

УДК 633.34:631.811.98: 581.132:631.526.3(292.485-15)
DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2026-1-20>

Овчарук О. В.

доктор сільськогосподарських наук,
професор кафедри рослинництва, селекції та насінництва,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: ovcharuk.oleh@gmail.com
ORCID: 0000-0002-1117-962X

Ороховський А. В.

аспірант кафедри рослинництва, селекції та насінництва,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: orokhovskiy.a2142@gmail.com
ORCID: 0009-0000-9059-8285

Овчарук К. О.

студентка кафедри рослинництва, селекції та насінництва,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: ovcharuk.kateruna@gmail.com
ORCID: 0009-0005-6997-6567

Секрієру С.

доктор біологічних наук,
доцент кафедри агрономії та навколишнього середовища,
Технічний університет Молдови
Кишинів, Молдова
E-mail: silvia.secrieru@am.utm.md
ORCID: 0000-0001-5834-3661

Скриник О. А.

кандидатка географічних наук, доцент кафедри рослинництва,
Національний університет біоресурсів та природокористування України
Київ, Україна
E-mail: skrynuk@nubip.edu.ua
ORCID: 0000-0003-0332-5073

ВПЛИВ СТРОКІВ ТА НОРМ ВНЕСЕННЯ БІОСТИМУЛЯТОРІВ-АНТИСТРЕСАНТІВ НА ФОТОСИНТЕТИЧНУ ПРОДУКТИВНІСТЬ СОЇ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ЗАХІДНОГО

Анотація

У сучасному виробництві зернової продукції серед зернобобових культур вагоме місце в структурі посівних площ посідає соя, яка визначає рівень виробництва рослинного білка в Україні. На цей час сою відносять до найбільш затребуваних стратегічних культур, що задовольняють потреби людства в рослинному білку та олії.

У статті висвітлено результати досліджень, за якими було встановлено основні аспекти, що впливають на формування фотосинтетичної діяльності агрофітоценозів сортів сої залежно від застосування біостимуляторів антистресантів за умов зміни клімату.

Відмічено, що вищі показники фотосинтетичної діяльності були сформовані у сої сорту Ментор за умови двократної обробки біостимулятором Вуксал БІО Аскофол (WUXAL) та АЛЪГЪМ ПЛЮС / ALHUM PLUS (Smart Grow) у період проведення досліджень 2023–2025 роки.

Найвищі показники «бутонізація – цвітіння» відмічено на варіанті з внесенням біостимулятора Вуксал БІО Аскофол в період 2 міжвузлів (ВВСН 14) та бутонізації (ВВСН 55) з нормою 1,0 л/га – 51,1 тис. м²/га, що на 4,9 тис. м²/га перевищило показник на варіанті без внесення біостимуляторів. Внесення менших норм препарату знижувало показники

площі листової поверхні: з нормою 0,5 л/га на 1,4 тис. м²/га, з нормою 0,7 л/га на 0,5 тис. м²/га. Внесення біостимулятора Альгум плюс забезпечувало показники площі листкової поверхні на рівні 49,2 тис. м²/га на варіанті з нормою 1,0 л/га, що переважав на 3,0 тис. м²/га варіант без внесення біостимулятора. Різниця між застосуванням препарату Вуксал БІО Аскофол становила 1,9 тис. м²/га порівняно з Альгум плюс.

Найвищий показник на варіантах сорту Сірелія становив 48,4 тис. м²/га із застосуванням Вуксал БІО Аскофол, що на 4,8 тис. м²/га переважав варіант без застосування біопрепаратів та лише 0,3 тис. м²/га від внесення Альгум плюс.

Фотосинтетичний потенціал сортів сої різнився від застосування біостимуляторів в нормі внесення 1,0 л/га на 0,27 млн м²/га × діб більше на варіанті внесення Вуксал БІО Аскофол та 0,16 млн м²/га × діб на варіанті внесення Альгум плюс сорту Ментор.

Найбільша продуктивність фотосинтезу була в період «цвітіння – наливу зерна», чиста продуктивність фотосинтезу була в межах: у сорту Ментор 1,91–2,23 г/м², у сорту Сірелія 1,83–2,16 г/м², залежно від варіанта дослідів.

Застосування біостимулятора Вуксал БІО Аскофол на посіві сорту Ментор забезпечив найбільший приріст сухої речовини за внесення в період 2 міжвузлів (ВВСН 14) + бутонізація (ВВСН 55), і відповідно до норми внесення цей показник становив: 0,5 л/га – 16,34 г/рослину; 0,7 л/га – 16,52 г/рослину; 1,0 л/га – 16,83 г/рослину, що на 1,66, 1,84 та 2,15 г/рослину переважало варіант без внесення біостимуляторів.

Ключові слова: агроценоз, сорт, соя, біостимулятори, мікроелементи, мінеральне живлення, фотосинтетична діяльність рослин, стрес, абіотичні фактори, технологія вирощування.

Вступ. Ріст населення на земній кулі обумовлює необхідність забезпечення його продуктами харчування, що, зі свого боку, потребує випереджального росту виробництва продовольчих ресурсів, зокрема білково-олійної сировини. Поповнення їх значною мірою забезпечується завдяки сої, яка є однією з найцінніших зернобобових культур [1; 10; 11]. З урахуванням високої харчової цінності та вмісту білків соя визначена організацією ЮНЕ-СКО як стратегічна харчова культура [14].

Україна для успішного вирощування сої має всі умови – наявність вітчизняних скоростиглих високоврожайних сортів, сприятливі ґрунтово-кліматичні умови, розроблені і всебічно використовуються новітні вітчизняні технології вирощування сої та її переробки на кормові й харчові цілі [9; 13].

Соя (*Glycine max*) здавна забезпечує високоякісний білок та олію для харчування людини та корму для тварин, що робить її важливою для глобальної продовольчої безпеки [1; 3; 11; 13]. Хоча досягнення в технологіях селекції та методах вирощування поступово збільшують урожайність сої, поточний рівень виробництва залишається недостатнім для задоволення потреб зростаючого населення світу [1; 6; 14]. Порівняно з основними культурами, як-от кукурудза та пшениця, врожайність сої значно нижча, а середній коефіцієнт використання світового потенціалу врожайності сої становить лише 45 %, що значно нижче, ніж у кукурудзи (60 %) та пшениці (68 %). Цей розрив у врожайності та низька ефективність виробництва підкреслюють необхідність інноваційних стратегій для підвищення продуктивності сої, особливо в складних екологічних умовах [4; 15].

Посуховий стрес є одним із найсерйозніших абіотичних стресорів, що обмежують продуктивність сільськогосподарства в усьому світі [7; 9]. Зміна клімату посилила парниковий ефект, збільшивши потребу в атмосферній воді та призвівши до частіших та інтенсивніших метеорологічних посух [6; 9; 15]. Посуха негативно впливає на всі стадії росту рослин, від проростання насіння до цвітіння та зав'язування зерна. Вона знижує темпи проростання, погіршує приживлюваність розсади та викликає низку фізіологічних дисфункцій, включно з перекисним окисленням ліпідів мембран, порушенням антиоксидантних систем, осмотичним дисбалансом та пригніченням фотосинтезу. Під час формування врожаю посуха може значно знизити життєздатність пилку, що призводить до значних втрат кількості та ваги насіння [12]. Посуховий стрес часто супроводжується іншими стресовими факторами навколишнього середовища, як-от висока температура та засоленість [5; 8]. За умов комбінованого впливу посухи та високотемпературного стресу гени, пов'язані з клітинним окисно-відновним балансом, диханням, позаклітинним метаболізмом полісахаридів, захисними реакціями та біосинтезом стероїдів, значно підвищуються [9; 13].

Мета досліджень – дослідити вплив на фотосинтетичну діяльність сортів сої застосування біостимуляторів-антистресантів, періодів та норми їх внесення в умовах Лісостепу Західного.

Виклад основного матеріалу. Експериментальну роботу проводили впродовж 2022–2025 рр. відповідно до «Методики державного сортовипробування сільськогосподарських культур» та «Методів аналізу в агрономії та агроєкології» [8] згідно з планом науково-дослідної роботи кафедри рослинництва, селекції та насінництва Закладу вищої освіти «Подільський державний університет» (державний реєстраційний номер 0126U00171) в умовах дослідної ділянки ТОВ «Козацька долина 2006», що розташована в с. Вихрівка Кам'янець-Подільського району Хмельницької області.

Погодно-кліматичні умови, які склалися в роки проведення польових досліджень, із багаторічними показниками дають можливість підтвердити, що, незважаючи на певні зміни, вони загалом не виходили за межі, характерні для Правобережного Лісостепу України.

Розмір площі дослідних ділянок: загальна – 45 м², облікова – 25,2 м², повторення варіантів триразове із систематичним розміщенням рослин [8].

Агрохімічна характеристика ґрунту дослідного поля. Ґрунт – чорнозем опідзолений, середньосуглинковий. Забезпеченість поживними елементами: загального азоту – 0,158–0,167 %, рухомих форм фосфору та калію (за

Чіріковим) – 16,7 та 11,6 мг на 100 г ґрунту відповідно. Сума вбирних основ коливається в межах 158–209 мг екв./кг. Гідролітична кислотність становить 17–23 мг екв./кг, ступінь насичення основами – 92 %.

Погодно-кліматичні умови регіону характеризуються достатнім забезпеченням тепла з нестатком рівнем зволоження. Підвищення температури відзначається в ранньовесняний період. У літній період спостерігається підвищення температур. Тривалість теплового періоду становить 230–265 днів, а період активної вегетації – у межах 155–170 діб. Показники суми активних температур становлять 2300–2750 °С, ГТК – на рівні 1,4–2,1, кількість опадів за рік перебуває в межах 498–675 мм, середня температура повітря – 7,8 °С.

Схема досліду була трифакторною в чотириразовому повторенні. У досліді вивчали сорти сої: Ментор і Сірелія. Сівбу проводили 25 квітня на глибину загорання насіння 3–4 см. Попередник – ярий ячмінь. Ширина міжрядь – 45 см, норма висіву – 450 тис. нас./га. Застосування біостимуляторів антистресантів проводили з препаратами Вуксал БІО Аскофол (WUXAL) та АЛЬГУМ ПЛЮС / ALHUM PLUS (Smart Grow) з внесенням в період розвитку сої: 2 міжвузля (ВВСН 14), бутонізація (ВВСН 55) та 2 міжвузля (ВВСН 14) + бутонізація (ВВСН 55), з нормою препарату – 0,5, 0,7, та 1,0 л/га з витратою робочого розчину 100 л/га відповідно.

У процесі росту й розвитку посіву особливе місце має динаміка та формування показників фотосинтетичної продуктивності агроценозу, оскільки це є основа урожайності сільськогосподарських культур [2; 5]. Проте тут варто відзначити, що домінуючу роль у фотосинтетичній продуктивності посіву відіграють темп і розміри формування листової поверхні посіву, оскільки із цим показником пов'язані всі інші, що забезпечують продуктування урожайності. Так, зокрема, темп і розміри асиміляційної поверхні посіву визначають інтенсивність поглинання вологи, елементів живлення та фотосинтетично активної радіації сонця. Унаслідок такого поєднання посівом нагромаджується суха речовина, що є основою вегетативної маси й накопичення продуктів асиміляції, які в подальшому забезпечують кількісне формування урожаю та повноцінність його якісних показників [2; 6].

На основі проведених експериментальних досліджень встановлено, що площа листової поверхні залежно від застосування біостимуляторів-антистресантів на досліджуваних сортах сої у середньому за роки була різною і коливалась у межах 37,1–48,9 тис. м²/га.

Показники формування площі листової поверхні у рослин залежали від сортових особливостей, періоду застосування біостимуляторів-антистресантів та періоду росту й розвитку рослин сої. Проведенні дослідження із сортами сої Ментор і Сірелія показали, що наростання площі листя відбувалося інтенсивніше у сорту Ментор, а максимальних розмірів вона досягала в період формування бобів. У період росту й розвитку рослин «бутонізація – цвітіння» найвищі показники – 51,1 тис. м²/га – відмічено на варіанті з внесенням Вуксал БІО Аскофол в період 2 міжвузлів (ВВСН 14) та бутонізації (ВВСН 55) з нормою 1,0 л/га, що на 4,9 тис. м²/га переважало варіант без внесення біостимуляторів. У разі внесення менших норм препарату показники площі листової поверхні також були меншими: з нормою 0,5 л/га становили 49,7, на 1,4 тис. м²/га, з нормою 0,7 л/га – 50,6 тис. м²/га, на 0,5 тис. м²/га порівняно з варіантом внесення 1,0 л/га (табл. 1).

Таблиця 1. Динаміка формування площі листової поверхні у рослин сої залежно від сорту та застосування біостимуляторів-антистресантів, середнє за 2022–2025 рр., тис. м²/га

Біостимулятор (фактор В)	Період внесення (фактор С)	Періоди росту та розвитку								
		сходи – бутонізація			бутонізація – цвітіння			цвітіння – налив зерна		
		Норми внесення, л/га (фактор С)								
		0,5	0,7	1,0	0,5	0,7	1,0	0,5	0,7	1,0
Сорт Ментор (фактор А)										
Без застосування		38,9			46,2			41,4		
Вуксал БІО Аскофол	2 міжвузля	40,1	40,7	40,9	47,6	47,9	48,2	41,9	45,8	42,6
	2 міжвузля + бутонізація	42,2	43,2	44,3	49,7	50,6	51,1	46,1	47,3	47,7
	бутонізація	–	48,4	48,8	49,8	43,5	44,7	44,6		
Альгум плюс	2 міжвузля	39,6	39,8	40,1	46,5	46,9	47,2	41,7	45,2	42,1
	2 міжвузля + бутонізація	41,3	41,9	42,2	48,7	49,2	49,2	44,3	45,5	46,0
	бутонізація	–	47,1	47,5	48,0	42,6	43,3	43,4		
Сорт Сірелія (фактор А)										
Без застосування		36,9			43,6			39,1		
Вуксал БІО Аскофол	2 міжвузля	37,8	38,1	38,2	45,5	45,9	46,2	40,4	40,9	41,1
	2 міжвузля + бутонізація	39,8	41,1	41,5	47,4	48,4	48,9	42,4	43,3	44,1
	бутонізація	–	46,2	46,7	47,3	41,2	42,1	42,4		
Альгум плюс	2 міжвузля	37,1	37,3	37,5	44,1	44,4	44,7	39,5	39,9	40,1
	2 міжвузля + бутонізація	38,8	41,0	41,4	45,7	48,2	48,6	41,1	41,5	41,7
	бутонізація	–			45,0	46,0	46,7	40,4	40,7	40,9

Аналогічно з внесенням біостимулятора Альгум плюс – 49,2 тис. м²/га на варіанті 1,0 л/га, що переважав на 3,0 тис. м²/га варіант без внесення біостимулятора. Різниця між застосуванням препарату Вуксал БІО Аскофол становила 1,9 тис. м²/га порівняно з Альгум плюс.

На варіантах сорту Сірелія спостерігалася подібна тенденція. Найвищий показник становив 48,4 тис. м²/га із застосуванням Вуксал БІО Аскофол, що на 4,8 тис. м²/га переважав варіант без застосування біопрепаратів та лише 0,3 тис. м²/га в разі внесення Альгум плюс.

За роками досліджень найвищі показники зафіксовано у 2025 році, найнижчі – у 2023 році, що насамперед зумовлено погодно-кліматичними умовами. 2023 рік був найменш сприятливим через дефіцит опадів: у липні їх випало лише 70,6 мм порівняно з 205,2 мм у 2025 році. Це супроводжувалося високими температурами повітря з максимальним значенням +35,6 °С та середньодобовим – 21,7 °С.

Аналізуючи показники фотосинтетичного потенціалу сортів сої, варто зазначити, що застосування біостимуляторів підвищувало цей показник на 0,27 млн м²/га × діб на варіанті внесення 1,0 л/га Вуксал БІО Аскофол, 0,16 млн м²/га × діб на варіанті внесення 1,0 л/га Альгум плюс у сорту Ментор.

У сорту Сірелія внесення біостимуляторів в період 2 міжвузлів (ВВСН 14) + бутонізація (ВВСН 55) підвищувало фотосинтетичний потенціал у період «цвітіння – налив зерна» на 0,37 млн м²/га × діб на варіанті внесення 1,0 л/га Вуксал БІО Аскофол порівняно з варіантами без застосування біостимуляторів. Застосування Альгум плюс забезпечило зростання показника на 0,25 млн м²/га × діб відповідно.

Аналізуючи ефективність норм внесення, можемо стверджувати, що збільшення норми в межах варіантів досліду сприяло підвищенню показника фотосинтетичного потенціалу агроценозів сортів сої.

У сорту Ментор внесення біостимулятора в період 2 міжвузлів (ВВСН 14) у нормі 0,5 л/га найвищі показники в період «цвітіння – налив зерна» відмічено на рівні 2,91 млн м²/га × діб, що на 0,17 млн м²/га × діб переважало варіант без внесення біостимуляторів. Збільшення норми внесення до 0,7 л/га забезпечило підвищення показника до рівня 2,95 млн м²/га × діб, що на 0,21 млн м²/га × діб більше за варіант без внесення біостимуляторів; 0,04 млн м²/га × діб за внесення в нормі 0,5 л/га (табл. 2).

Таблиця 2. Фотосинтетичний потенціал сортів сої залежно від застосування біостимуляторів-антистресантів, млн м²/га × діб, середнє за 2022–2025 рр.

Біостимулятор (фактор В)	Період внесення (фактор С)	Періоди росту та розвитку								
		сходи – бутонізація			бутонізація – цвітіння			цвітіння – налив зерна		
		Норми внесення, л/га (фактор С)								
		0,5	0,7	1,0	0,5	0,7	1,0	0,5	0,7	1,0
Сорт Ментор (фактор А)										
Без застосування		1,21			0,58			2,74		
Вуксал БІО Аскофол	2 міжвузля	1,44	1,69	1,80	0,76	0,82	0,85	2,82	2,90	2,93
	2 міжвузля + бутонізація	1,56	1,78	1,83	0,85	0,89	0,91	2,91	2,95	3,01
	бутонізація	–			0,79	0,84	0,86	2,86	2,92	2,95
Альгум плюс	2 міжвузля	1,34	1,48	1,57	0,66	0,68	0,71	2,78	2,79	2,85
	2 міжвузля + бутонізація	1,28	1,55	1,58	0,70	0,74	0,77	2,81	2,85	2,90
	бутонізація	–			0,68	0,70	0,71	2,79	2,81	2,87
Сорт Сірелія (фактор А)										
Без застосування		1,08			0,45			2,48		
Вуксал БІО Аскофол	2 міжвузля	1,24	1,55	1,59	0,57	0,66	0,70	2,59	2,71	2,75
	2 міжвузля + бутонізація	1,40	1,62	1,69	0,69	0,73	0,75	2,73	2,83	2,85
	бутонізація	–			0,62	0,67	0,74	2,64	2,77	2,80
Альгум плюс	2 міжвузля	1,13	1,39	1,42	0,46	0,52	0,56	2,53	2,58	2,63
	2 міжвузля + бутонізація	1,24	1,44	1,47	0,55	0,61	0,66	2,60	2,67	2,73
	бутонізація	–			0,44	0,57	0,59	2,55	2,62	2,68

Внесення біостимулятора в нормі 1,0 л/га забезпечило максимальне зростання цього показника, що становив 3,01 млн м²/га × діб і переважав: 0,27 млн м²/га × діб – без застосування біостимуляторів; 0,1 млн м²/га × діб – внесення 0,5 л/га; 0,06 млн м²/га × діб – внесення 0,7 л/га відповідно. Із застосуванням біостимулятора Альгум плюс зберігалася подібна тенденція.

Показники фотосинтетичного потенціалу у сорту Сірелія були нижчими порівняно із сортом Ментор у період «цвітіння – налив зерна», за внесення в період 2 міжвузлів (ВВСН 14) + бутонізація (ВВСН 55) становили: Вуксал Біо Аскофол – 0,18, 0,12 та 0,16 млн м²/га × діб; Альгум плюс – 0,21, 0,18, та 0,17 млн м²/га × діб відповідно.

Найбільша продуктивність фотосинтезу була в період «цвітіння – налив зерна», чиста продуктивність фотосинтезу була в межах: у сорту Ментор 1,91–2,23 г/м², у сорту Сірелія 1,83–2,16 г/м², залежно від варіанта досліду.

Розміри та тривалість роботи асиміляційної поверхні посівів формують кількість нагромадження продуктів асиміляції, нами було досліджено формування маси сухої речовини, яка вивчалася нами впродовж вегетаційного періоду досліджуваних сортів Ментор і Сірелія.

За результатами досліджень встановлено, що найбільший приріст сухої речовини в агроценозах сої виявлено в період «цвітіння – наливу зерна».

У сорту Ментор на варіанті без внесення біостимуляторів цей показник становив 14,68 г/рослину. Застосування біостимулятора Вуксал БІО Аскофол забезпечило максимальне збільшення цього показника за внесення в період 2 міжвузлів (ВВСН 14) + бутонізація (ВВСН 55), і відповідно до норми внесення цей показник становив: 0,5 л/га – 16,34 г/рослину; 0,7 л/га – 16,52 г/рослину; 1,0 л/га – 16,83 г/рослину, що на 1,66, 1,84 та 2,15 г/рослину переважало варіант без внесення біостимуляторів. На варіантах із застосуванням біостимулятора Альгум плюс збільшення від застосування становило – 0,86, 1,21 та 1,73 г/рослину, а порівняно із застосуванням Вуксал БІО Аскофол – на 0,8, 0,63 та 0,42 г/рослину менше. Разове застосування біостимуляторів у період 2 міжвузлів (ВВСН 14) або в бутонізацію (ВВСН 55) забезпечувало менший ефект порівняно з дворазовим внесенням в період 2 міжвузлів (ВВСН 14) + бутонізація (ВВСН 55) тощо (табл. 3).

Таблиця 3. Формування маси сухої речовини рослинами сої залежно від сорту та застосування біостимуляторів-антистресантів, г/рослину, середнє за 2022–2025 рр.

Біостимулятор (фактор В)	Період внесення (фактор С)	Періоди росту та розвитку								
		сходи – бутонізація			бутонізація – цвітіння			цвітіння – наливу зерна		
		Норми внесення, л/га (фактор С)								
		0,5	0,7	1,0	0,5	0,7	1,0	0,5	0,7	1,0
Сорт Ментор (фактор А)										
Без застосування		3,91			7,28			14,68		
Вуксал БІО Аскофол	2 міжвузля	4,12	4,34	4,42	7,59	7,95	8,20	14,68	14,85	15,08
	2 міжвузля + бутонізація	5,34	5,46	5,54	9,68	10,15	10,49	16,34	16,52	16,83
	бутонізація	–			8,38	8,55	9,02	15,66	16,16	16,31
Альгум плюс	2 міжвузля	3,99	4,20	4,28	7,40	7,76	8,11	14,79	14,95	15,11
	2 міжвузля + бутонізація	5,24	5,35	5,46	9,42	9,53	9,77	15,54	15,89	16,41
	бутонізація	–			7,94	8,08	8,44	15,14	15,44	15,81
Сорт Сірелія (фактор А)										
Без застосування		3,83			7,12			14,50		
Вуксал БІО Аскофол	2 міжвузля	3,91	4,06	4,18	7,29	7,53	7,68	14,57	14,87	14,86
	2 міжвузля + бутонізація	4,20	4,42	4,51	7,98	8,34	8,52	14,68	14,79	15,04
	бутонізація	–			7,52	7,67	7,80	14,63	14,70	14,95
Альгум плюс	2 міжвузля	3,76	3,88	4,01	7,21	7,29	7,50	14,4	14,63	14,74
	2 міжвузля + бутонізація	4,09	4,19	4,25	7,53	7,79	7,88	14,63	14,72	14,89
	бутонізація	–			7,39	7,47	7,74	14,54	14,75	14,84

На варіантах сорту Сірелія застосування біостимулятора Вуксал БІО Аскофол за внесення в період 2 міжвузлів (ВВСН 14) + бутонізація (ВВСН 55) забезпечило показники на рівні: 0,5 л/га – 14,68 г/рослину; 0,7 л/га – 14,79 г/рослину; 1,0 л/га – 15,04 г/рослину, що на 0,18, 1,29 та 0,54 г/рослину переважало варіант без внесення біостимуляторів – 14,50 г/рослину.

Висновки. Отже, результатами наших досліджень було встановлено вагомий вплив внесення біостимуляторів Вуксал БІО Аскофол та Альгум плюс на фотосинтетичну продуктивність рослин сої сортів Ментор та Сірелія.

Найвищі показники площі листової поверхні рослин відмічені у сорту Ментор в період «бутонізація – цвітіння» з внесенням Вуксал БІО Аскофол в період 2 міжвузлів (ВВСН 14) + бутонізація (ВВСН 55) з нормою 1,0 л/га – 51,1 тис. м²/га, що на 4,9 тис. м²/га переважало варіант без внесення біостимуляторів. У разі внесення менших норм препарату становили: за норми 0,5 л/га – 49,7 тис. м²/га, за норми 0,7 л/га – 50,6 тис. м²/га, що на 1,4 та 0,5 тис. м²/га менше порівняно з варіантом внесення 1,0 л/га.

У разі внесення біостимулятора Альгум плюс на варіанті 1,0 л/га показник становив 49,2 тис. м²/га, що переважав на 3,0 тис. м²/га варіант без внесення біостимулятора та поступався на 1,9 тис. м²/га варіанту із застосуванням препарату Вуксал БІО Аскофол.

В умовах зміни клімату дослідження біостимуляторів-антистресантів залишається актуальним, а періоди їх внесення на сої мають суттєве практичне значення. Досвід вирощування сої в умовах кліматичного стресу, що часто спостерігається високими температурами повітря та ґрунту, а також зниженням запасів продуктивної вологи та відсутністю опадів, підтверджує ефективність застосування таких речовин, зберігаючи екологічну рівновагу агроценозів.

Список використаних джерел

1. Бабич А. О. Зміна величини фотосинтезуючого апарату рослин та посівів сої залежно від елементів технології вирощування. *Збірник наукових праць Подільської державної аграрно-технічної академії*. 2009. Вип. 9. С. 21–25.
2. Бахмат О. М. Накопичення сухої речовини та урожайність сої у Західному Лісостепу. *Вісник аграрної науки*. 2009. № 8. С. 29–31.
3. Джюра Ю. М. Продуктивність сої залежно від моделей технологій її вирощування в умовах правобережного Лісостепу України : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.09. Вінниця, 2004. 20 с.
4. Мазур В. А., Ткачук О. П., Дідур І. М., Панцирева Г. В. Технологічність та агроекологічна стійкість скоростиглих сортів сої. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 4 (23). С. 96–111. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2022_1_8
5. Овчарук В. І., Овчарук О. В., Євстафієва І. М. Фотосинтетична діяльність рослин буряків кормових залежно від сорту в умовах правобережного лісостепу України. *Modern engineering and innovative technologies*, Germany, Karlsruhe, 2024. Is. 36 (03). С. 63–71. DOI: 10.30890/2567-5273.2024-36-00-038
6. Овчарук О. В., Овчарук О. В., Хоміна В. Я., Каленська С. М. Агроекологічні особливості вирощування сої. *Інноваційні технології в рослинництві : матеріали наукової інтернет-конференції (м. Кам'янець-Подільський, 15 травня 2018 р.)* Кам'янець-Подільський, 2018. С. 134–136.
7. Овчарук О. В., Рахметов Д. Б., Єременко О. А., Федорчук М. І. Вплив абіотичних і біотичних факторів на сільськогосподарські рослини. *Тенденції та виклики сучасної аграрної науки: теорія і практика : матеріали міжнар. наук.-практ. конф. (м. Київ, 20–22 жовтня 2021 р.)*. Київ : НУБІП України, 2021. С. 215–217.
8. Овчарук О. В., Овчарук В. І., Хоміна В. Я. та ін. *Методи аналізу в агрономії та агроекології : навч. посіб.* Кам'янець-Подільський, Харків : Мачулін, 2019. 364 с.
9. Петриченко В. Ф. Вплив агрокліматичних факторів на продуктивність сої. *Вісник аграрної науки*. 2006. № 2. С. 19–23.
10. Федорук І. В., Хмелянчишин Ю. В., Городиська О. П. Особливості росту і розвитку рослин сої залежно від сорту та елементів технології вирощування. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2020. Вип. 33. С. 54–61. URL: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2020-2-7>
11. Шевніков М. Я. Особливості технології вирощування сої в умовах нестійкого зволоження Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*. 2011. Вип. 69. С. 147–151.
12. Ямковий В. Особливості сучасної системи удобрення сої. *Пропозиція*. 2013. № 3. С. 66–70.
13. Duan Z., Xu L., Zhou G., Zhu Z., Wang X., Shen Y., Ma X., Tian Z., Fang C. Unlocking soybean potential: genetic resources and omics for breeding, 00041-4. *Advance online publication J. Genet. Genom.* 2025. № 25. S. 1673–8527. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jgg.2025.02.004>
14. Poudel S., Vennam R. R., Shrestha A., Reddy K. R., Wijewardane N. K., Bheemanahalli R. Resilience of soybean cultivars to drought flowering and early-seed setting stages. *Sci. Rep.* 2023. Vol. 13 (1). P. 1277. DOI: 10.1038/s41598-023-28354-0
15. Tian Z., Nepomuceno A. L., Song Q., Stupar R. M. et al. Soybean 2035: a decadal and breeding. *Mol. Plant.* 2025. Vol. 18 (2). P. 245–271. <https://doi.org/10.1016/j.molp.2025.01.004>

Ovcharuk O. V.

*Doctor of Agricultural Sciences,
Professor at the Department of Plant Breeding, Selection and Seed Production,
Higher educational institution «Podillia State University»
Kamianets-Podilskiy, Ukraine
E-mail: ovcharuk.oleh@gmail.com
ORCID: 0000-0002-1117-962X*

Orokhovskiy A. V.

*Postgraduate Student at the Department of Plant Breeding, Selection and Seed Production,
Higher educational institution «Podillia State University»
Kamianets-Podilskiy, Ukraine
E-mail: orokhovskiy.a2142@gmail.com
ORCID: 0009-0000-9059-8285*

Ovcharuk K. O.

*Student at the Department of Plant Breeding, Selection and Seed Production,
Higher educational institution «Podillia State University»
Kamianets-Podilskiy, Ukraine
E-mail: ovcharuk.kateruna@gmail.com
ORCID: 0009-0005-6997-6567*

Secrieru S.

*Doctor of Biological Sciences,
Associate Professor at the Department of Agronomy and Environment,
Technical University of Moldova
Chisinau, Moldova*

E-mail: *silvia.secrieru@am.utm.md*

ORCID: 0000-0001-5834-3661

Skrynyk O. A.

*Candidate of Geographical Sciences,
Associate Professor at the Department of Plant Production,
National University of Life Resources and Environmental Management of Ukraine
Kyiv, Ukraine*

E-mail: *skrynyk@nubip.edu.ua*

ORCID: 0000-0003-0332-5073

INFLUENCE OF TIMES AND RATE OF APPLICATION OF BIOSTIMULATORS-ANTI-STRESSANTS ON PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY OF SOYBEAN IN THE CONDITIONS OF THE WESTERN FOREST-STEPPE

Abstract

In modern grain production, soybean occupies a significant place in the structure of sown areas among leguminous crops, which determines the level of vegetable protein production in Ukraine. Currently, soybean is considered one of the most demanded strategic crops, which satisfies the needs of humanity in vegetable protein and oil.

The article highlights the results of research that established the main aspects that influence the formation of photosynthetic activity of agrophytocenoses of soybean varieties depending on the use of biostimulants-anti-stressants under climate change conditions.

It was noted that the highest rates of photosynthetic activity were formed in soybeans of the Mentor variety under the condition of double treatment with the biostimulant Vuxal BIO Askofol (WUXAL) and ALHUM PLUS (Smart Grow) during the research period of 2023–2025. The highest rates in the “budding-flowering” period were observed in the variant with the application of the biostimulant Vuxal BIO Askofol in the period of 2 internodes (BBCH 14) and budding (BBCH 55) with a rate of 1,0 l/ha – 51,1 thousand m²/ha, which exceeded the indicator in the variant without the application of biostimulants by 4,9 thousand m²/ha. The application of lower rates of the drug reduced the leaf surface area: with a rate of 0,5 l/ha by 1,4 thousand m²/ha, with a rate of 0,7 l/ha – by 0,5 thousand m²/ha. The application of the biostimulant Algum plus provided the leaf surface area at the level of 49,2 thousand m²/ha in the variant with a rate of 1,0 l/ha, which was 3,0 thousand m²/ha higher than the variant without the biostimulant. The difference between the use of the drug Vuksal BIO Askofol was 1,9 thousand m²/ha compared to Algum plus.

The highest indicator on the variants of the Sirelia variety was 48,4 thousand m²/ha from the application of Vuksal BIO Askofol, which was 4,8 thousand m²/ha higher than the variant without the use of biological products and only 0,3 thousand m²/ha higher than the variant without the use of biological products and only 0,3 thousand m²/ha higher than the application of Algum plus.

The photosynthetic potential of soybean varieties differed from the application of biostimulants at the application rate of 1,0 l/ha by 0,27 million m²/ha × day more on the variant of applying Vuksal BIO Askofol and 0,16 million m²/ha × day on the variant of applying Algum plus of the Mentor variety.

The highest photosynthesis productivity was in the period of “flowering-grain filling”, the net photosynthesis productivity was within: in the Mentor variety 1,91–2,23 g/m², in the Sirelia variety 1,83–2,16 g/m², depending on the experiment variant.

The use of the biostimulant Vuksal BIO Askofol on the Mentor variety provided the greatest increase in dry matter when applied to 2 internodes (BBCH 14) + budding (BBCH 55), and according to the application rate, this indicator was: 0,5 l/ha – 16,34 g/plant; 0,7 l/ha – 16,52 g/plant; 1,0 l/ha – 16,83 g/plant, which was 1,66, 1,84 and 2,15 g/plant higher than the option without the application of biostimulants.

Key words: *agrocenosis, variety, soybean, biostimulants, trace elements, mineral nutrition, photosynthetic activity of plants, stress, abiotic factors, cultivation technology.*

References

1. Babych, A. O. (2009). Zmina velychyny fotosyntezyuichoho aparatu roslyn ta posiviv soi zalezno vid elementiv tekhnolohii vyroshchuvannya [Change in the size of the photosynthetic apparatus of plants and soybean crops depending on the elements of growing technology]. *Zbirnyk naukovykh prats Podilskoi derzhavnoi ahrarno-tekhnichnoi akademii – Collection of scientific works of the Podolsk State Agrarian and Technical Academy*, 9, 21–25. Kamianets-Podilskiyi [in Ukrainian].
2. Bakhmat, O. M. (2009). Nakopychennia sukhoi rechovyny ta urozhainist soi u Zakhidnomu Lisostepu [Accumulation of dry matter and soybean yield in the Western Forest-Steppe]. *Visnyk ahrarnoi nauky – Bulletin of Agrarian Science*, 8, 29–31 [in Ukrainian].
3. Dzhura, Yu. M. (2004). Produktivnist soi zalezno vid modelei tekhnolohii yii vyroshchuvannya v umovakh pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Soybean productivity depending on the models of its growing technologies in the conditions of the right-bank Forest-Steppe of Ukraine] for obtaining the scientific degree of candidate of agricultural sciences: special. 06.01.09 “Planting”. Vinnytsia. 20 p. [in Ukrainian].

4. Mazur, V. A., Tkachuk, O. P., Didur, I. M., Pantsyryeva G. V. (2021). Tekhnolohichnist ta ahroekolohichna stiiikist skorostyhykh sortiv soi [Technological feasibility and agroecological stability of early-ripening soybean varieties]. *Sil'ske hospodarstvo ta lisivnytstvo – Agriculture and forestry*, 4 (23), 96–111. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2022_1_8 [in Ukrainian].
5. Ovcharuk, V. I., Ovcharuk, O. V., Ievstafiieva, I. M. (2024). Fotosyntetychna diialnist roslyn buriakiv kormovykh zalezno vid sortu v umovakh pravoberezhnoho lisostepu Ukrainy [Photosynthetic activity of forage beet plants depending on the variety in the conditions of the right bank forest steppe of Ukraine]. *Modern engineering and innovative technologies*, 36 (03), 63–71. Germany, Karlsruhe. DOI: 10.30890/2567-5273.2024-36-00-038 [in Ukrainian].
6. Ovcharuk, O. V., Ovcharuk, O. V., Khomina, V. Ya., Kalenska, S. M. (2018). Ahroekolohichni osoblyvosti vyroshchuvannia soi [Agroecological features of soybean cultivation]. *Materialy naukovoi internet-konferentsii – Materials of the scientific online conference* (pp. 134–136) [in Ukrainian].
7. Ovcharuk, O. V., Rakhmetov, D. B., Eremenko, O. A., Fedorchuk, M. I. (2021). Vplyv abiotychnykh i biotychnykh faktoriv na silskohospodarski roslyny [Influence of abiotic and biotic factors on agricultural plants]. In *Tendentsii ta vyklyky suchasnoi ahrarnoi nauky: teoriia i praktyka: materialy mizhnar. nauk.-prakt. konf. – Trends and challenges of modern agricultural science: theory and practice: materials of the international scientific and practical conference*. (Kyiv, October 20–22, 2021) (pp. 215–217). NUBIP Ukraine [in Ukrainian].
8. Ovcharuk, O. V., Ovcharuk, V. I., Khomina, V. Ya., et al. (2019). Metody analizu v ahronomii ta ahroekolohii: navchalnyi posibnyk [Methods of analysis in agronomy and agroecology: a Textbook]. Kamianets-Podilskyi, Kharkiv, 364 p. [in Ukrainian].
9. Petrychenko, V. F. (2006). Vplyv ahroklimatychnykh faktoriv na produktyvnist soi [The influence of agroclimatic factors on soybean productivity] *Visnyk ahrarnoi nauky – Bulletin of agricultural science*, 2, 19–23 [in Ukrainian].
10. Fedoruk, I. V., Khmelyanchyshyn, Yu. V., Horodyska, O. P. (2020). Osoblyvosti rostu i rozvytku roslyn soi zalezno vid sortu ta elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia [Features of growth and development of soybean plants depending on the variety and elements of cultivation technology]. *Podilskyi visnyk: sil'ske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika – Podilian Bulletin: agriculture, engineering, economic*, 33, 54–61. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2020-2-7> [in Ukrainian].
11. Shevnikov, M. Ya. (2011). Osoblyvosti tekhnolohii vyroshchuvannia soi v umovakh nestiikoho zvolozhennia Lisostepu Ukrainy [Peculiarities of soybean cultivation technology in conditions of unstable moisture in the Forest-Steppe of Ukraine]. *Kormy i kormovyrobnytstvo – Feed and feed production*, 69, 147–151 [in Ukrainian].
12. Yamkovy, V. (2013). Osoblyvosti suchasnoi systemy udobrennia soi [Peculiarities of the modern soybean fertilization system]. *Propozytsiia – Proposal*, 3, 66–70 [in Ukrainian].
13. Duan, Z., Xu, L., Zhou, G., Zhu, Z., Wang, X., Shen, Y., Ma, X., Tian, Z., Fang, C. (2025). Unlocking soybean potential: genetic resources and omics for breeding, 00041-4. *Advance online publication J. Genet. Genom.*, 25, 1673–8527. <https://doi.org/10.1016/j.jgg.2025.02.004> [in English].
14. Poudel, S., Vennam, R. R., Shrestha, A., Reddy, K. R., Wijewardane, N. K., Bheemanahalli, R. (2023). Resilience of soybean cultivars to drought flowering and early-seed setting stages. *Sci. Rep.*, 13 (1), 1277 [in English].
15. Tian, Z., Nepomuceno, A. L., Song, Q., Stupar, R. M. et al. (2025). Soybean 2035: a decadal and breeding. *Mol. Plant*, 18 (2), 245–271. <https://doi.org/10.1016/j.molp.2025.01.004> [in English].



Стаття поширюється на умовах
ліцензії відкритого доступу
CC BY 4.0

Дата першого надходження статті до видання: 03.02.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 04.03.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 27.04.2026