПОВК на різних фазах онтогенезу сої сприяла збільшенню кількості листків на рослинах сої на 23,52–49,42 % порівняно з показниками контролю (табл. 1).

Таблиця 1

Вплив передпосівної обробки насіння комбінаціями метаболічно активних речовин на кількість листків на рослинах сої сорту Аннушка (середні показники за 2019–2021 рр.)

Варіант досліджу	Фаза розвитку сої					
	Утворення 1-3 трійчастих листків		Цвітіння рослин		Формування бобів	
	шт.	% до контролю	шт.	% до контролю	шт.	% до контролю
Контроль	1,72±0,08	100,00	9,45± 0,67	100,00	14,33± 0,24	100,00
Вітамін Е + убіхінон-10	3,02± 0,07*	175,58	19,5± 0,71*	206,35	22,97± 0,48*	160,29
Вітамін Е + метіонін + ПОВК + $MgSO_4$	2,03± 0,08*	118,02	14,5± 0,64*	153,44	18,73± 0,30*	130,70
Вітамін Е + метіонін + ПОВК	2,57± 0,05*	149,42	13,06± 0,45*	138,20	17,7± 0,48*	123,52
Вимпел	3,00± 0,08*	174,42	14,37± 0,30*	152,06	19,89± 0,39*	138,79

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

Вміст хлорофілу у фотосинтезуючих тканинах рослин є важливою характеристикою адаптації фотосинтетичного апарату до умов навколишнього середовища та одним із основних факторів біологічної продуктивності рослин, у тому числі й сої. Особливе значення в процесі фотосинтезу належить зеленим пігментам – хлорофілам *a* і *b*. Вони є чутливими індикаторами фізіологічного стану рослин [8, 11, 19].

Хлорофіли *a* і *b* необхідні для формування структури фотосинтетичного апарату, виконують важливу роль у фотохімічних реакціях, поглинають енергію сонячного світла й трансформують її в хімічну енергію органічних сполук [9, 23]. Інтенсивність фотосинтезу та вміст фотосинтетичних пігментів у рослинах значною мірою залежить від мінерального живлення. Дефіцит основних поживних елементів призводить до зниження кількості фотосинтетичних пігментів у листових пластинках рослин [9, 13].

Застосування комбінацій метаболічно активних сполук для передпосівної обробки насіння викликає певні зміни в пігментному складі листків рослин сої на різних фазах онтогенезу.

З'ясовано, що у фазу 1–3 трійчастих листків у контролі вміст суми хлорофілів *a* і *b* в середньому становив 18,86 мг/г сирової маси, хлорофілу *a* – 13,55 мг/г сирової маси, хлорофілу *b* – 6,37 мг/г сирової маси. За передпосівної обробки насіння сої комбінацією речовин вітамін Е + убіхінон-10 виявлено максимальну кількість пігментів, а саме: вміст суми хлорофілів *a* і *b* у листках сої становив 25,54 мг/г сирової маси, що на 35,42 % більше від контролю та на 16,55 % вище від показників у варіанті з Вимпелом. Зазначена композиція метаболічно активних сполук сприяла зростанню вмісту хлорофілу *a* і *b* у листках сої порівняно з показниками контролю на 36,08 % і 37,52 % та на 18,66 % і 23,39 % – порівняно з показниками Вимпелу відповідно (табл. 2).

Таблиця 2

Вплив передпосівної обробки насіння комбінаціями метаболічно активних речовин на вміст хлорофілів *a* і *b* у листках сої сорту Аннушка у фазі 1–3 трійчастих листків (середні показники за 2019–2021 рр.), мг/г сирової маси

Показник		Варіант дослідю				
		Контроль	Вітамін Е + Убіхінон- 10	Вітамін Е + метіонін + ПОБК + MgSO <sub>4</sub>	Вітамін Е + метіонін + ПОБК	Вимпел
Вміст суми хлорофілів <i>a</i> і <i>b</i>	мг/г	18,86± 0,38	25,54±0,43*	18,18± 0,40	16,98±0,4 0	22,42±0,34*
	% до контролю	100,00	135,42	96,39	90,03	118,87
Вміст хлорофілу <i>a</i>	мг/г	13,55± 0,32	18,44±0,44*	10,44± 0,42	12,12±0,4 0	16,91±0,21*
	% до контролю	100,00	136,08	77,05	89,45	117,13
Вміст хлорофілу <i>b</i>	мг/г	6,37± 0,27	8,76± 0,25*	4,64± 0,30	5,16± 0,17	7,27± 0,24*
	% до контролю	100,00	137,52	72,84	81,01	114,13

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

Передпосівна обробка насіння сої комбінаціями речовин вітамін Е + убіхінон-10, вітаміну Е + ПОБК + метіонін дала можливість збільшити вміст суми хлорофілів *a* і *b* у листках сої на 9,97 мг/г та 8,35 мг/г сирової маси і у фазі цвітіння (табл. 3). Варто зазначити, що всі

досліджувані речовини сприяли зростанню вмісту хлорофілу *a* порівняно з контролем в середньому на 7,77–16,59 %. Найбільший вміст хлорофілу *b* виявлено за використання комбінації вітамін Е + убіхінон-10 (табл. 3).

Ефективність досліджуваних комбінацій метаболічно-активних сполук можна пояснити тим, що убіхінон бере участь у перенесенні електронів у транспортному ланцюзі, у процесах обміну енергії, разом із пластохіноном він бере участь у процесах фотофосфорилуванні в тилакоїдах хлоропластів та окиснювальному фосфорилуванні. Параоксибензойна кислота має виражену антимікробну активність і пригнічує ріст бактерій, цвілевих та інших грибів. Вона поєднує у собі властивості сигнального посередника і стресового фітогормону. Метіонін є попередником синтезу гормонів росту, регулює відкриття продихів [17].

Джерелом додаткового живлення сільськогосподарських культур є мінеральне добриво – сульфат магнію. Відомо, що магній виконує важливу роль у фотосинтезі, оскільки входить до складу молекули хлорофілу, пектинових речовин, бере участь у синтезі білків, переміщенні фосфору, активізує ферменти, регулює поглинання води кореневою системою. 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 [21].

Таблиця 3

Вплив передпосівної обробки насіння комбінаціями метаболічно активних речовин на вміст хлорофілів *a* і *b* у листках сої сорту Аннушка у фазі цвітіння (середні показники за 2019–2021 рр.), мг/г сирової маси

Показник		Варіант досліду				
		Контроль	Вітамін Е + Убіхінон- 10	Вітамін Е + метіонін + ПОБК + MgSO <sub>4</sub>	Вітамін Е + метіонін + ПОБК	Вимпел
Вміст суми хлорофілів <i>a</i> і <i>b</i>	мг/г	132,69 ± 0,72	142,66 ± 0,72 *	128,87 ± 0,62	141,04 ± 0,51 *	145,09 ± 0,64 *
	% до контролю	100	107,51	97,12	106,29	109,35
Вміст хлорофілу <i>a</i>	мг/г	91,68 ± 0,52	106,89 ± 0,51 *	98,81 ± 0,72	103,52 ± 0,41 *	105,29 ± 0,41*
	% до контролю	100	116,59	107,77	112,91	114,85
Вміст хлорофілу <i>b</i>	мг/г	40,19 ± 0,22	43,33 ± 0,26 *	40,17 ± 0,35	40,85 ± 0,20	44,00 ± 0,23 *
	% до контролю	100	107,81	99,95	101,64	109,48

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

Максимальні показники вмісту хлорофілів *a* і *b* виявлено у фазі формування бобів. Так, у фазі формування бобів у контролі вміст суми хлорофілів *a* і *b* становив 180,97 мг/г сирової маси, хлорофілу *a* – 120,82 мг/г сирової маси та хлорофілу *b* – 56,76 мг/г сирової маси. Обробка насіння сої комбінацією речовин вітаміну Е + убіхінону-10 дала можливість збільшити на 8,24 % показник суми хлорофілів *a* і *b* у листках сої порівняно з контролем (табл. 4).

У процесі фотосинтезу утворюється близько 95 % загальної біомаси рослин. Тому зміна цієї величини може досить об'єктивно відображати їх асиміляційну діяльність. Саме цей показник лежить в основі визначення чистої продуктивності фотосинтезу [22].

Вплив передпосівної обробки насіння комбінаціями метаболічно активних речовин на вміст хлорофілів *a* і *b* у листках сої сорту Аннушка у фазі формування бобів (середні показники за 2019–2021 рр.), мг/г сирової маси

Показник		Варіант досліджу				
		Контроль	Вітамін Е + Убіхінон-10	Вітамін Е + метіонін + ПОВК + MgSO <sub>4</sub>	Вітамін Е + метіонін + ПОВК	Вимпел
Вміст суми хлорофілів <i>a</i> і <i>b</i>	мг/г	180,97 ± 0,86	195,89 ± 0,86 *	182,71 ± 0,97	188,98 ± 0,81*	194,88 ± 0,84 *
	% до контролю	100	108,24	101,06	104,43	107,68
Вміст хлорофілу <i>a</i>	мг/г	120,82 ± 0,11	143,24 ± 0,09 *	131,97 ± 0,10 *	139,73 ± 0,44*	137,79 ± 0,60 *
	% до контролю	100	118,565	109,23	115,65	114,05
Вміст хлорофілу <i>b</i>	мг/г	57,76 ± 0,30	61,21 ± 0,85*	59,07 ± 0,79*	57,09 ± 0,73*	61,62 ± 0,75*
	% до контролю	100	109,60	104,07	100,58	108,83

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

Чиста продуктивність фотосинтезу залежить як від біологічних особливостей культури, так і від комплексу зовнішніх факторів: сонячної радіації, температури повітря, вологості ґрунту, рівня мінерального живлення, а також від застосування регуляторів росту рослин [1, 4, 5, 26]. Чиста продуктивність фотосинтезу повніше, порівняно з площею листків, відображає реальні можливості агробіоценозу щодо синтезу органічної речовини. Вона є одним із найважливіших параметрів, із яким корелює рівень урожайності [10, 14, 25].

У результаті досліджень виявлено, що найбільші показники чистої продуктивності фотосинтезу посівів сої у фазі цвітіння визначено у варіантах із застосуванням комбінацій вітаміну Е + убіхінон-10 та вітаміну Е + метіонін + ПОВК, де чиста продуктивність фотосинтезу сої перевищувала показники контролю на 27,61 % і 24,66 % та на 10,45 % і 7,5 % – показники Вимпелу (табл. 5).

Застосування досліджуваних речовин сприяло збільшенню чистої продуктивності фотосинтезу сої в усіх варіантах комбінацій й у фазі формування бобів. Максимальний результат виявлено за використання вітаміну Е в поєднанні з убіхінон-10. Застосування зазначеної комбінації метаболічно активних речовин зумовило збільшення показника чистої продуктивності фотосинтезу на 1,00 г/м<sup>2</sup>, або 25,25 % порівняно з показниками контролю та на 4,29 % – у порівнянні з показниками Вимпелу (табл. 5).

Ефективність метаболічно активних сполук також залежить від особливостей погодних умов. Тому при проведенні досліджень нами враховувалися метеорологічні показники, зокрема середньодобові мінімальні та максимальні температури повітря, кількість опадів, запаси вологи в ґрунті. Так, за температурними показниками та водозабезпеченням 2019 і 2021 роки були більш сприятливими для росту та розвитку сої порівняно з 2020 роком. Недостатня кількість опадів та нерівномірний їхній розподіл у 2020 році стали причиною зменшення показників асиміляційних процесів у рослинах сої. Крім того, у 2020 році спостерігалось зниження температури навколишнього середовища після висіву насіння в ґрунт, що також вплинуло на перебіг фізіологічних процесів у рослинах сої.

Чиста продуктивність фотосинтезу посівів сої сорту Аннушка залежно від передпосівної обробки насіння метаболічно активними речовинами у фазі цвітіння (середні показники за 2019–2021 рр.), г/м<sup>2</sup> за добу

Варіант досліджу	Рік проведення дослідів			Середнє	
	2019 р.	2020 р.	2021 р.	г/м <sup>2</sup>	% до контролю
Фаза цвітіння					
Контроль	3,6± 0,10	3,69± 0,12	3,9± 0,12	3,73± 0,15	100
Вітамін Е + убіхінон-10	4,96± 0,15*	4,41± 0,17*	4,91± 0,12*	4,76± 0,14*	127,61
Вітамін Е + метіонін + ПОБК + MgSO <sub>4</sub>	3,98± 0,12	3,52± 0,17	4,02± 0,15	3,84± 0,13	102,95
Вітамін Е + метіонін + ПОБК	4,82± 0,13*	4,31± 0,12*	4,83± 0,16*	4,65± 0,12*	124,66
Вимпел	4,48± 0,14*	3,82± 0,10*	4,38± 0,12*	4,37± 0,15*	117,16
Фаза формування бобів					
Контроль	4,05± 0,14	3,73± 0,15	4,10± 0,13	3,96± 0,17	100
Вітамін Е + убіхінон-10	5,09± 0,14*	4,70± 0,11*	5,11± 0,10*	4,96± 0,13*	125,25
Вітамін Е + метіонін + ПОБК + MgSO <sub>4</sub>	4,43± 0,19*	4,00± 0,16*	4,50± 0,15*	4,31± 0,10*	108,84
Вітамін Е + метіонін + ПОБК	5,01± 0,14*	4,63± 0,17*	5,05± 0,15*	4,89± 0,10*	123,48
Вимпел	4,96± 0,15*	4,43± 0,12*	5,00± 0,11*	4,79± 0,11*	120,96

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

### Висновки

1. Вміст хлорофілу в листках рослин сої поступово зростає за фазами росту та розвитку і максимальне значення виявлено у фазі формування бобів. Передпосівна обробка насіння сої комбінаціями речовин вітамін Е + убіхінон-10 та вітаміну Е + ПОБК + метіонін зумовила збільшення вмісту суми хлорофілів *a* і *b*, хлорофілу *a* та хлорофілу *b* у листках сої.
2. Застосування комбінацій вітамін Е + убіхінон-10, вітамін Е + метіонін + ПОБК сприяло зростанню чистої продуктивності фотосинтезу у всіх досліджуваних фазах онтогенезу сої. Максимальний результат виявлено за використання вітаміну Е в поєднанні з убіхінон-10.
3. Передпосівна обробка насіння сої комбінаціями метаболічно активних речовин вітамін Е + убіхінон-10, вітамін Е + метіонін + ПОБК сприяють максимальній реалізації фотосинтетичної продуктивності, тому подальше вивчення впливу зазначених вище речовин на зернобобові культури є перспективним.
4. Передпосівна обробка насіння сої метаболічно активними сполуками може бути використана як елементи технології при вирощуванні зернобобових культур.

1. Адамень Ф. Ф., Вергунов А. В., Лазер Н. П., Вергунова Н. И. Агробиологические особенности возделывания сои в Украине. К.: Аграр. наука, 2006. 456 с.
2. Біостимулятори рослин природного походження. Сайт МНТЦ Агробіотех. URL: <http://www.agrobiotech.com.ua> (дата звернення: 10.10.2021).
3. Бабич А. О. Сучасне виробництво і використання сої. К.: Урожай, 1993. 429 с.
4. Бабич А. О., Венедіктов О. М. Фотосинтетична діяльність та урожайність насіння сої залежно від строків сівби та системи захисту від хвороб в умовах Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*. 2004. № 53. С. 83–88.
5. Бабич А. О., Петриченко Ф. В., Адамень Ф. Ф. Проблема фотосинтезу і біологічної фіксації азоту бобовими культурами. *Вісник аграр. науки*. 1996. № 2. С. 34–39.

6. Бабич А., Колісник С., Побережна А., Немцов А. Розміщення посівів і технологія вирощування сої в Україні. *Пропозиція*, 2000. № 5. С. 38–40.
7. Гадзало Я. М., Гладій В. М., Саблук Т. П. Аграрний потенціал України. К. : Аграрна наука, 2016. 332 с.
8. Годнев Т. Н. Хлорофилл, его строение и образование в растений. Минск : Изд-во АН БССР, 1963. 123 с.
9. Гуляев Б. І. Екофізіологія фотосинтезу: досягнення, стан та перспективи досліджень. *Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліття: збірник наукових праць*. Київ, 2001. Т. 1. С. 60–74.
10. Кашманов А. А. Свет и развитие растений. М. : Сельхозгиз, 1963. 354 с.
11. Лебедева Т. С., Сытник К. М. Пигменты растительного мира. К. : Наук. думка, 1986. 87 с.
12. Лещенко А. К. Культура сої на Україні. К. : В-во Укр. с.-г. академії, 1962. 324 с.
13. Мальцева Н. М., Гаевський А. П., Дерев'яно К. Ю. Вплив біологічно активних речовин та їх композицій на вміст фотосинтетичних пігментів у листках озимої пшениці в умовах дефіциту фосфору. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2011. Т. 43. № 5. С. 403–411.
14. Ничипорович А. А., Строганова Е. Л., Чмора Н. С., Власова П. М. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах. М : АН СССР, 1961. 133 с
15. Ничипорович А. А. Фотосинтез и теория получения высоких урожаев. *Тимирязевское чтение*. М., 1956. 94 с.
16. Обробка насіння сої. *Агро Еліта*. URL: <https://agroelita.info/2019/04/obrobka-nasinnya-soji/> (дата звернення: 05.11.2021).
17. Полянчиков С. П., Ковбель А. И. Роль амінокислот у захисті культур від стресів. *НПК «Квадрат»*. URL: [https://agromage.com/stat\\_id.php?id=1086](https://agromage.com/stat_id.php?id=1086) (дата звернення: 10.10.2021).
18. Починок Х. Н. Методи біохімічного аналізу рослин. К. : Наукова думка, 1976. 336 с.
19. Рубин А. Б., Венедиктов П. С., Кренделева Т. Е., Пашенко В. З. Регуляция первичных стадий фотосинтеза при изменении физиологического состояния растений. *Фотосинтез и продукционный процесс*. М. : Наука, 1989. С. 29–39.
20. Сорт сої Аннушка. *IAC Аграрії разом*. URL: <https://agrarii-razom.com.ua/culturevariety/annushka> (дата звернення: 10.10.2021).
21. Сульфат магнію, як додаткове джерело сірки та магнію для рослини. *Агро One*. URL: [www.agroone.info/publication/sulfat-magniju-jak-dodatkove-dzherelo-sirki-ta-magniju-dlja-roslini/](http://www.agroone.info/publication/sulfat-magniju-jak-dodatkove-dzherelo-sirki-ta-magniju-dlja-roslini/) (дата звернення: 5.11.2021).
22. Турін Є. М. Специфічність взаємодії сортів сої з різними штамми бульбочкових бактерій. *Вісник аграрної науки*. 2005. № 11. С. 82–84.
23. Шадчина Т. М., Гуляев Б. І., Кірізій Д. А. та ін. Регуляція фотосинтезу і продуктивність рослин: фізіологічні та екологічні аспекти. К.: Фітосоціоцентр, 2006. 384 с.
24. Єщенко, В. О., Копитко Г. П., Опришко П. В., Костогриз В. П. Основи наукових досліджень в агрономії /за ред. В. О. Єщенка. К. : Дія, 2005. 288 с.
25. Bone S. Reduces tillage systems for soybean production. *Soybean news*. 1978. V. 28. № 2. P. 1–2.
26. Caulfield F. Comparative responses of photosynthesis to growth temperature in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) cultivars / F. Caulfield, J. Bunce // *Canad. J. Plant Sc.* 1988. Т. 68, № 2. P. 419–425.
27. Farouk S. Ascorbic Acid and a Tocopherol Minimize Salt-Induced Wheat Leaf Senescence. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*. 2011. Vol. 7 (3). P. 58–79.
28. Nardi S, Pizzeghello D, Schiavon M, Ertani A. Plant biostimulants: physiological responses induced by protein hydrolyzed-based products and humic substances in plant metabolism. *Sci. agric. (Piracicaba, Braz.)*. 2016;73 (1):18–23. DOI: 10.1590/0103-9016-2015-0006

## References

1. Adamen' F. F., Verhunov A. V., Lazer N. P., Verhunova N. Y. Ahrobyolohycheskye osobennosti vozdelывanyia soy v Ukraine. К. : Ahrar. nauka, 2006. 456 s. [in Russian]
  2. Biostymulatoryi roslin pryrodnoho pokhodzhennia. *Sayt MNTTs Ahrobiotekh*. URL: <http://www.agrobiotech.com.ua> (data zvernennia: 10.10.2021). [in Ukrainian]
  3. Babych A. O. Suchasne vyrobnytstvo i vykorystannia soi. К. : Urozhay, 1993. 429 s. [in Ukrainian]
  4. Babych A. O., Venediktov O. M. Fotosyntetychna diial'nist' ta urozhaynist' nasinnia soi zalezno vid strokiv sivby ta systemy zakhystu vid khvorob v umovakh Lisostepu Ukrainy. *Kormy i kormovyrobnytstvo*. Vinnytsia, 2004. No 53. S. 83–88. [in Ukrainian]
  5. Babych A. O., Petrychenko F. V., Adamen' F. F. Problema fotosyntezy i biolohichnoi fiksatsii azotu bobovymy kul'turamy. *Visnyk ahrar. Nauky*. 1996. No 2. S. 34–39. [in Ukrainian]
- 88 ISSN 2078-2357. Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол., 2021, Т. 81, № 4

6. Obrobka nasinnia soi. *Ahro Elita*. URL.:[https://agroelita.info/2019/04/obrobka nasinnya-soji/](https://agroelita.info/2019/04/obrobka_nasinnya-soji/) (data zvernennia: 05.11.2021). [in Ukrainian]
7. Biostymuliatory roslyn pryrodnoho pokhodzhennia. *Sayt MNTTs Ahrobiotekh*. URL.: <http://www.agrobiotech.com.ua> (data zvernennia: 10.10.2021). [in Ukrainian]
8. Hodnev T. N. Khlorofyll, eho stroenye y obrazovanye v rastenyy. Mynsk: Yzd-vo AN BSSR, 1963. 123 s. [in Russian]
9. Hulciaiev B. I. Ekofiziolohiia fotosyntezy: dosiahnennia, stan ta perspektyvy doslidzhen'. *Fiziolohiia roslyn v Ukraini na mezhi tysiacholittia: zbirnyk naukovykh prats'*. Kyiv, 2001. T.1. S. 60–74. [in Ukrainian]
10. Kashmanov A. A. Svet y razvytye rastenyy. M.: Sel'khozhyz, 1963. 354 s. [in Russian]
11. Lebedeva T. S., Sytynk K. M. Pyhmenty rastytel'noho myra. K.: Nauk. dumka, 1986. 87 s. [in Russian]
12. Leshchenko A. K. Kul'tura soi na Ukrainy. K.: V-vo Ukr. s.-h. akademii, 1962. 324 s. [in Ukrainian]
13. Mal'tseva N.M., Haievs'kyi A. P., Derev'ianko K. Yu. Vplyv biolohichno aktyvnykh rechovyh ta ikh kompozytsiy na vmist fotosyntetychnykh pihmentiv u lystkakh ozymoi pshenytsi v umovakh defitsytu fosforu. *Fyziolohiia y byokhymia kul'turnykh rastenyy*. 2011. T. 43. No 5. S. 403–411. [in Ukrainian]
14. Nychyporovych A. A., Strohanova E. L., Chmora N. S., Vlasova P. M. Fotosyntetycheskaia deiatel'nost' rastenyy v posivakh. M: AN SSSR, 1961. 133 s. [in Russian]
15. Nychyporovych, A.A. Fotosyntezy y teoriya poluchenyia vysokyykh urozhaiiv. *Tymyriazevskoe chtenye*. M., 1956. 94 s. [in Russian]
16. Obrobka nasinnia soi. *Ahro Elita*. URL.:[https://agroelita.info/2019/04/obrobka nasinnya-soji/](https://agroelita.info/2019/04/obrobka_nasinnya-soji/) (data zvernennia: 05.11.2021). [in Ukrainian]
17. Polianchykov S. P., Kovbel' A. Y. Rol' aminokyslot u zakhysti kul'tur vid stresiv. *NPK "Kvadrat"*. URL.: [https://agromage.com/stat\\_id.php?id=1086](https://agromage.com/stat_id.php?id=1086) (data zvernennia: 10.10.2021). [in Ukrainian]
18. Pochynok Kh. N. Metody biokhimichnoho analizu roslyn. K.: Naukova dumka, 1976. 336 s. [in Ukrainian]
19. Rubyn A. B., Venedyktov P. S., Krendeleva T. E., Pashchenko V. Z. Rehuliatsiya pervychnykh stadyu fotosyntezy pry yzmenenyy fyziolohycheskoho sostoiannya rastenyy. *Fotosyntezy y produktsyonny protsess*. M. : Nauka, 1989. S. 29–39. [in Russian]
20. Sort soi Annushka. *IAS Ahrarii razom*. URL.: <https://agrarii-razom.com.ua/culturevariety/annushka> (data zvernennia: 10.10.2021). [in Ukrainian]
21. Sul'fat mahniuu, yak dodatkove dzherelo sirky ta mahniuu dlia roslyny. *Agro One*. URL.: [www.agroone.info/publication/sulfat-magniju-jak-dodatkove-dzherelo-sirki-ta-magniju-dlja-roslini/](http://www.agroone.info/publication/sulfat-magniju-jak-dodatkove-dzherelo-sirki-ta-magniju-dlja-roslini/) (data zvernennia: 5.11.2021). [in Ukrainian]
22. Turin Ie. M. Spetsyfichnist' vzaiemodii sortiv soi z riznymy shtamamy bul'bochkovykh bakteriy. *Visnyk ahrarnoi nauky*. Kyiv: Ahrarna nauka, 2005. No 11. S. 82–84. [in Ukrainian]
23. Shadchyna T. M., Hulciaiev B. I., Kiriziy D. A. ta in. Rehuliatsiia fotosyntezy i produktyvnist' roslyn: fiziolohichni ta ekolohichni aspekty. K.: Fitosotsiotsentr, 2006. 384 s. [in Ukrainian]
24. Ieshchenko, V. O., Kopytko H. P., Opryshko P. V., Kostohryz V. P. Osnovy naukovykh doslidzhen' v ahronomii /za red. V.O. Ieshchenka. K.: Diia, 2005. 288 s. [in Russian]
25. Bone S. Reduces tillage systems for soybean production. *Soybean news*. 1978. V. 28. № 2. P. 1–2.
26. Caulfield F. Comparative responses of photosynthesis to growth temperature in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) cultivars / F. Caulfield, J. Bunce // *Canad. J. Plant Sc.* 1988. T. 68, № 2. P. 419–425.
27. Farouk S. Ascorbic Acid and a Tocopherol Minimize Salt-Induced Wheat Leaf Senescence. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*. 2011. Vol. 7(3). P. 58–79.
28. Nardi S, Pizzeghello D, Schiavon M, Ertani A. Plant biostimulants: physiological responses induced by protein hydrolyzed-based products and humic substances in plant metabolism. *Sci. agric. (Piracicaba, Braz.)*. 2016;73(1):18–23. DOI: 10.1590/0103-9016-2015-0006.

A. G. Koziuchko, V. M. Havii, O. B. Kuchmenko  
Nizhyn Mykola Gogol State University, Ukraine

#### PHOTOSYNTHETIC PRODUCTIVITY OF ANNUSHKA SOYBEANS DEPENDING ON PRE-SOWING SEED TREATMENT WITH METABOLICALLY ACTIVE SUBSTANCES

One of the priority areas for the development of Agriculture in Ukraine is the stable production of oilseeds. Soy is one of the most important and widespread legumes and oilseeds in the world. It is characterized by a high protein and oil content and high nutritional qualities. Soy seeds contain 30–45 % protein, 13–26% fat, 20–32% carbohydrates, as well as minerals, vitamins, enzymes, etc.

Without the use of fertilizers, it is impossible to obtain a big soybean harvest. Among the main factors that determine the yield of this crop, fertilizers account for 30 %, varieties – 20 %, weather conditions and plant protection – 15 % each, effective fertility and tillage – 10 % each.

Therefore, the study of the effect of a combination of metabolically active substances (complexes of vitamin E and ubiquinone-10; vitamin E, 4-hydroxybenzoic acid (PHBA) and methionine; vitamin E, 4-hydroxybenzoic acid (PHBA), methionine and magnesium sulfate growth regulator Vympel on assimilation processes in soybean leaves in the main phases of ontogenesis and its performance is worthy of scientific attention.

It was observed that pre-sowing treatment of seeds with combinations of metabolically active compounds effectively affected the formation of the number of leaves during all phases of plant growth and development. Thus, when using vitamin E in combination with ubiquinone-10, the maximum number of leaves on soybean plants was formed, exceeding the control indicators at all the studied phases and indicators in the variant with a pennant in the flowering and bean formation phase.

The use of combinations of metabolically active compounds for pre-sowing seed treatment causes certain changes in the pigment composition of soybean leaves at different phases of ontogenesis. It was found that pre-sowing treatment of soybean seeds with a combination of vitamin E + ubiquinone-10 substances allowed to achieve the maximum result, namely, to increase the content of the sum of chlorophylls A and b in soybean leaves to 25.54 mg/g of raw mass, which is 35.42 % more than the control and 16.55 % more than in the variant with Vympel. Pre-sowing treatment of soybean seeds with combinations of substances vitamin E + ubiquinone-10, vitamin E + PHBA + methionine allowed to increase the content of the sum of chlorophylls a and b in soybean leaves by 9.97 mg/g and 8.35 mg/g of raw mass and in the flowering phase. The maximum content of chlorophylls a and b was achieved during the bean formation phase.

Pre-sowing treatment of soybean seeds with combinations of metabolically active substances vitamin E + ubiquinone-10, vitamin E + methionine + PHBA contribute to the maximum realization of photosynthetic productivity, so further study of the effect of the above substances on leguminous crops is promising.

Pre-sowing treatment of soybean seeds with metabolically active compounds can be used as elements of technology in the cultivation of legumes.

*Keywords: soy, vitamin E, methionine, 4-hydroxybenzoic acid (PHBA), magnesium sulfate (MgSO<sub>4</sub>), growth regulator, Vympel, leaf count, chlorophyll A and b, net photosynthetic performance.*

Надійшла 19.10.2021.