

ФОТОСИНТЕТИЧНА ТА НАСІННЄВА ПРОДУКТИВНІСТЬ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ІНОКУЛЯЦІЇ ТА УДОБРЕННЯ В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ

В. А. ФУРМАН, кандидат сільськогосподарських наук, директор
ДП «ДГ «Саливонківське»

О. В. ФУРМАН, кандидат сільськогосподарських наук, агроном з насінництва
ДП «ДГ «Саливонківське»

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН

І. В. СВИСТУНОВА, кандидат сільськогосподарських наук, доцент
Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: furmanov918@ukr.net

<https://doi.org/10.31548/dopovidi2022.06.002>

Анотація. На сучасному етапі розвитку світового аграрного виробництва провідне місце серед найважливіших високобілкових та олійних культур займає соя. Україна є лідером з виробництва сої на Євразійському континенті проте, біологічний потенціал урожайності вітчизняних сортів сої реалізується поки що недостатньо, тому існує необхідність пошуку шляхів підвищення продуктивності соєвих агрофітоценозів. Основою створення сухої маси врожаю насіння сої, як будь-якої сільськогосподарської культури, є фотосинтез, інтенсивність якого відображає реакцію рослин на умови росту та розвитку, в тому числі, на технологічну модель вирощування. Відтак, вивчення закономірностей, які визначають продуктивність процесу фотосинтезу – важливий спосіб управління рівнем урожайності культури. Метою досліджень, проведених у 2013-2016 рр., було встановити вплив інокуляції насіння мікробним препаратом поліфункціональної дії Фосфонітрагін та норм і строків внесення мінеральних добрив на формування фотосинтетичної та насіннєвої продуктивності сої. Під час проведення досліджень було застосовано візуальний, вимірювально-ваговий, розрахунковий та статистично-математичний методи спостережень та досліджень.

Встановлено, що в умовах Лісостепу правобережного України проведення інокуляції насіння препаратом на основі штамів бульбочкових бактерій (*Br. japonicum*) і фосформобілізуючих мікроорганізмів (*B. tiscilaginosus*) та внесення мінеральних добрив позитивно впливає на формування та продуктивність фотосинтетичного апарату. Максимальну фотосинтетичну продуктивність та насіннєву урожайність посівів сої – на рівні 2,86-3,15 т/га забезпечує технологічна модель вирощування, що передбачає застосування бактеризації насіння комплексним препаратом Фосфонітрагін та внесення $N_{30}P_{60}K_{60}$ в основне удобрення + N_{15} у підживлення в фазі бутонізації. Вищу продуктивність формує середньостиглий сорт сої Сузір'я.

Ключові слова: соя, сорт, бактеризація, мінеральне добриво, азотне підживлення, фотосинтетична продуктивність, урожайність

Актуальність. На сучасному етапі розвитку світового аграрного виробництва провідне місце серед найважливіших високобілкових та олійних культур займає соя. Завдяки високому вмісту в її насінні добре збалансованого за амінокислотним складом білка сою використовують як відмінний замітник продуктів тваринного походження в раціоні людини та джерело цінного кормового білка в годівлі сільськогосподарських тварин [16]. Серед світових лідерів олійних культур соя, потіснивши ріпак, посідає друге місце після соняшнику [15].

Окрім високої продуктивності за виходом з гектару олії та білка, вирощування сої позитивно впливає на якісні характеристики ґрунту, сприяє покращенню фітосанітарного стану посівних площ та істотно підвищує ефективність використання ріллі [2, 11], внаслідок чого ця зернобобова культура має надзвичайно важливе значення у формуванні економічної та продовольчої безпеки держави.

Україна є лідером з виробництва сої на Євразійському континенті проте, біологічний потенціал продуктивності вітчизняних сортів сої реалізується поки що недостатньо – лише на 38-56 % [2]. Тому існує необхідність пошуку шляхів підвищення продуктивності соєвих агрофітоценозів.

Основою створення сухої маси врожаю насіння сої, як будь-якої сільськогосподарської культури, є фотосинтез, інтенсивність якого відображає реакцію рослин на умови росту та розвитку, в тому числі, на технологічну модель вирощування [3]. Тому вивчення закономірностей, які визначають інтенсивність та продуктивність процесу фотосинтезу є важливим способом управління рівнем продуктивності культури [9].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Як відомо, фотосинтез є основним процесом живлення зелених рослин та джерелом синтезу і нагромадження ними органічної речовини [8, 12], а тому між фотосинтетичною активністю і врожайністю сільськогосподарських культур існує позитивна кореляція [7, 13].

Оскільки фотосинтез визначає ступінь реалізації генетичного потенціалу продуктивності польових культур та характеризується великими невикористаними резервами, важливим науковим завданням є створення агрофітоценозів з високим коефіцієнтом засвоєння енергії Сонця, що перш за все обумовлюється площею та активністю роботи листя – основного фотосинтезуючого органу [1, 17]. Агрофітоценоз з оптимальними розмірами листової поверхні характеризується більш повним поглинанням сонячної радіації та активнішим накопиченням

Фурман В. А., Фурман О. В., Свистунова І. В.

сухої маси [1, 3]. Найбільш ефективна площа листкової поверхні для сої становить 40-50 тис. м²/га. Такі посіви поглинають 70-98 % фотосинтетично-активної сонячної радіації [8, 11]. Інтенсивність наростання, площа та тривалість функціонування листя залежать від генотипу сорту, ґрунтово-кліматичних умов та обґрунтованості технологій вирощування рослин [3, 7, 8].

Вченими доведено [7, 8, 9], що технологічні прийоми вирощування, спрямовані на збільшення врожайності сільськогосподарських культур, вважаються ефективними, якщо вони: сприяють швидкому наростанню площі листя до оптимальних розмірів і збереженню його в активному стані протягом тривалого періоду; підвищують продуктивність роботи фотосинтетичного апарату та коефіцієнт використання рослинами сонячної енергії; покращують використання продуктів фотосинтезу.

За даними багатьох дослідників [2, 3, 9, 11, 19.] фотосинтетична продуктивність посівів сої в значній мірі залежить від інокуляції насіння та умов живлення, в тому числі, від рівня забезпечення рослин азотом. Залежно від концентрації азотні добрива по-різному впливають на рослинний організм та є істотним стресорним чинником. Одним з індикаторів адаптивної відповіді рослин на стресові умови є зміна вмісту фотосинтетичних пігментів. За

дефіцитного азотного живлення синтез фотосинтетичних пігментів скорочується, а зі зростанням доз азотних добрив вміст хлорофілів, до певної межі збільшується [4, 12, 14, 18].

Враховуючи вищезначене, вивчення фотосинтетичної продуктивності сої за різних норм і строків внесення мінеральних добрив та інокуляції насіння є актуальним питанням, що потребує наукового обґрунтування.

Мета досліджень – вивчити вплив комплексного застосування інокуляції та мінерального удобрення на формування фотосинтетичної і насінневої продуктивності сої в умовах правобережного Лісостепу України.

Матеріали і методи досліджень. Польові дослідження проводили у 2013-2016 рр. на дослідному полі ДП «ДГ «Саливонківське» Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України.

Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем типовий малогумусний. Вміст гумусу у шарі 0-20 см – 4,55 %, легкогідролізованого азоту (за Корнфілдом) – 154-160 мг/кг ґрунту, рухомого фосфору (за Чиріковим) – 43-55 мг/кг ґрунту, обмінного калію – 94-106 мг/кг ґрунту, рН сольової витяжки – 6,7-7,1.

Польовий дослід закладали за схемою: фактор А – сорт: Вільшанка (скоростиглий), Сузір'я

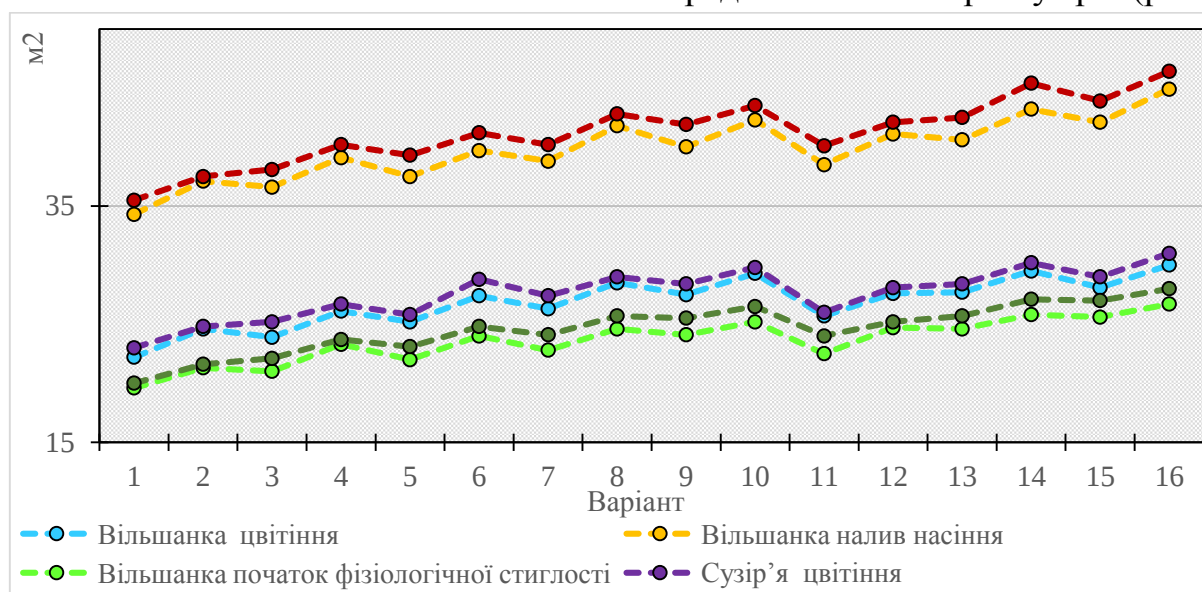
Фурман В. А., Фурман О. В., Свистунова І. В.

(середньостиглий); фактор В – передпосівна обробка насіння: без інокуляції, бактеріальний препарат Фосфонітрагін; фактор С – мінеральне удобрення: без добрив (контроль); $P_{60}K_{60}$; $N_{15}P_{60}K_{60}$; $N_{30}P_{60}K_{60}$; $N_{45}P_{60}K_{60}$; $P_{60}K_{60} + N_{15}$; $N_{15}P_{60}K_{60} + N_{15}$; $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{15}$. Фосфорні та калійні добрива вносили під основний обробіток ґрунту, азотні – у відповідність зі схемою досліду: під передпосівну культивування та у підживлення рослин сої у фазі бутонізації. Інокуляцію насіння проводили комплексним бактеріальним препаратом на основі фосформобілізуючих мікроорганізмів (*B. tucilagnosus*) та штамів

бульбочкових бактерій (*Br. japonicum*).

Під час проведення досліджень керувались вимогами, викладеними у посібнику «Основи наукових досліджень в агрономії» [10] та «Методиках державного сортопробування сільськогосподарських культур» [6]. Оцінку фотосинтетичної діяльності проводили за методиками [8], кількість хлорофілу – за методом [5].

Результати дослідження та їх обговорення. У наших дослідженнях обидва сорти сої характеризувались високим рівнем наростання листкової поверхні, однак більшу площу листя у всі фази розвитку формувал середньостиглий сорт Сузір'я (рис. 1).



Зміст варіантів: 1 – контроль, 2 – інокуляція, 3 – $P_{60}K_{60}$, 4 – $P_{60}K_{60}$ + інокуляція, 5 – $N_{15}P_{60}K_{60}$, 6 – $N_{15}P_{60}K_{60}$ + інокуляція, 7 – $N_{30}P_{60}K_{60}$, 8 – $N_{30}P_{60}K_{60}$ + інокуляція, 9 – $N_{45}P_{60}K_{60}$, 10 – $N_{45}P_{60}K_{60}$ + інокуляція, 11 – $P_{60}K_{60} + N_{15}$, 12 – $P_{60}K_{60} + N_{15}$ + інокуляція, 13 – $N_{15}P_{60}K_{60} + N_{15}$, 14 – $N_{15}P_{60}K_{60} + N_{15}$ + інокуляція, 15 – $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{15}$, 16 – $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{15}$ + інокуляція.

Рис. 1 Динаміка формування площі листкової поверхні рослин сої залежно від мінерального удобрення та інокуляції насіння, тис. м²/га (середнє за 2013-2016 рр.)

На покращення умов живлення рослини сої у всі фенологічні фази

реагували зростанням інтенсивності наростання фотосинтезуючої

Фурман В. А., Фурман О. В., Свистунова І. В.

поверхні. До настання фази цвітіння внесення мінеральних добрив забезпечило приріст площі листя відносно контролю на 7,7-35,14 %, бактеризація насіння – на 7,8-11,7 %.

Найбільш потужною за розмірами – на рівні 34,3-44,9 тис.м²/га (сорт Вільшанка) та 35,5-46,4 тис.м²/га (сорт Сузір'я) листкова поверхня в посівах сої формувалась у фазі наливу насіння, коли рослини найбільше потребують асимілятів для накопичення їх у насінні. Наростання максимальної листкової площі забезпечувала сумісна дія інокулянту та мінеральних добрив у нормі N₃₀P₆₀K₆₀ + N₁₅ – 44,9- 46,4 тис. м²/га.

З настанням фази фізіологічної стиглості, внаслідок опадання листя з нижніх ярусів під час відтоку пластичних речовин з вегетативних до генеративних органів площа листя істотно зменшувалась. На абсолютному контролі розмір листової поверхні становив 19,4-20,0

тис. м²/га, в той час як покращені умови живлення, завдяки проведенню бактеризації та внесенню мінеральних добрив, сприяли не лише наростанню більшої площі листя (26,7-28,0 тис. м²/га), але й більш подовженому періоду її функціонування.

Більш повно, ніж розмір листової поверхні реальні можливості посіву щодо синтезу органічної речовини характеризує фотосинтетичний потенціал посіву – показник, який відображає тривалість активної роботи листя на одиниці площі. Встановлено, що за відсутності удобрення та інокуляції насіння фотосинтетичний потенціал посівів сої в період від сходів до настання фізіологічної стиглості не перевищував 2,092 млн м²×діб/га у сорту Вільшанка та 2,185 млн м²×діб/га у сорту Сузір'я (табл. 1).

1. Вміст хлорофілу а і b в листках сої та фотосинтетична продуктивність її сортів залежно від інокуляції та удобрення (середнє за 2013-2016 рр.)

Удобрєння	Інокуляція	Вміст хлорофілу а+в, мг/г сирої маси	Фотосинтетичний потенціал, млн м ² · діб/га	Чиста продуктивність фотосинтезу, г/м ² добу		Вихід сухої маси, т/га
		цвітіння	сходи - фізіологічна стиглість	початок цвітіння – кінець цвітіння	кінець цвітіння – повний налив насіння	фізіологічна стиглість
Сорт Вільшанка						
Без добрив (контроль)	б/і*	1,43	2,092	0,90±0,1**	1,47±0,2	3,78
	і	1,76	2,604	1,11±0,2	1,59±0,3	4,88
Р ₆₀ К ₆₀	б/і	1,49	2,322	1,02±0,1	1,54±0,3	4,45
	і	1,89	2,830	1,22±0,3	1,82±0,4	5,38
N ₁₅ Р ₆₀ К ₆₀	б/і	1,59	2,542	1,08±0,2	1,60±0,3	4,61
	і	2,04	3,035	1,29±0,2	1,91±0,4	5,48

Фурман В. А., Фурман О. В., Свистунова І. В.

N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	б/і	1,70	2,618	1,22±0,2	1,69±0,2	4,81
	і	2,18	3,163	1,45±0,3	2,04±0,3	5,61
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀	б/і	1,81	2,713	1,28±0,2	1,75±0,4	4,92
	і	2,32	3,242	1,51±0,4	2,18±0,4	5,67
P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	б/і	1,65	2,557	1,11±0,2	1,63±0,2	4,62
	і	2,11	3,095	1,39±0,3	1,94±0,3	5,52
N ₁₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	б/і	1,97	2,804	1,35±0,3	1,79±0,3	5,33
	і	2,44	3,370	1,59±0,2	2,25±0,4	6,28
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	б/і	2,11	3,025	1,45±0,2	1,87±0,4	5,48
	і	2,52	3,477	1,62±0,1	2,33±0,5	6,47
Сорт Сузір'я						
Без добрив (контроль)	б/і	1,55	2,185	1,19±0,2	1,60±0,2	4,29
	і	1,86	2,615	1,40±0,2	1,80±0,3	5,15
P ₆₀ K ₆₀	б/і	1,67	2,411	1,31±0,1	1,82±0,3	4,98
	і	2,01	2,860	1,51±0,3	2,01±0,2	5,56
N ₁₅ P ₆₀ K ₆₀	б/і	1,70	2,618	1,39±0,1	1,93±0,2	5,11
	і	2,17	3,091	1,61±0,2	2,12±0,3	5,71
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	б/і	1,77	2,727	1,49±0,2	2,01±0,3	5,29
	і	2,29	3,158	1,78±0,2	2,26±0,2	6,08
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀	б/і	1,90	2,840	1,59±0,2	2,09±0,4	5,30
	і	2,48	3,275	1,85±0,4	2,32±0,4	6,15
P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	б/і	1,74	2,640	1,41±0,3	1,97±0,4	5,17
	і	2,21	3,121	1,67±0,4	2,19±0,2	5,79
N ₁₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	б/і	2,07	2,985	1,71±0,4	2,17±0,4	5,89
	і	2,61	3,491	1,91±0,5	2,38±0,2	6,77
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	б/і	2,15	3,158	1,72±0,3	2,25±0,5	6,18
	і	2,75	3,635	1,93±0,4	2,51±0,3	7,04
НІР _{0,05} загальна						
НІР _{0,05} сорт		0,33				1,16
НІР _{0,05} удобрення		0,12	-	-	-	0,27
НІР _{0,05} інокуляція		0,17				0,58
		0,10				0,26

Примітка: * б/і – насіння без інокуляції; і – інокульоване насіння;

**M ± m – довірчий інтервал середньої арифметичної на 5 %-му рівні значущості.

Головною передумовою для проходження процесу фотосинтезу є наявність Взаємодія факторів бактеризації насіння Фосфонітрагіном та внесення добрив збільшували наведені значення, відповідно на 35,3-66,2 та 30,9-66,4 %. Максимальні значення за даним показником – на рівні 3,477 та 3,635 млн м²×діб/га було відмічено на варіантах, що передбачали обробку

насіння перед посівом препаратом на основі штамів бульбочкових бактерій (*Br. japonicum*) і фосформобілізуючих мікроорганізмів (*B. mucilaginosus*) та внесення N₃₀P₆₀K₆₀ + N₁₅ у фазі бутонізації.

хлорофілу і каротиноїдів – основних компонентів фотосинтетичного апарату. Низький вміст хлорофілу у фотосинтезуючих тканинах різко обмежує інтенсивність

Фурман В. А., Фурман О. В., Свистунова І. В.

фотосинтезу [4, 12], а тому рівень врожаю сої більш тісно корелює саме з вмістом суми пігментів, аніж з розмірами асимілюючої поверхні [9, 18].

У наших дослідженнях найвищий вміст хлорофільних пігментів було відмічено за роздрібного внесення азотних добрив – N_{30} у передпосівну культивуацію на фоні $P_{60}K_{60}$ та N_{15} у підживлення у фазу бутонізації. Порівняно з внесенням такої ж кількості азотних добрив за один прийом, вміст суми хлорофілу «а» і «в» збільшувався на 0,25-0,30 мг/г сирої маси, залежно від сорту. Бактеризація насіння сої Фосфонітрагіном підвищувала вміст хлорофілів а+в на 20,0-23,1 %, що на думку деяких науковців [12, 19] можна пояснити прямопропорційним зв'язком між концентрацією хлорофілу у листках та інтенсивністю азотфіксації, яка істотно залежить від симбіотичних властивостей бульбочкових бактерій. Максимальний вміст суми фотосинтетичних пігментів – на рівні 2,52-2,75 мг/г сирої маси було відмічено за сумісної дії технологічних прийомів бактеризації насіння Фосфонітрагіном та внесення мінеральних добрив у нормі $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{15}$. На всіх варіантах аналізування вища сумарна концентрація хлорофілу а+в властива сорту Сузір'я.

Важливим параметром, що тісно корелює з рівнем урожайності є чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ),

яка на думку багатьох науковців [3, 9, 18], характеризує потенційні можливості рослин та дозволяє спрогнозувати рівень їх врожайності, хоча тісна пряма залежність між найвищими значеннями ЧПФ і врожайності насіння сої спостерігається не завжди. В посівах сої за даними вчених [9, 13], динаміка ЧПФ має синусоїдний характер – найвищою вона є в періоди: «початок формування листового апарату - початок цвітіння» та «кінець цвітіння - повний налив насіння». Така ж закономірність спостерігалась і в наших дослідженнях.

Встановлено, що покращення умов живлення за рахунок внесення мінеральних добрив та проведення бактеризації насіння Фосфонітрагіном позитивно впливало на формування ЧПФ. Так, в період від початку до кінця цвітіння інтенсивність чистої продуктивності фотосинтезу за умови внесення мінеральних добрив зростала у сорту Вільшанка на 13,3-61,1 % та у сорту Сузір'я на 10,1-44,4 %, за умови проведення інокуляції – на 23,3 та 17,7 % відповідно, за умови взаємодії цих факторів – на 35,6-80,0 та 26,9-62,2 %. З кінця фенологічної фази цвітіння до настання повного наливу насіння чиста продуктивність фотосинтезу зростала до рівня 1,47-2,51 г/м² за добу, досягаючи свого другого максимуму. В усі періоди спостережень максимальна продуктивність фотосинтезу в

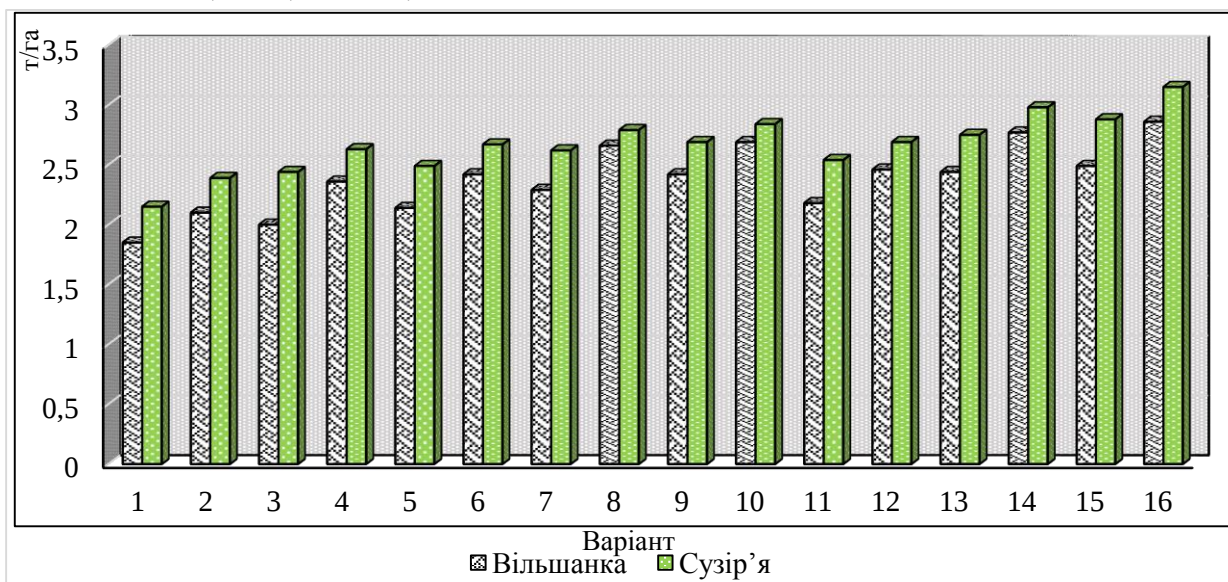
Фурман В. А., Фурман О. В., Свистунова І. В.

посівах обох сортів сої була відмічена на варіантах, де вивчали сумісну дію бактеризації насіння Фосфонітрагіном та внесення мінеральних добрив у нормі $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{15}$.

Узагальнюючим показником ефективності роботи фотосинтетичного апарату рослин є рівень накопичення ними сухої біомаси [8]. Встановлено, що накопичення сухої речовини – до рівня 3,78-6,47 т/га (сорт Вільшанка) та 4,29-7,04 т/га (сорт Сузір'я) посівами сої продовжувалось до настання фази фізіологічної стиглості. Обробка насіння комплексним бактеріальним препаратом забезпечувала приріст сухої речовини на 20,0-29,1 %, внесення фосфорно-калійних добрив – на 16,1-17,7 %, повного

мінерального добрива – на 22,0-45,0 % (сорт Вільшанка) та 19,1-44,1 % (сорт Сузір'я), в тому числі роздрібне внесення азотних добрив – на 41,0-45,0 та 37,3-44,1 %, відповідно. Найбільш продуктивними за даним показником – на рівні 6,28-7,04 т/га були варіанти, де проводили інокуляцію насіння Фосфонітрагіном та вносили $N_{15-30}P_{60}K_{60} + N_{15}$ у фазі бутонізації. У всі роки досліджень більший вихід сухої маси формував середньостиглий сорт Сузір'я.

Основним критерієм оцінки роботи фотосинтетичного потенціалу є рівень урожайності насіння сої. У середньому за роки польового експерименту урожайність насіння сої сорту Вільшанка становила 1,85-2,86 т/га, сорту Сузір'я – 2,15-3,15 т/га (рис. 2).



Зміст варіантів: 1 – контроль, 2 – інокуляція, 3 – $P_{60}K_{60}$, 4 – $P_{60}K_{60}$ + інокуляція, 5 – $N_{15}P_{60}K_{60}$, 6 – $N_{15}P_{60}K_{60}$ + інокуляція, 7 – $N_{30}P_{60}K_{60}$, 8 – $N_{30}P_{60}K_{60}$ + інокуляція, 9 – $N_{45}P_{60}K_{60}$, 10 – $N_{45}P_{60}K_{60}$ + інокуляція, 11 – $P_{60}K_{60} + N_{15}$, 12 – $P_{60}K_{60} + N_{15}$ + інокуляція, 13 – $N_{15}P_{60}K_{60} + N_{15}$, 14 – $N_{15}P_{60}K_{60} + N_{15}$ + інокуляція, 15 – $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{15}$, 16 – $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{15}$ + інокуляція

Рис. 2 Урожайність насіння сої залежно від інокуляції насіння та удобрення, т/га (середнє за 2013-2016 рр.)

Фурман В. А., Фурман О. В., Свистунова І. В.

Максимальний урожай – на рівні 2,86 т/га (скоростиглий сорт Вільшанка) та 3,15 т/га (середньостиглий сорт Сузір'я) посіви сої формували на ділянках з найвищою фотосинтетичною продуктивністю. Порівняно з абсолютним контролем приріст урожаю на вказаних варіантах становив 53,9 та 44,6 %.

За результатами кореляційно-регресійного аналізу визначено, що сила зв'язку рівня урожайності насіння сої є значною та тісно корелює із накопиченням сухої речовини – коефіцієнт кореляції для сорту Вільшанка становив $r = 0,957$, для сорту Сузір'я – $r = 0,971$.

Висновки і перспективи. Таким чином, проведення бактеризації

Список використаних джерел

1. Алиев Д. А. Акперов З. И. Фотосинтез и урожай сои. Москва : Наука. 1995. 126 с.
2. Бабич А. О., Бабич-Побережна. Селекція, виробництво, торгівля і використання сої у світі. К.: Аграрна наука, 2011. 548 с.
3. Бахмат О. М. Фотосинтетична активність та врожайність сої залежно від сорту, способу сівби й удобрення. *Вісник аграрної науки*. 2010. № 7. С. 27-30.
4. Головатюк Є., Ситар О., Таран Н. Вплив різних доз азотних добрив на вміст фотосинтетичних пігментів та сульфоліпиду у листках сої. *Вісник Київського національного університету ім. Т. Шевченка*. Київ, 2007. № 12. С. 34–36.
5. Гольд В. М., Гаевский Н. А., Голованова Т. И. Физиология растений : метод. указания по лаб. работам. Красноярск : ИПК СФУ, 2008. 61 с.
6. Методика державного сорто випробування сільськогосподарських культур. Вип. 1. Загальна частина / ред. : В.

насіння препаратом на основі штамів бульбочкових бактерій (*Br. japonicum*) і фосформобілізуючих мікроорганізмів (*B. mucilaginosus*) та внесення мінеральних добрив позитивно впливає на формування та продуктивність фотосинтетичного апарату. Найвищу фотосинтетичну продуктивність та насінневу урожайність посівів сої сорту Вільшанка (2,86 т/га) та сорту Сузір'я (3,15 т/га) забезпечує технологічна модель, що передбачає інокуляцію насіння комплексним бактеріальним препаратом Фосфонітрагін та внесення $N_{30}P_{60}K_{60}$ в основне удобрення + N_{15} у підживлення в фазі бутонізації.

В. Волкодав; Держ. коміс. України по випробуванню та охороні сортів рослин. Київ, 2000. 100 с.

7. Назарчук А. А. Фотосинтетичний потенціал сої залежно від інокуляції насіння, фону живлення та сорту в умовах степу України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. Миколаїв, 2015. Вип. 1. С. 144–151.

8. Ничипорович А. А. Фізіологія фотосинтезу і продуктивність рослин. *Фізіологія фотосинтезу*. 1982. С. 7–38.

9. Новохацький М. Л. Оптимізація умов фотосинтезу агроценозів сої та використання рослинами його продуктів. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України*. Дослідницьке, 2017. Вип. 21. С. 258–267.

10. Основи наукових досліджень в агрономії / за ред. В. О. Єщенко. Київ : Дія, 2005. 288 с.

11. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В., Іванюк С. В. Соя : монографія. Вінниця : Діло, 2016. 400 с.

Фурман В. А., Фурман О. В., Свистунова І. В.

12. Таран Н. Ю. Каротиноїди фотосинтетичних тканин в умовах посухи. *Фізіологія і біохімія культурних рослин*. 1999. № 6. С. 414-422.

13. Темрієнко О.О. Фотосинтетична та насіннева продуктивність посівів сої залежно від технологічних прийомів вирощування в умовах Лісостепу Правобережного. *Таврійський науковий вісник*. Вип. 100. Т.2. Херсон: Видавничий дім «Гельветика», 2018. С. 75-85.

14. Цветкова Ю.В., Ляшко М.У., Стражникова И.И. Влияние применения инокулянта «Ризоторфин» на содержание хлорофилла в листьях интродуцированных сортов сои и их урожайность. *Вестник РУДН*. 2020. Т. 15. № 1. С. 7-18.

15. Чехова І.В., Чехов С.А. Оцінка ефективності виробництва сої в Україні. *Економічний простір*. 2019. № 144. С. 63-70.

16. Шовкова О.В. Продуктивність сортів сої ранньостиглої групи в умовах лівобережного Лісостепу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2022. №2. С.113-118.

17. Jeffrey A, Thompson LE, Randall LN. Association of specific leaf weight, an estimate of chlorophyll, and chlorophyll concentration with apparent photosynthesis in soybean. *Photosynthesis Res.* 1996; 49(49): 1-10.

18. Shen X., Jiang C., Zhang J. Correlation between spectrum reflectance and chlorophyll content of soybean leaves under different nitrogen level. *Soybean Sci.* 2012. Vol. 31(1), P. 73–80.

19. Zhang X, Huang G, Bian X, Zhao Q. Effects of root interaction and nitrogen fertilization on the chlorophyll content, root activity, photosynthetic characteristics of intercropped soybean and microbial quantity in the rhizosphere. *Plant Soil Environ.* 2013; 59(2): 80-88.

References

1. Alyev D. A. Akperov Z. Y. (1995). *Fotosyntezy u urozhai soy* [Photosynthesis and soybean harvest]. Moskva : Nauka. 126 s.

2. Babych A. O., Babych-Poberezhna A. A. (2011). *Selektsiia, vyrobnytstvo, torhivlia i vykorystannia soi u sviti*. [Selection,

production, trade and use of soybeans in the world]. Kyiv : Ahrarna nauka, 548 s.

3. Bakhmat O. M. (2010) *Fotosyntetychna aktyvnist ta vrozhaunist soi zalezno vid sortu, sposobu sivy y udobrennia* [Photosynthetic activity and yield of soybean depending on the variety, method of sowing and fertilization]. *Visnyk ahrarnoi nauky*. Kyiv, № 7. S. 27-30.

4. Holovatiuk Ye., Sytar O., Taran N. (2007) *Vplyv riznykh doz azotnykh dobryv na vmist fotosyntetychnykh pihmentiv ta sulfolipidu u lystkakh soi* [Effect of different doses of nitrogen fertilizers on the content of photosynthetic pigments and sulfolipid in soybean leaves]. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu im. T. Shevchenka*. Kyiv, № 12. S. 34–36.

5. Hold V. M., Haevskiy N. A., Holovanova T. Y. (2008) *Fyzyolohyia rastenyi : metod. ukazanyia po lab. Rabotam* [Physiology of plants: method. instructions for lab. work]. Krasnoiar'sk : YPK SFU, 61 s.

6. *Metodyka derzhavnoho sortovyprobuvannia silskohospodarskykh kultur* [Methodology of state variety testing of agricultural crops] (2000). Vyp. 1. *Zahalna chastyna / red. : V. V. Volkodav; Derzh. komis. Ukrainy po vyprobuvanniu ta okhroni sortiv roslyn*. Kyiv, 100 s.

7. Nazarchuk A. A. (2015) *Fotosyntetychnyi potentsial soi zalezno vid inokuliatsii nasinnia, fonu zhyvlennia ta sortu v umovakh stepu Ukrainy* [Photosynthetic potential of soybeans fallow in the form of inoculation on the background of life of this variety in the minds of the steppe of Ukraine]. *Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomoria. Mykolaiv*, Vyp. 1. S. 144–151.

8. Nychporovych A. A. (1982) *Fiziolohiia fotosyntezy i produktyvnist roslyn* [Physiology of photosynthesis and plant productivity]. *Fiziolohiia fotosyntezy*. Moskva, S. 7–38.

9. Novokhatskyi M. L. (2017) *Optymizatsiia umov fotosyntezy ahrotsenoziv soi ta vykorystannia roslynamy yoho produktiv* [Optimization of conditions of photosynthesis of soybean agrocenoses and use of its products by plants]. *Tekhniko-tekhonolohichni aspekty rozvytku ta vyprobuvannia novoi tekhniky i tekhnolohii dlia silskoho hospodarstva*

Фурман В. А., Фурман О. В., Свистунова І. В.

Ukrainy. Doslidnytske, 2017. Vyp. 21. S. 258–267.

10. Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii (2005) [Fundamentals of scientific research in agronomy] / za red. V. O. Yeshchenka. Kyiv : Diia, 288 s.

11. Petrychenko V. F., Lykhochvor V. V., Ivaniuk S. V. (2016) Soia : monohrafiia [Soya: a monograph]. Vinnytsia : Dilo, 400 s.

12. Taran N. Yu. (1999) Karotynoidy fotosyntetychnykh tkanyn v umovakh posukhy [Carotenoids of photosynthetic tissues under drought conditions]. Fyziolohiya y byokhymia kulturnykh rastenyi. № 6. S. 414–422.

13. Temriienko O.O. (2018) Fotosyntetychna ta nasinnieva produktyvnist posiviv soi zalezno vid tekhnolohichnykh pryimiv vyroshchuvannia v umovakh Lisostepu Pravoberezhnoho [Photosynthetic and seed productivity soybean crops depending on the technological methods of cultivation in the conditions Pravoberezhny forest-steppe]. Tavriiskyi naukovyi visnyk. Vyp. 100. T.2. Kherson: Vydavnychiy dim «Helvetyka», S. 75–85.

14. Tsvetkova Yu.V., Liashko M.U., Strazhnykova Y.Y. (2020) Vlyianie prymenyia ynokulianta «Ryzotorfin» na sodержanye khlorofylla v lystiakh yntrodutsyrovannykh sortov soy y ykh urozhainost [Influence of the use of the inoculant "Risotorfin" on the content of

chlorophyll in the leaves of introduced soybean varieties and their yield]. Vestnyk RUDN. T. 15. № 1. S. 7–18.

15. Chekhova I.V., Chekhov S.A. (2019) Otsinka efektyvnosti vyrobnytstva soi v Ukraini [Evaluation of the effectiveness of soybean production in Ukraine]. Ekonomichnyi prostir. № 144. S. 63–70.

16. Shovkova O.V. (2022) Produktyvnist sortiv soi rannostyhloi hrupy v umovakh livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Productivity of soybean varieties of the early ripening group in the conditions of the left-bank forest-steppe of Ukraine]. Visnyk Poltavskoi derzhavnoi aharnoï akademii. №2. S.113–118.

17. Jeffrey A, Thompson L, Randall L. (1996) Association of specific leaf weight, an estimate of chlorophyll, and chlorophyll concentration with apparent photosynthesis in soybean. Photosynthesis Res. 49(49): 1–10.

18. Shen X., Jiang C., Zhang J. (2012) Correlation between spectrum reflectance and chlorophyll content of soybean leaves under different nitrogen level. Soybean Sci. Vol. 31(1), P. 73–80.

19. Zhang X, Huang G, Bian X, Zhao Q. (2013) Effects of root interaction and nitrogen fertilization on the chlorophyll content, root activity, photosynthetic characteristics of intercropped soybean and microbial quantity in the rhizosphere. Plant Soil Environ.: 59(2): 80–88.

PHOTOSYNTHETIC AND SEED PRODUCTIVITY OF SOYBEAN DEPENDS ON INOCULATION AND FERTILIZING IN THE CONDITIONS OF RIGHT-BANK FOREST STEPPE

V. A. Furman, O. V. Furman, I. V. Svystunova

Abstract. At the current stage of world agricultural production development, soy occupies the leading place among the most critical high-protein and oil crops. Ukraine is the leader in soybean production on the Eurasian continent, however, the biological yield potential of domestic soybean varieties is not yet sufficiently realized, and therefore there is a need to find ways to increase the productivity of soybean agro phytocoenoses. The basis of the creation of the dry weight of the soybean seed crop, like any agricultural crop, is photosynthesis. The intensity of which reflects plants' reaction to the conditions of growth and development, including the technological model of cultivation. Therefore, studying laws that determine the photosynthesis process productivity is an essential way of managing the level of crop productivity.

The purpose of the research carried out in 2013-2016 was to establish the influence of seed inoculation by microbial preparation of multifunctional action Phosphonitragin and rates and terms of mineral fertilizers application on photosynthetic and seed productivity formation. Visual, measuring-weighing, calculation, and statistical-mathematical methods of observation and research were used during the research.

*It was established that in the conditions of the Riht-Bank Forest-Steppe of Ukraine, seeds inoculation by preparation based on strains of nodule bacteria (*Br. japonicum*) and phosphorus-mobilizing microorganisms (*B. mucilaginosus*) and mineral fertilizers application have a positive effect on the formation and productivity of the photosynthetic apparatus. The maximum photosynthetic productivity and seed yield of soybean crops - at a level of 2.86-3.15 t/ha is provided by the technological model of cultivation, which involves the use of seed bacterization by complex preparation Phosphonitragin and introduction of $N_{30}P_{60}K_{60}$ as a basic fertilizer + N_{15} as a top dressing in the budding phase. Higher productivity is formed by the mid-ripening soybean variety Suzirya.*

Keywords: soybean, variety, bacterization, mineral fertilizer, nitrogen fertilizing, photosynthetic productivity, productivity