

**ФОРМУВАННЯ ФОТОСИНТЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ СОРТІВ СОЇ
ЗАЛЕЖНО ВІД ДОЗ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ТА ПОЗАКОРЕНЕВОГО
ПІДЖИВЛЕННЯ ОРГАНО-МІНЕРАЛЬНИМ ДОБРИВОМ****О. І. ЦИГАНСЬКА**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент

E-mail: lenkatsiganskaya@gmail.com

О. В. ШЕВЧУК, аспірант**Вінницький національний аграрний університет**[https://doi.org/10.31548/dopovidi.2\(108\).2024.008](https://doi.org/10.31548/dopovidi.2(108).2024.008)

Анотація. Основною запорукою формування максимального урожаю сільськогосподарських культур в цілому та сої зокрема є показник площі листкової поверхні. Забезпечення рослин повним комплексом елементів мінерального живлення та позакореневе підживлення органо-мінеральним добривом суттєво впливають на показник величини асиміляційної поверхні та інтенсивність його наростання. Проведення позакореневого підживлення органо-мінеральними добривами та внесення мінеральних добрив у різних дозах відповідно до результатів досліджень являється досить ефективним способом щоб забезпечити оптимальне живлення рослин. Представлено результати досліджень по вивченню фотосинтетичної продуктивності сортів сої під впливом різних доз мінеральних добрив та різних строків позакореневого підживлення органо-мінеральним добривом (позакореневе підживлення у фазу 3-ій трійчастий листок, позакореневе підживлення у фазу бутонізації) в умовах Лісостепу Правобережного. Встановлено особливості формування площі листкової поверхні рослин сої. Виявлено те, що значний вплив на даний показник мали дози мінеральних добрив та строки позакореневого підживлення органо-мінеральним добривом Хелпрост Соя (2,0 л/га). Використання позакореневого підживлення Хелпростом Соя у фазу бутонізації забезпечило зростання площі листкової поверхні на 7,2 – 12,7 % у сорту Онікс та, відповідно, 8,6 – 13,3 % у сорту Сенсор. За результатами досліджень встановлено, що максимально ефективним технологічним прийомом виявилось поєднання позакореневого підживлення у фазу 3-ій трійчастий листок Хелпростом Соя із позакореневим підживленням цим же органо-мінеральним добривом у фазу бутонізації. Такі умови вирощування сприяли збільшенню площі листя у порівнянні із варіантами без оброблення на 10,6 – 17,9 % у сорту Онікс та 12,3 – 18,2 % у сорту Сенсор.

Відповідно до результатів проведених спостережень та обліків виявлено, що фотосинтетичний потенціал посівів сої зростає в динаміці впродовж всього періоду вегетації і на пряму був залежний від доз мінеральних добрив, позакореневого підживлення органо-мінеральним добривом та погодних умов року. Разом із мінеральними добривами позитивно впливало на формування фотосинтетичного потенціалу посівів позакореневе підживлення у різні фази вегетації посівів сої.

Ключові слова: сорт, площа листкової поверхні, суха речовина,

Актуальність. Бобові культури відіграють важливу роль у вирішенні проблеми збільшення виробництва рослинного білка та забезпечення продовольчої безпеки держави, серед яких важливе місце належить сої як культурі з високими адаптивними властивостями. Незважаючи на окупацію частини території України та повномасштабні бойові дії, в 2022 році українські аграрії збільшили посівні площі сої – з 1,3 млн га в попередньому році до 1,54 млн га (частково – через той же дефіцит азотних добрив). Основна частина збільшення припадала на Хмельницьку, Житомирську, Черкаську та Вінницьку області. Врожайність знизилась у порівнянні з 2021 роком, але навіть попри значні труднощі зі збиранням врожаю (великою мірою спричинені несприятливими погодними умовами), це був третій найвищий показник в українській історії (2,43 т/га). Отже, фотосинтетична продуктивність сої та вивчення її динаміки на основі використання органо-мінерального добрива та різних доз мінеральних добрив, з огляду на адаптивний потенціал сорту та умов його культивування, визначає актуальність наукових досліджень та їх теоретичне обґрунтування.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Соя являється досить

пластичною сільськогосподарською культурою з великим потенціалом та значними посівними площами не тільки в Україні, а й у світі. Також, є унікальною за хімічним складом поєднуючи при цьому господарсько-цінні ознаки, та відіграє провідну роль у вирішенні проблеми нестачі рослинного білка, забезпечуючи при цьому одержання продуктів харчування високої якості. У той же час, являється незамінною бобовою культурою у біологічному землеробстві, котра підвищує родючість ґрунту. Це обумовлює те, що соя являється практично найкращим попередником у сівозміні для послідовних культур.

Наявність оптимальної площі листової поверхні являється невід’ємною умовою для одержання високої фотосинтетичної продуктивності посівів та формування високої урожайності культури (Mazur, et al, 2022. Показник оптимальної площі листової поверхні, при якому формується максимальна урожайність зерна сої, знаходиться в межах 40–50 тис. м² /га (Didur, & Tsyhanskyi, 2023). Встановлено, що максимальний рівень площі листової поверхні (43,2 тис. м² /га) формується у фазу наливу бобів. І в результаті проведених розрахунків показника чистої продуктивності фотосинтезу виявлено найбільші

Циганська О. І., Шевчук О. В.

значення у період між фазою бутонізації до фази цвітіння (Didur, 2022a). За даними науковців досліджувані сорти сої формували максимальний показник площі листової поверхні посівів у фазу утворення бобів (Zabolotnyi, Tsyhanska, Tsyhanskyi, 2018). Площа фотосинтетичного апарату досліджуваного науковцями сорту сої формувала максимальні розміри у фазу наливу насіння (Didur, & Mostovenko (2020). Водночас, спостерігається процес припинення вегетативного росту зниження темпу наростання асимілятивної поверхні у період початку генеративної фази росту, коли формуються боби та починає наливатися насіння (Tsyhanska, & Tsyhanskyi, 2019). Показник фотосинтетичної продуктивності сої зазнає впливу від різних чинників. В результаті досліджень було виявлено сильну пряму кореляцію між кількістю опадів і продуктивністю фотосинтезу рослин (Didur, Tsyhanskyi, Tsyhanska, 2023). Асиміляційна поверхня у значній мірі змінювалася по роках досліджень і визначалась переважно умовами вологозабезпеченості (Mazur, et al, 2019). Зростання показника площі листової поверхні рослин сої відбувалося під впливом позакореневого підживлення посівів мікродобривами (Didur, & Shevchuk, 2022; Didur, 2022b; Didur et al, 2019). Ступінь освітлення посівів сої є

суттєвим фактором, який у значній мірі обумовлює формування репродуктивних органів і в загальному продуктивність культури. Норма висіву насіння в першу чергу визначає світловий режим у посівах сої, а потім вже фон живлення та сорт (Tsyhanska, & Tsyhanskyi, 2019; Didur et al, 2019). За рівномірного розподілу культурних рослин по площі листовий апарат одержує рівноцінний доступ до сонячного світла. Фотосинтетична поверхня рослин і процес фотосинтезу при цьому значно покращуються (Zabolotnyi, & Tsyhanska, 2015).

Мета дослідження – визначити особливості діяльності фотосинтезу на посівах сої сорту Онікс та Сенсор залежно від застосування різних доз мінеральних добрив та різних строків позакореневого підживлення органо-мінеральним добривом Хелпрост Соя.

Матеріали і методи дослідження. Згідно програми досліджень передбачалось дослідити ріст, розвиток, формування елементів продуктивності сортів сої різних груп стиглості залежно впливу доз мінеральних добрив та різних строків позакореневого підживлення органо-мінеральним добривом (позакореневе підживлення у фазу 3-ій трійчастий листок, позакореневе підживлення у фазу бутонізації) в умовах

Циганська О. І., Шевчук О. В.

Лісостепу Правобережного. Польові дослідження проводили впродовж 2020 – 2022 рр. на дослідному полі Вінницького національного аграрного університету відповідно до прийнятої методики (Ushkarenko, et al, 2013). У досліді вивчали дію та взаємодію трьох факторів: А – сорти; В – дози мінеральних добрив; С – строки позакореневого підживлення орґано-мінеральним добривом. Позакореневе підживлення посівів у різні строки проводили згідно схеми досліду.

Градація факторів становила 2х3х4. Повторність досліду чотириразова. Розміщення варіантів систематичне у три яруси. Облікова площа ділянки – 25 м², загальна – 40 м². У день сівби проводили інокуляцію посівного матеріалу біоінокулянтом компанії БТУ-ЦЕНТР Андеріс. Андеріс – біопрепарат для інокуляції насіння бобових культур. До складу препарату входять життєздатні клітини бульбочкових бактерій, які мають унікальну симбіотичну спорідненість до бобових культур (*Mesorhizobium ciceri*, *Bradyrhizobium japonicum*, *Rhizobium leguminosarum* bv. *viceae*, *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli*, *Sinorhizobium* sp.) та фосформобілізуєчий гриб *Penicillium bilaii*, титр – 2,5×10⁹ КУО/г. Та на відповідних варіантах

досліді орґано-мінеральним добривом Хелпрост Соя. Відповідне добриво містить у своєму складі у % макроелементи (P-2,9; K-3,5); мезоелементи (S-1,2; Mg-0,8); мікроелементи (Fe-0,12; Co-0,01; Mn-0,2; Mo-0,03); біологічно активні речовини: вітаміни-0,02; амінокислоти-1,0; пептиди-0,5; полісахариди-0,05. У досліді висівали сорти сої різних груп стиглості Сенсор та Онікс. Погодні умови місця вирощування сої, є визначальним фактором отримання високої її продуктивності. Аналіз погодних умов за роки проведення досліджень проводили на основі метеорологічних даних Вінницького обласного центру гідрометеорології. Гідротермічні умови за роки досліджень були в загальному досить сприятливими для росту і розвитку рослин, проте, в окремі роки спостерігались суттєві відхилення від багаторічних показників, що у свою чергу відобразилось на продуктивності посівів.

Результати дослідження та їх обговорення. За результатами досліджень, що проводилися виявлено, що на формування площі листової поверхні значний вплив мали дози мінеральних добрив та строки позакореневого підживлення орґано-мінеральним добривом Хелпрост Соя. (табл. 1).

1. Формування показника площі листової поверхні рослин сортів сої в динаміці залежно від рівня удобрення та позакореневого підживлення органо-мінеральним добривом, у середньому за 2020-2022 рр., тис. м²/га

Сорт	Рівень удобрення	Органо- мінеральне добриво	Фази росту та розвитку рослин				
			3-й трійчастий листок	початок цвітіння	кінець цвітіння	наливання насіння	початок фізіологічної стиглості
Онiкс	без добрив	1	6,4	15,9	28,4	31,2	16,9
		2	8,4	17,1	30,0	32,4	18,1
		3	6,6	18,3	30,6	34,1	19,8
		4	8,3	19,6	31,8	35,2	21,2
	N ₂₀ P ₄₀ K ₄ 0	1	9,0	21,4	34,1	37,0	22,0
		2	10,5	23,6	35,9	38,4	23,2
		3	8,9	25,1	37,5	39,6	24,0
		4	10,9	26,7	38,3	40,9	25,8
	N ₃₀ P ₆₀ K ₆ 0	1	10,6	24,0	35,7	38,7	22,8
		2	12,9	26,3	38,8	41,2	24,5
		3	10,6	27,8	40,2	43,5	26,4
		4	13,2	29,6	43,1	45,2	27,3
Сенсор	без добрив	1	7,1	18,1	29,3	31,4	17,2
		2	9,0	19,5	31,2	33,5	18,3
		3	6,9	20,4	32,1	34,9	20,5
		4	9,3	21,9	33,2	36,0	21,7
	N ₂₀ P ₄₀ K ₄ 0	1	10,2	24,3	35,8	38,3	23,3
		2	12,4	26,2	37,9	40,7	24,7
		3	10,0	27,4	39,1	41,5	26,0
		4	12,5	29,3	40,7	42,9	27,8
	N ₃₀ P ₆₀ K ₆ 0	1	12,1	27,5	37,6	39,9	24,1
		2	14,4	30,3	41,2	42,7	26,0
		3	12,2	31,6	42,9	44,1	27,8
		4	15,0	33,8	45,5	47,0	29,0
V, %			25,2	20,7	13,5	12,0	15,6
Sx%			5,3	4,3	2,8	2,5	3,3

Примітка: 1. Без позакореневого підживлення; 2. Позакореневе підживлення у фазу 3-ій трійчастий листок Хелпрост Соя (2 л/га) 3. Позакореневе підживлення у фазу бутонізації Хелпрост Соя (2 л/га) 4. Позакореневе підживлення у фазу 3-ій трійчастий листок + позакореневе підживлення у фазу бутонізації Хелпрост Соя (2 л/га)

Аналізуючи дані за роки проведення досліджень (2020 – 2022 рр.), найменший показник площі листової поверхні відмічено на контролі 31,2 тис. м²/га у сорту Онiкс та 31,4 тис.м²/га – у сорту Сенсор. Зменшення темпів наростання листової поверхні відбувається

внаслідок припинення вегетативного росту у період початку генеративної фази росту коли формуються боби та починає наливатись насіння. Фактори, що вивчалися у досліді по вирощуванню сої призводили до подовження наростання показника площа листової поверхні.

Циганська О. І., Шевчук О. В.

Максимальний показник площі листової поверхні було відмічено у фазу наливання насіння по всім варіантам дослідів в середньому за 2020 – 2022 роки проведення досліджень. Вплив мінерального удобрення заслуговує прискільки уваги завдяки інтенсивному впливу на показник площі листової поверхні. Згідно із даними таблиці 1 можна відмітити тенденцію регулюючої та листкозберігаючої ролі яку виконують мінеральні добрива. Мінеральних добрива здатні здійснювати регулюючу роль через активний вплив як на ростові процеси, що відносяться до листового апарату рослин, так і на ріст інших органів та підвищення загальної ваги рослин завдяки застосуванню добрив. Удобрення азотно-фосфорно-калійними мінеральними добривами у дозі $N_{20}P_{40}K_{40}$ сприяло збільшенню показника площі листової поверхні на 19,2 – 22,6 % або 5,9 – 7,0 тис. $m^2/га$ порівнюючи із контрольним варіантом у залежності від сорту, а за внесення мінеральних добрив у дозі $N_{30}P_{60}K_{60}$ показник площі листової поверхні було на 24,7 – 27,9 % або на 7,6 – 8,7 тис. $m^2/га$ більшим за контроль. Так, у сорту Онікс на контролі показник площі листової поверхні у фазу наливу насіння становив 31,2 тис. $m^2/га$, а при внесенні $N_{20}P_{40}K_{40}$ та $N_{30}P_{60}K_{60}$ показник був, відповідно, 37,0 і 38,7 тис. $m^2/га$. Рослини сорту Сенсор

сформували показник площі листової поверхні 31,4 тис. $m^2/га$ на контролі і 38,3 та 39,9 тис. $m^2/га$ при внесенні $N_{20}P_{40}K_{40}$ та $N_{30}P_{60}K_{60}$.

Не лише мінеральні добрива позитивно впливали на формування листової поверхні також, такий вплив мало і позакореневе підживлення орґано-мінеральним добривом Хелпрост Соя. У фазу налив насіння на варіантах дослідів позакореневим підживленням двічі препаратом Хелпрост Соя показник площі листової поверхні був більшим порівнюючи із варіантами без використання орґано-мінерального добрива на 3,7 – 6,6 % у сорту Онікс та 6,4 – 7,2 % у сорту Сенсор. Разом із тим використання позакореневого підживлення Хелпростом Соя у фазу бутонізації забезпечило зростання площі листової поверхні на 7,2 – 12,7 % у сорту Онікс та, відповідно, 8,6 – 13,3 % у сорту Сенсор. Та результати наших досліджень вказують на те, що максимально ефективним технологічним прийомом виявилось поєднання позакореневого підживлення у фазу 3-ій трійчастий листок Хелпростом Соя із позакореневим підживленням цим же орґано-мінеральним добривом у фазу бутонізації. Такі умови вирощування сприяли збільшенню площі листя у порівнянні із варіантами без оброблення на 10,6 – 17,9 % у сорту Онікс та 12,3 – 18,2 % у сорту Сенсор. Варто відзначити що максимальне

Циганська О. І., Шевчук О. В.

зростання площі листя було зафіксоване при внесенні мінерального добрива у дозі $N_{30}P_{60}K_{60}$. Показник величини площі листової поверхні змінювався і під впливом погодних умов року дослідження, а особливо від забезпечення вологою. Отже, в результаті одержаних даних польових досліджень, встановлено тенденцію для формування максимальної площі листової поверхні як у середньораннього сорту сої Онікс – 45,2 тис. $m^2/га$, так і середньостиглого Сенсор – 47,0 тис. $m^2/га$ за умов внесення мінеральних добрив у дозі

$N_{30}P_{60}K_{60}$, при цьому підсилюючи процеси фотосинтезу за рахунок позакореневого підживлення органо-мінеральним добривом Хелпрост Соя (2,0 л/га) у фазу 3-ій трійчастий листок та у фазу бутонізації рослин сої.

Фотосинтетичний потенціал посівів сої зростав в динаміці впродовж всього періоду вегетації і на пряму був залежний від доз мінеральних добрив, позакореневого підживлення органо-мінеральним добривом та погодних умов року (табл. 2).

2. Динаміка наростання фотосинтетичного потенціалу сортів сої залежно від рівня удобрення та позакореневого підживлення органо-мінеральним добривом, у середньому за 2020–2022 рр., млн $m^2 \times діб/га$

Сорт	Рівень удобрення	Органо-мінеральне добриво	Фази росту та розвитку рослин				
			Повні сходи – 3-й трійчастий листок	Повні сходи – початок цвітіння	Повні сходи – кінець цвітіння	Повні сходи – наливання насіння	Повні сходи – фізіологічна стиглість
Онікс	без добрив	1	0,112	0,329	0,909	1,694	2,138
		2	0,149	0,389	1,007	1,831	2,297
		3	0,115	0,363	1,006	1,861	2,360
		4	0,147	0,419	1,096	1,982	2,504
	$N_{20}P_{40}K_4$	1	0,150	0,446	1,176	2,118	2,665
		2	0,177	0,504	1,289	2,275	2,848
		3	0,148	0,489	1,316	2,338	2,930
		4	0,184	0,552	1,411	2,463	3,084
	$N_{30}P_{60}K_6$	1	0,168	0,511	1,299	2,273	2,856
		2	0,206	0,589	1,451	2,502	3,126
		3	0,168	0,559	1,460	2,588	3,223
		4	0,212	0,638	1,602	2,767	3,458
Сенсор	без добрив	1	0,137	0,368	0,991	1,841	2,216
		2	0,178	0,429	1,096	2,003	2,404
		3	0,133	0,392	1,084	2,023	2,451
		4	0,182	0,464	1,191	2,163	2,609
	$N_{20}P_{40}K_4$	1	0,180	0,537	1,330	2,372	2,844
		2	0,221	0,613	1,461	2,567	3,069
		3	0,177	0,577	1,458	2,593	3,110
		4	0,223	0,658	1,584	2,761	3,304
	N_{30}	1	0,201	0,592	1,400	2,427	2,994

	2	0,241	0,678	1,567	2,608	3,290
	3	0,202	0,646	1,575	2,743	3,390
	4	0,251	0,735	1,723	2,951	3,628
V, %		21,2	21,7	18,9	14,9	14,7
Sx%, %		4,3	4,4	3,9	3,0	3,0

Примітка: 1. Без позакореневого підживлення; 2. Позакореневе підживлення у фазу 3-ій трійчастий листок Хелпрост Соя (2 л/га) 3. Позакореневе підживлення у фазу бутонізації Хелпрост Соя (2 л/га) 4. Позакореневе підживлення у фазу 3-ій трійчастий листок + позакореневе підживлення у фазу бутонізації Хелпрост Соя (2 л/га)

За результатами проведених нами обліків та розрахунків виявлено, що максимальний показник фотосинтетичного потенціалу посівів сої по варіантах дослідів формувався в умовах 2020 року, і становив у сорту Онікс 2,287 – 3,851 млн $\text{м}^2 \times \text{діб/га}$ та у сорту Сенсор 2,405 – 3,936 млн $\text{м}^2 \times \text{діб/га}$. Мінімальний показник фотосинтетичного потенціалу посівів було зафіксовано за умов 2022 року і становив, відповідно, 1,974 – 3,111 і 2,048 – 3,44 млн $\text{м}^2 \times \text{діб/га}$. За період від повних сходів до фізіологічної стиглості насіння в середньому за роки проведення досліджень застосування добрив у дозі $\text{N}_{20}\text{P}_{40}\text{K}_{40}$ призвело до зростання показника фотосинтетичного потенціалу посівів сої на 0,529 млн $\text{м}^2 \times \text{діб/га}$, або на 24,7 % у сорту Онікс та 0,630 млн $\text{м}^2 \times \text{діб/га}$ або на 28,4 % у сорту Сенсор. Кращий результат було одержано при внесенні мінеральних добрив у дозі $\text{N}_{30}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$, при цьому показник фотосинтетичного потенціалу посівів зростав, відповідно на 0,720 млн $\text{м}^2 \times \text{діб/га}$, або на 33,7 % у сорту Онікс та на 0,780 млн $\text{м}^2 \times \text{діб/га}$, або на 35,2 % у сорту Сенсор. Також, за

результатами проведених досліджень було встановлено що разом із мінеральними добривами позитивно впливало на формування фотосинтетичного потенціалу посівів позакореневе підживлення у різні фази вегетації посівів сої. Таким чином, позакореневе підживлення органо-мінеральним добривом Хелпрост Соя (2,0 л/га) у фазу 3-ій трійчастий листок забезпечило збільшення показника фотосинтетичного потенціалу на 0,160 – 0,272 млн $\text{м}^2 \times \text{діб/га}$, або на 6,8 – 9,5 % у сорту Онікс та 0,189 – 0,297 млн $\text{м}^2 \times \text{діб/га}$, або на 8,1 – 9,8 % у сорту Сенсор. Позакореневе підживлення Хелпрост Соя (2,0 л/га) у фазу бутонізації посприяло підвищенню фотосинтетичного потенціалу, відповідно, на 0,223 – 0,368 млн $\text{м}^2 \times \text{діб/га}$, або на 10,4 – 12,9 % і 0,236 – 0,397, або на 9,4 – 13,3 % у залежності від рівня мінерального удобрення. Найкращі результати в досліді показали варіанти із поєднанням цих технологічних прийомів, що забезпечило максимальне зростання показника фотосинтетичний потенціал посіву, відповідно, на

Циганська О. І., Шевчук О. В.

0,367 – 0,603 млн м²×діб/га, або 15,8 – 21,1 % у сорту Онікс та на 0,394 – 0,635 млн м²×діб/га. або 16,2 – 21,3 % у сорту Сенсор. Варто відзначити, що при внесенні мінеральних добрив у дозі N₃₀P₆₀K₆₀ ефективність проведення позакореневого підживлення зростала, збільшуючи показник фотосинтетичного потенціалу посіву на 3,6 – 4,1 %. Необхідно зазначити, що незалежно від варіанту дослідження у сорту Онікс показник фотосинтетичного потенціалу посіву був менший у порівнянні із сортом Сенсор.

На основі спостережень за динамікою наростання сухої речовини сортів сої виявлено, що в період росту й розвитку рослин наростання сухої маси проходить у міру формування площі листової поверхні, і сягає максимальних показників у фазі повної стиглості (табл. 3).

У процесі проведення досліджень виявлено тісний кореляційний зв'язок між площею листової поверхні сортів сої та кількістю сухої речовини. Таким чином, у розрізі варіантів, за усередненими даними по досліді, тіснота зв'язку у фазі початку цвітіння становила $r = 0,983$ у сорту Онікс та $r = 0,992$ у сорту Сенсор, у фазі кінця цвітіння, відповідно, $r = 0,983$ і $r = 0,988$, наливання насіння – $r = 0,987$ і $r = 0,988$ і початку фізіологічної стиглості – $r = 0,976$ і r

$= 0,972$. Отже, зростання площі листової поверхні в онтогенезі рослин сої обумовлювало зростання накопичення сухої речовини. Необхідно зазначити, що на величину накопичення сухої речовини суттєвий вплив мали мінеральні добрива та органо-мінеральне добриво. Так, у фазі фізіологічної стиглості насіння, внесення мінеральних добрив у дозі N₂₀P₄₀K₄₀ призвело до зростання виходу сухої речовини на 1,47 т/га у сорту Онікс та 1,63 т/га у сорту Сенсор. Кращі результати було одержано при внесенні мінерального добрива у дозі N₃₀P₆₀K₆₀. Це забезпечило прибавку до контрольного варіанту на рівні 2,1 і 2,3 т/га. Подібну тенденцію було відмічено і у результатах досліджень що проводилися науковцями в умовах Лісостепу Західного при цьому було встановлено, що при внесенні добрив посіви сої підвищували кількість утворення сухої речовини і за норми N₃₀P₆₀K₆₀ сорти формували найбільшу її кількість.

Разом із хорошою дією мінеральних добрив позитивну реакцію в інтенсивності акумуляції рослинами сої органічної речовини було відмічено при застосуванні органо-мінерального добрива для позакореневого підживлення. Таким чином, позакореневе підживлення препаратом Хелпрост Соя у фазу 3-ій трійчастий листок активізувало

Циганська О. І., Шевчук О. В.

ріст рослин, забезпечило накопичення більшої кількості вегетативної маси, і в наслідок цього зростання виходу сухої речовини з одиниці площі в середньому на 0,30

– 0,69 т/га на різних варіантах удобрення у середньоранньостиглого сорту Онікс та, відповідно, 0,42 – 0,84 т/га у середньостиглого сорту Сенсор.

3. Наростання сухої речовини сортів сої у динаміці залежно від доз мінеральних добрив та строків позакореневого підживлення органо-мінеральним добривом, у середньому за 2020–2022 рр., т/га

Сорт	Дози добрив	Органо-мінеральне добриво	Фази росту та розвитку рослин			
			Повні сходи – початок цвітіння	Початок цвітіння – кінець цвітіння	Кінець цвітіння – наливання насіння	Наливання насіння – фізіологічна стиглість
Онікс	без добрив	1	0,54	0,86	1,41	1,52
		2	0,64	1,05	1,67	1,81
		3	0,72	1,21	1,86	2,02
		4	0,82	1,36	2,06	2,23
	N ₂₀ P ₄₀ K ₄ ₀	1	1,18	1,84	2,82	2,98
		2	1,39	2,20	3,32	3,50
		3	1,56	2,45	3,76	3,97
		4	1,73	2,71	4,12	4,35
	N ₃₀ P ₆₀ K ₆ ₀	1	1,49	2,26	3,34	3,52
		2	1,70	2,65	3,98	4,20
		3	1,91	2,95	4,41	4,66
		4	2,08	3,22	4,85	5,11
Сенсор	без добрив	1	0,67	1,05	1,68	1,83
		2	0,84	1,33	2,07	2,24
		3	0,94	1,51	2,32	2,51
		4	1,04	1,66	2,53	2,74
	N ₂₀ P ₄₀ K ₄ ₀	1	1,43	2,19	3,25	3,45
		2	1,69	2,61	3,86	4,09
		3	1,81	2,81	4,30	4,56
		4	2,00	3,10	4,70	4,96
	N ₃₀ P ₆₀ K ₆ ₀	1	1,78	2,65	3,81	4,03
		2	2,09	3,16	4,62	4,86
		3	2,28	3,47	5,13	5,39
		4	2,50	3,81	5,62	5,88
H _{IP} 0,5,т/га			A = 0,58, B = 0,48, C = 0,65, D = 0,58, AB = 0,80, AC = 1,13, AD = 0,98, BC = 0,94, BD = 0,82, CD = 1,13, ABC = 1,60, ABD = 1,41, ACD = 1,98, BCD = 1,62, ABCD = 2,78			

Примітка: 1. Без позакореневого підживлення; 2. Позакореневе підживлення у фазу 3-ій трійчастий листок Хелпрост Соя (2 л/га) 3. Позакореневе підживлення у фазу бутонізації Хелпрост Соя (2 л/га) 4. Позакореневе підживлення у фазу 3-ій трійчастий листок + позакореневе підживлення у фазу бутонізації Хелпрост Соя (2 л/га) (Фактор А – рік, В – сорт, С – позакореневе підживлення, D – мінеральні добрива).

Дещо кращі показники прибавки приросту сухої речовини було зафіксовано на варіантах де застосовувалося позакореневе листкове підживлення рослин у фазу бутонізації, при цьому прибавка становила, відповідно, 0,6 – 1,15 і 0,67 – 1,37 т/га. Варто відзначити, що найефективнішим технологічним прийомом виявилось комплексне поєднання позакореневого підживлення Хелпростом Соя у фазу 3-ї трійчастий листок із позакореневим підживленням у фазу бутонізації цим самим органо-мінеральним добривом. На таких варіантах дослідів було зафіксовано максимальний приріст сухої речовини на одиницю площі. При цьому, максимальний показник наростання сухої речовини сортів сої був 5,11 т/га у сорту Онікс та 5,88 т/га у сорту Сенсор. Як вже зрозуміло з представленої таблиці, найкращі умови для максимальної реалізації потенціалу органо-мінерального добрива, а як наслідок і найбільша прибавка сухої речовини на відповідних варіантах формувались на фоні внесення мінерального добрива у дозі $N_{30}P_{60}K_{60}$.

Висновки і перспективи. Отже, позакореневе підживлення у фазу третій трійчастий листок органо-мінеральним добривом Хелпрост Соя (2,0 л/га) у поєднанні із позакореневим підживленням цим же препаратом у фазу бутонізації на

фоні внесення мінеральних добрив у дозі $N_{30}P_{60}K_{60}$ сприяло формуванню найкращих у досліді показників фотосинтетичного потенціалу і для сорту Онікс 3,458 млн $m^2 \times \text{діб/га}$ і для сорту Сенсор 3,628 млн $m^2 \times \text{діб/га}$. В результаті одержаних даних польових досліджень, встановлено тенденцію для формування максимальної площі листової поверхні як у середньораннього сорту сої Онікс – 45,2 тис. $m^2/\text{га}$, так і середньостиглого Сенсор – 47,0 тис. $m^2/\text{га}$ за умов внесення мінеральних добрив у дозі $N_{30}P_{60}K_{60}$, при цьому підсилюючи процеси фотосинтезу за рахунок позакореневого підживлення органо-мінеральним добривом Хелпрост Соя (2,0 л/га) у фазу 3-ї трійчастий листок та у фазу бутонізації рослин сої.

Кращі показники прибавки приросту сухої речовини було зафіксовано на варіантах де застосовувалося позакореневе листкове підживлення рослин у фазу бутонізації, при цьому прибавка становила, відповідно, 0,6 – 1,15 і 0,67 – 1,37 т/га. Варто відзначити, що найефективнішим технологічним прийомом виявилось комплексне поєднання позакореневого підживлення Хелпростом Соя у фазу 3-ї трійчастий листок із позакореневим підживленням у фазу бутонізації цим самим органо-мінеральним добривом. На таких варіантах дослідів було зафіксовано

Циганська О. І., Шевчук О. В.

максимальний приріст сухої речовини на одиницю площі. При цьому, максимальний показник наростання сухої речовини сортів сої був 5,11 т/га у сорту Онікс та 5,88 т/га у сорту Сенсор. За умов Лісостепу Правобережного на сірих лісових ґрунтах внесення мінеральних добрив у дозі $N_{30}P_{60}K_{60}$ та поєднання позакореневого підживлення органо-мінеральним

добривом Хелпрост Соя (2,0 л/га) у фазу 3-ій трійчастий листок із позакореневим підживленням у фазу бутонізації цим же препаратом забезпечило створення найкращих умов в межах дослідів для максимальної реалізації фотосинтетичної продуктивності як середньоранньостиглого сорту Онікс так і середньостиглого сорту Сенсор.

фотосинтетичного потенціалу сої в умовах Лісостепу правобережного. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2015. 58 (2). С. 56-62.

8. Заболотний Г.М., Циганська О.І., Циганський В.І. Фотосинтетична продуктивність сої залежно від рівня удобрення та застосування комплексу мікроелементів. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2018. № 5 (75).

9. Мазур В.А., Ткачук О.П., Панцирева Г.В., Алексєєв О.О. Сортові ресурси зернобобових культур в Україні: сучасний стан і перспективи використання: монографія. Вінниця: Твори, 2022. 196 с.

10. Циганська О.І., Циганський В.І. Вплив системи удобрення на проходження фаз росту і розвитку сортів сої та на коефіцієнт збереження рослин. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. № 2 (13). С. 119-133.

11. Циганська О.І., Циганський В.І. Вплив мінеральних добрив та способів використання комплексу мікроелементів на висоту рослин сої. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. № 4 (15). С. 83-93.

12. Didur I.M., Tsyhanskyi V.I., Tsyhanska O.I., Malynka L.V., Butenko A.O., Klochkova T.I. The effect of fertilizer system on soybean productivity in the conditions of right bank forest-steppe. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2019. Vol. 9. № 1. P. 76-80.

13. Didur I., Tsyhanskyi V., Tsyhanska O. Influence of biologisation of the nutrition system on the transformation of biological nitrogen and formation of soybean productivity. *Plant and Soil Science*. 2023. 14(4). 86-97.

Список використаних джерел

1. Дідур І.М., Шевчук В.В. Вміст та співвідношення фотосинтетичних пігментів у прилистках гороху озимого за використання різних технологій вирощування. *Сільське господарство та лісівництво*. 2022. № 2 (25). С. 24-32.

2. Дідур І.М. Динаміка формування площі листової поверхні гороху залежно від сортових особливостей, вапнування ґрунту та системи живлення. *Сільське господарство та лісівництво*. 2022. № 1 (24). С. 204-216.

3. Дідур І.М., Мостовенко В.В. Фотосинтетична активність гороху овочевого залежно від сортових особливостей, вапнування ґрунту та системи живлення. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. № 4 (19). С. 42-50.

4. Дідур І.М. Вплив передпосівної обробки насіння та позакореневих підживлень на динаміку формування площі листової поверхні рослин сої. *Сільське господарство та лісівництво*. 2022. № 4 (27). С. 5-14.

5. Дідур І.М., Циганський В.І. Формування фотосинтетичної продуктивності посівів сої за біологізованої системи живлення. *Сільське господарство та лісівництво*. 2023. № 3 (3). С. 44-56.

6. Ушкаренко В.О., Вожегова Р.А., Голобородько С.П., Коковіхін С.В. Статистичний аналіз результатів польових дослідів у землеробстві. Херсон: Айлант. 2013. 378 с.

7. Заболотний Г. М., Циганська О. І. Роль мінерального живлення у формуванні

14. Mazur V.A., Myalkovsky R.O., Mazur K.V., Pantsyreva H.V., Alekseev O.O. Influence of the photosynthetic productivity and seed productivity of white lupine plants. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2019. Vol. 9 (4). P. 665-670.

References

1. Didur I.M., Shevchuk V.V. (2022). The content and totality of photosynthetic pigments in the stipules of winter pea for the use of different growing technologies. *Agriculture and forestry*. 2 (25), 24-32.

2. Didur I.M. (2022). The dynamics of the formation of the leaf surface area of peas depending on varietal characteristics, soil liming and nutrition system. *Agriculture and forestry*. № 1 (24). S. 204-216.

3. Didur I.M., Mostovenko V.V. (2020). Photosynthetic activity of green peas depending on varietal characteristics, liming of the soil and nutrition system. *Agriculture and forestry*. № 4 (19), 42-50.

4. Didur I.M. (2022). The effect of pre-sowing seed treatment and foliar fertilization on the dynamics of formation of the leaf surface area of soybean plants. *Agriculture and forestry*. № 4 (27), 5-14.

5. Didur I.M., Tsyhanskyi V.I. (2023). Formation of photosynthetic productivity of soybean crops under biologized nutrition system. *Agriculture and forestry*. № 3 (3), 44-56.

6. Ushkarenko V.O., Vozhehova R.A., Holoborodko S.P., Kokovikhin S.V. (2013). Statistical analysis of field experiment results in farming. Kherson. 378.

7. Zabolotnyi, H. M., Tsyhanska, O. I. (2015). The role of mineral nutrition in the formation of the photosynthetic potential of soyabean in the conditions of the forest-steppe of the right-bank. *Foothill and mountain agriculture and livestock breeding*. 58 (2), 56 –

62.

8. Zabolotnyi H.M., Tsyhanska O.I., Tsyhanskyi V.I. (2018). Photosynthetic productivity of soybeans depending on the level of fertilization and the application of a complex of microelements. *Scientific reports NUBiP of Ukraine*. № 5 (75).

9. Mazur V.A., Tkachuk O.P., Pantsyreva H.V., Aliksieiev O.O. (2022). Varietal resources of grain and leguminous crops in Ukraine: current state and prospects of use: monograph. Vinnytsia: Tvory, 196.

10. Tsyhanska O.I., Tsyhanskyi V.I. (2019). The influence of the fertilization system on the passage of growth and development phases of soybean varieties and on the coefficient of plant preservation. *Agriculture and forestry*. № 2 (13), 119-133.

11. Tsyhanska O.I., Tsyhanskyi V.I. (2019). The effect of mineral fertilizers and methods of using a complex of trace elements on the height of soybean plants. *Agriculture and forestry*. № 4 (15), 83-93.

12. Didur I.M., Tsyhanskyi V.I., Tsyhanska O.I., Malynka L.V., Butenko A.O., Klochkova T.I. (2019). The effect of fertilizer system on soybean productivity in the conditions of right bank forest-steppe. *Ukrainian Journal of Ecology*. Vol. 9. № 1, 76-80.

13. Didur I., Tsyhanskyi V., Tsyhanska O. (2023). Influence of biologisation of the nutrition system on the transformation of biological nitrogen and formation of soybean productivity. *Plant and Soil Science*. 14(4), 86-97.

14. Mazur V.A., Myalkovsky R.O., Mazur K.V., Pantsyreva H.V., Alekseev O.O. (2019). Influence of the photosynthetic productivity and seed productivity of white lupine plants. *Ukrainian Journal of Ecology*. Vol. 9 (4), 665-670.

THE FORMATION OF THE PHOTOSYNTHETIC POTENTIAL OF SOYBEAN VARIETIES DEPENDS ON THE DOSES OF MINERAL FERTILIZERS AND FOLIAR NUTRITION WITH ORGANO-MINERAL FERTILIZER

O. I. Tsyhanska, O. V. Shevchuk

Abstract. The main key to the formation of the maximum yield of agricultural

crops in general, and of soybeans in particular, is the index of the leaf surface area. Providing plants with a full range of mineral nutrition elements and foliar fertilizing with organo-mineral fertilizer significantly affect the indicator of the size of the assimilation surface and the intensity of its growth. Foliar fertilizing with organo-mineral fertilizers and applying mineral fertilizers in different doses according to research results is quite an effective way to ensure optimal nutrition of plants. The results of research on the study of the photosynthetic productivity of soybean varieties under the influence of different doses of mineral fertilizers and different periods of foliar fertilizing with organo-mineral fertilizer (foliar fertilizing in the phase of the 3rd trifoliate leaf, foliar fertilizing in the phase of budding) in the conditions of the Right Bank Forest Steppe are presented. The peculiarities of the formation of the leaf surface area of soybean plants have been established. It was found that the dose of mineral fertilizers and the timing of foliar fertilizing with organo-mineral fertilizer Helprost Soybean (2.0 l/ha) had a significant impact on this indicator. The use of foliar fertilizing with Helprost Soybean in the budding phase ensured an increase in the leaf surface area by 7.2 - 12.7 % in the Onyx variety and, accordingly, by 8.6 - 13.3 % in the Sensor variety. Based on the results of research, it was found that the most effective technological technique was the combination of foliar feeding in the phase of the 3rd trifoliate leaf with Helprost Soybean with foliar feeding with the same organo-mineral fertilizer in the budding phase. Such growing conditions contributed to an increase in the area of leaves in comparison with variants without treatment by 10.6-17.9 % in the Onyx variety and 12.3-18.2 % in the Sensor variety.

According to the results of the observations and calculations, it was found that the photosynthetic potential of soybean crops increased dynamically during the entire growing season and was directly dependent on the doses of mineral fertilizers, foliar fertilizing with organic-mineral fertilizers, and the weather conditions of the year. Together with mineral fertilizers, foliar feeding in different phases of the growing season of soybean crops had a positive effect on the formation of the photosynthetic potential of crops.

Keywords: variety, leaf surface area, dry matter, photosynthesis, fertilization