

УДК 633.34:631.5:631.8

Чинчик О. С.

доктор сільськогосподарських наук, професор,
завідувач кафедри землеробства, ґрунтознавства та захисту рослин,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Кам'янець-Подільський, Україна

E-mail: chinchik1978@gmail.com

ORCID: 0000-0003-0566-2516

Оліфірович С. Й.

аспірант,

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»,
науковий співробітник Буковинської державної сільськогосподарської дослідної станції,

Інститут сільського господарства Карпатського регіону

Національної академії аграрних наук України

Чернівці, Україна

ORCID: 0000-0002-3216-3547

ФОТОСИНТЕТИЧНА ПРОДУКТИВНІСТЬ ПОСІВІВ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ВПЛИВУ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ

Анотація

В умовах проведення досліджень найбільшу площу листової поверхні сформував сорт сої Аррата – 47,8 тисяч м²/га. Формування фотосинтетичного потенціалу та чистої продуктивності посівів сої більше залежало від сортових особливостей, ніж від інокуляції насіння та позакореневих підживлень. Максимальний показник фотосинтетичного потенціалу (3,592 млн м² дн./га) забезпечував посів сорту сої Аррата за проведення інокуляції насіння (Ризоактив + Мікофренд), двох позакореневих підживлень Фульвогуміном на тлі внесення мінеральних добрив у дозі N₃₀P₆₀K₆₀.

Ключові слова: соя, сорт, інокулянт, позакореневі підживлення, площа листової поверхні, фотосинтетичний потенціал, суха речовина.

Вступ. Невід'ємною умовою формування високої фотосинтетичної продуктивності й отримання високих урожаїв сої є наявність оптимальної площі листової поверхні [9]. Оптимальна площа листової поверхні, за якої формується найвища врожайність насіння сої, становить 40–50 тис. м²/га [5]. Максимального рівня площа листової поверхні (43,2 тис. м²/га) досягнула у фазу наливу бобів. Розрахунками доведено, що чиста продуктивність фотосинтезу найбільших значень досягала в міжфазний період від бутонізації до цвітіння [2]. Максимальну площу листової поверхні посіви сортів Романтика й Аннушка формували у фазу утворення бобів [8]. У сорту сої Святогор площа фотосинтетичної поверхні найбільших розмірів досягала у фазі наливу насіння [3]. Водночас у період початку генеративної фази росту, коли формуються боби та починає наливатися насіння, відбувається припинення вегетативного росту і, як наслідок, зменшення темпів наростання асимілюючої поверхні [6].

На рівень фотосинтетичної продуктивності сої впливають різні чинники. Так, погодні умови мали значний вплив на фотосинтетичну продуктивність сої, а саме була виявлена сильна пряма кореляція між кількістю опадів і продуктивність фотосинтезу рослин [25]. Розміриасиміляційної поверхні значною мірою варіювали за роками досліджень і визначались переважно умовами вологозабезпеченості [14]. Позакореневе підживлення посівів мікродобривами сприяло зростанню площі листової поверхні рослин сої [21; 23; 26]. Світловий режим у посівах сої є важливим чинником, який значно впливає на формування репродуктивних органів, а отже, і на продуктивність культури. Світловий режим у посівах сої найбільше залежить від норм висіву насіння, потім від тла живлення та сорту [11; 12].

За рівномірного розподілу культурних рослин площею листовий апарат отримує однаковий доступ до сонячного світла. Завдяки цьому поліпшуються фотосинтетична поверхня рослин і процес фотосинтезу [19]. Звуження ширини рядків на соєвих полях призводить до раннього змикання рядків, що може збільшити поглинання сонячного випромінювання (ФАР). Теоретично це має підвищити врожайність насіння. Отриманні у США дані свідчать про перевагу вузьких міжрядь в урожайності сої [24]. В умовах Західного Лісостепу України сонячну радіацію краще поглинають рядкові посіви сої [4]. В умовах лівобережної частини Лісостепу України найсприятливіші умови для формування максимальних показників фотосинтетичної та насінневої продуктивності складаються за сівби в ранній строк із передпосівною обробкою насіння мікродобривом Рексолін і позакореневим підживленням посівів упродовж вегетації Рексоліном і Брасітрелом [20; 22]. Проведення бактеризації посівного матеріалу забезпечує у фазі наливу бобів додатково 1,2–3,7 тис. м²/га приросту площі листової поверхні посівів

[15; 16]. Використання регуляторів росту рослин з антистресовою дією, фунгіцидів та інокулянту Ризоактив підвищувало ефективність фотосинтезу посівів сої [7; 10]. Установлено, що поєднання позакореневого підживлення мікродобривами із застосуванням регуляторів росту забезпечує формування максимальних показників ЧПФ [1; 18]. А інокуляція насіння та внесення мінеральних добрив підвищують фотосинтетичну продуктивність посівів сої та покращують умови для поглинання та використання фотосинтетичної активної радіації (далі – ФАР) посівами сої [13; 17].

Мета роботи – визначення фотосинтетичної продуктивності посівів сортів сої залежно від інокуляції насіння та позакорневих підживлень.

Виклад основного матеріалу дослідження. Визначення динаміки нагромадження сухої речовини проводили шляхом відбору з кожного варіанта досліді по 25 рослин у дворазовому повторенні із двох несуміжних повторень. Проби рослин зважували, подрібнювали та висушували за температури 105 °С до постійної ваги та перераховували на суху речовину.

Площу листової поверхні визначали методом «висічок»:

$$П = \frac{[Mnk]}{m},$$

де M – маса листя у пробі, г; n – площа однієї висічки, см²; k – кількість висічок, шт.; m – маса висічок, г.

Динаміку фотосинтетичного потенціалу розраховували за формулою:

$$\Phi П = \frac{[(L_1 + L_2) \times T]}{2},$$

де $L_1 + L_2$ – сума площі листків за періодами в тис. м²/га; T_1, T_2 – тривалість роботи листків, днів. Чисту продуктивність фотосинтезу розраховували за формулою: ЧПФ = В1 – В2/0,5 (Л1 + Л2) Т × 100, де В1 і В2 – вихід сухої речовини, т/га.

Технологія підготовки ґрунту, сівби та догляду за посівами, окрім чинників, поставлених на вивчення, була загальноприйнятою для зони Лісостепу.

Упродовж 2019–2022 рр. установлено, що всі сорти сої на ділянках без використання біопрепаратів і позакорневих підживлень формували максимальну площу листової поверхні у фазі «кінець цвітіння». У фазі наливу зерна починалося старіння листків сої, отже, деяке скорочення площі асиміляційного апарату. Тому ми звернули увагу на порівняння впливу біопрепаратів і позакорневих підживлень у досліді та формування максимальних показників величини асиміляційного апарату, які були визначені наприкінці цвітіння сої. Так, максимальна площа листової поверхні сої на контролі (сорт Самородок без використання інокулянтів і Фульвогуміну) становила 34,5 тис. м²/га. У сорту сої Рогізнянка на варіанті без інокуляції насіння та внесення Фульвогуміну площа листової поверхні наприкінці цвітіння становила 42,1 тис. м²/га, тобто була на 7,6 тис. м²/га більшою, ніж на контролі. Площа листової поверхні сорту сої Тріада у фазі цвітіння без інокуляції насіння та внесення Фульвогуміну становила 40,8 тис. м²/га і переважала сорт сої Самородок на аналогічному варіанті на 6,3 тис. м²/га. Меншу площу листової поверхні формували сорти Орфей і Еврідіка – 36,8 та 37,4 тис. м²/га. Але ці показники переважали сорт сої Самородок на 2,3 та 2,9 тис. м²/га. Найбільшу площу листової поверхні в досліді формували сорт сої Аратта – 42,7 тис. м²/га на варіанті без використання інокулянтів і Фульвогуміну. Цей показник перевищував контрольний варіант (сорт сої Самородок без використання інокулянтів і Фульвогуміну) на 8,2 тис. м²/га. Середньостиглі сорти сої Аврора й Азимут на варіанті без використання інокулянтів і Фульвогуміну формували площу листової поверхні 38,0–40,1 тис. м²/га, що переважало сорт сої Самородок на 3,5 і 5,6 тис. м²/га відповідно (табл. 1).

Таблиця 1. Динаміка площі листової поверхні рослин сортів сої залежно від удобрення, тис. м²/га (середнє за 2019–2022 рр.)

Сорт	Удобрення	Фенологічні фази			
		третій справжній листок	початок цвітіння	кінець цвітіння	налив зерна
1	2	3	4	5	6
Без обробки насіння					
Самородок (к.)	N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ (фон)	9,4	25,9	34,5	33,7
Рогізнянка		10,3	29,1	42,1	40,9
Тріада		10,1	27,8	40,8	39,6
Орфей		9,6	26,1	36,8	35,4
Еврідіка		9,8	26,9	37,4	36,2
Аратта		9,7	28,2	42,7	42,0
Азимут		9,8	28,5	40,1	39,5
Аврора		9,5	27,4	38,0	37,5

Закінчення таблиці 1

1	2	3	4	5	6
Самородок (к.)	Фон + Фульвогумін двічі позакоренево	9,1	26,2	35,9	35,0
Рогізнянка		10,6	29,8	44,0	42,8
Тріада		10,2	27,6	43,1	41,3
Орфей		9,5	27,0	38,2	37,1
Еврідіка		9,6	27,5	38,9	37,7
Аррата		9,9	28,6	46,2	44,2
Азимут		10,0	29,1	41,9	41,4
Аврора		9,1	28,0	39,8	39,2
Ризоактив + Мікофренд					
Самородок (к.)	Фон	9,2	25,7	35,6	34,2
Рогізнянка		9,7	30,6	43,9	43,7
Тріада		9,8	29,4	42,5	42,4
Орфей		9,5	26,8	38,9	36,9
Еврідіка		9,5	27,5	38,6	37,5
Аррата		9,8	29,6	42,8	42,0
Азимут		9,4	29,4	41,2	40,8
Аврора		9,3	28,5	39,5	38,4
Самородок (к.)	Фон + Фульвогумін двічі позакоренево	9,1	26,4	36,7	36,4
Рогізнянка		9,9	30,9	45,1	44,0
Тріада		9,6	30,1	44,2	43,1
Орфей		9,4	27,5	40,3	38,7
Еврідіка		9,9	28,4	40,6	39,2
Аррата		9,8	30,2	47,8	46,8
Азимут		9,3	29,9	43,5	43,1
Аврора		9,8	29,0	42,6	41,7

У разі внесення Фульвогуміну двічі позакоренево площа листкової поверхні в сорту сої Самородок підвищувалася до 35,9 тис. м²/га, або на 1,4 тис. м²/га порівняно з контрольним варіантом живлення. Інші сорти сої також відреагували збільшенням площі листової поверхні на внесення Фульвогуміну. Максимальний приріст зафіксовано на сортах Рогізнянка (1,9 тис. м²/га), Тріада (2,3 тис. м²/га) і Аррата (3,5 тис. м²/га).

На формування площі листкової поверхні посівів сої позитивно вплинула також інокуляції насіння Ризоактивом і Мікофрендом. Так, у сорту Самородок приріст площі листкової поверхні становив 1,1 тис. м²/га. Найкраще збільшенням площі асиміляційної поверхні на інокуляцію насіння відреагували сорти сої Рогізнянка (1,8 тис. м²/га) і Орфей (2,1 тис. м²/га).

Проте максимальний показник площі листкової поверхні досліджуваних сортів сої формувався за поєднання інокуляції насіння Ризоактивом і Мікофрендом на тлі проведення двох позакореневих підживлень посівів Фульвогуміном. Так, на цьому варіанті живлення максимальну площу листової поверхні формували сорти сої Тріада (44,2 тис. м²/га), Рогізнянка (45,1 тис. м²/га) і Аррата (47,8 тис. м²/га).

Отже, в умовах проведення досліджень найбільшу площу листкової поверхні сформував сорт сої Аррата. Підвищується площа асиміляційної поверхні сортів сої і за проведення інокуляції насіння та позакореневого внесення Фульвогуміну. На внесення Фульвогуміну найбільшим приростом асиміляційної поверхні реагували сорти Рогізнянка, Тріада й Аррата, на інокуляцію насіння – Рогізнянка й Орфей.

Для визначення впливу досліджуваних чинників (сорт, інокуляції насіння та позакореневих підживлень) на динаміку накопичення сухої речовини рослинами сої ми проаналізували дані, одержані в середньому за 2019–2022 рр. Нашими дослідженнями проводилися визначення накопичення сухої речовини в динаміці за фазами росту та розвитку сої, а саме: третій справжній листок – початок цвітіння – кінець цвітіння – налив зерна – початок дозрівання. Найважливішими показниками накопиченої сухої речовини були у фазі початку дозрівання культури. Так, на контролі (сорт сої Самородок на ділянках без використання інокулянтів і Фульвогуміну) формувалося 6,83 т/га сухої речовини (табл. 2).

Сорти сої Рогізнянка та Тріада на варіанті без використання інокулянтів і Фульвогуміну нагромаджували 9,49 і 9,37 т/га сухої речовини, що було більше за контроль на 2,66 та 2,54 т/га. Меншу кількість сухої речовини, порівняно із сортами сої Рогізнянка та Тріада, нагромаджували сорти Орфей і Еврідіка. Зокрема, на варіанті без обробки насіння та позакореневих підживлень сухої речовини накопичувалося 7,02 та 7,33 т/га, але це було на 0,15 і 0,50 т/га більше, порівняно із контролем. Сорт сої Азимут на ділянках без використання інокулянтів і Фульвогуміну накопичував 8,02 т/га сухої речовини, що на 1,19 т/га перевищувало контроль. Найбільшу кількість сухої речовини в умовах проведення досліджень на варіанті без використання інокулянтів і Фульвогуміну сформував сорт сої Аррата – 9,78 т/га. Це перевищувало показник контрольного варіанта на 2,95 т/га.

Таблиця 2. Динаміка накопичення сухої речовини посівами сої залежно від сорту та живлення, т/га (середнє за 2019–2022 рр.)

Сорт	Удобрення	Фенологічні фази				
		третій листок	початок цвітіння	кінець цвітіння	налив зерна	початок дозрівання
Без обробки насіння						
Самородок (к.)	N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ (фон)	0,33	2,85	4,43	6,11	6,83
Рогізнянка		0,36	3,75	5,97	8,51	9,49
Тріада		0,35	3,48	5,89	8,26	9,37
Орфей		0,34	2,85	4,62	6,19	7,02
Еврідіка		0,34	3,01	4,48	6,60	7,33
Аррата		0,35	3,74	6,12	8,79	9,78
Азимут		0,36	3,27	5,23	7,23	8,02
Аврора		0,35	3,18	4,59	6,92	7,63
Самородок (к.)	Фон + Фульвогумін двічі позакоренево	0,33	2,87	4,51	6,34	7,01
Рогізнянка		0,36	3,66	6,13	8,83	9,97
Тріада		0,35	3,44	6,02	8,71	9,81
Орфей		0,34	2,90	4,80	6,44	7,33
Еврідіка		0,34	3,02	4,83	6,68	7,63
Аррата		0,35	3,75	6,44	8,95	10,08
Азимут		0,36	3,26	5,48	7,44	8,39
Аврора		0,35	3,20	4,87	7,18	7,98
Ризоактив + Мікофренд						
Самородок (к.)	N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ (фон)	0,32	2,85	4,58	6,27	7,05
Рогізнянка		0,37	3,86	6,29	8,76	9,80
Тріада		0,35	3,59	6,08	8,60	9,74
Орфей		0,35	2,84	4,80	6,40	7,52
Еврідіка		0,33	3,13	4,86	6,72	7,59
Аррата		0,35	3,90	6,58	8,90	10,06
Азимут		0,36	3,44	5,47	7,48	8,41
Аврора		0,35	3,21	4,62	7,09	7,85
Самородок (к.)	Фон + Фульвогумін двічі позакоренево	0,33	2,93	4,68	6,57	7,35
Рогізнянка		0,37	3,86	6,39	9,02	10,28
Тріада		0,36	3,57	6,28	8,98	9,98
Орфей		0,35	2,87	5,02	6,60	7,76
Еврідіка		0,34	2,95	5,17	6,87	7,84
Аррата		0,35	3,98	6,71	9,36	10,39
Азимут		0,37	3,48	5,69	7,88	8,86
Аврора		0,35	3,28	5,02	7,42	8,07

Позакореневі підживлення Фульвогуміном також сприяли збільшенню нагромадження сухої речовини посівами досліджуваних сортів. Так, обприскування посівів сорту Самородок збільшило нагромадження сухої речовини до 7,01 т/га, або на 0,18 т/га. Максимальний приріст сухої речовини від використання Фульвогуміну зафіксовано на сортах Рогізнянка (0,48 т/га), Тріада (0,44 т/га) і Азимут (0,38 т/га). Інокуляція насіння Ризоактивом і Мікофрендом також збільшила нагромадження сухої речовини посівами сої. Так, у сорту Самородок приріст сухої речовини становив 0,16 т/га. Найкраще збільшенням виходу сухої речовини на інокуляцію насіння відреагували сорти сої Тріада (0,37 т/га), Азимут (0,39 т/га) і Орфей (0,50 т/га). Найбільше ж сухої речовини нагромаджували посіви сої за комплексного застосування інокулянтів і Фульвогуміну. Так, сорт сої Самородок на цьому варіанті живлення накопичував 7,05 т/га сухої речовини, що на 0,22 т/га перевищувало контрольний варіант живлення. Найвищий приріст сухої речовини від використання Ризоактиву, Мікофренду та Фульвогуміну забезпечили сорти сої Орфей (т/га 0,74), Рогізнянка (0,79 т/га) і Азимут (0,84 т/га).

Отже, інокулянти Ризоактив і Мікофренд, а також добриво для позакореневих підживлень Фульвогумін підвищували кількість накопичення сухої речовини посівами сої, а серед сортів, що досліджувалися, найвища кількість сухої речовини формувалася в сої сорту Аррата.

Фотосинтетичний потенціал посіву визначають за величиною площі листової поверхні на один гектар посіву окремо за кожний період вегетації. Посіви вважаються добрими, коли фотосинтетичний потенціал їх становить 2,2–3,0 млн м² · діб/га. За результатами проведених нами у 2019–2022 рр. досліджень було встановлено, що на контролі (сорт сої Самородок без використання інокулянтів і Фульвогуміну) фотосинтетичний потенціал становив 2,147 млн м² · діб/га. Розрахований показник ФПП у досліді для сої сорту Рогізнянка на цьому варіанті живлення становив 2,797 млн м² · діб/га. Визначений показник перевищував контроль на 0,650 млн м² · діб/га. Найвищими ж показники ФПП були встановлені нами в сортів сої Тріада й Аррата.

Так, у сорту сої Аррата фотосинтетичний потенціал становив 3,198 млн м²·діб/га, що було на 1,051 млн м²·діб/га більше за контрольний варіант.

Поєднання інокуляції насіння Ризоактивом і Мікофрендом із позакореневим підживленням посівів Фульвогуміном сприяло зростанню вказаного показника в сорту сої Аррата до 3,592 млн м²·діб/га. Визначений ФПП перевищував варіант без інокуляції та позакореневих підживлень сорту сої Аррата на 0,394 млн м²·діб/га, а варіант контролю – на 1,445 млн м²·діб/га. Високий показник фотосинтетичного потенціалу посіву в досліді виявлений у сої сорту Тріада, який становив 3,172 млн м²·діб/га на варіанті без інокуляції насіння та позакореневих підживлень. Цей показник відповідно переважав контроль на 1,025 млн м²·діб/га. Поєднання інокуляції насіння Ризоактивом і Мікофрендом із позакореневим підживленням посівів Фульвогуміном сприяло зростанню вказаного показника в сорту сої Тріада до 3,308 млн м²·діб/га. Отже, формування фотосинтетичного потенціалу посівів залежало більшою мірою від сортових особливостей сої, менше – від інокуляції насіння та позакореневих підживлень (табл. 3).

Таблиця 3. Фотосинтетичний потенціал посівів сої залежно від сорту та живлення, млн м²·діб/га (середнє за 2019–2022 рр.)

Сорт	Удобрення	Фенологічні фази			
		третій справжній листок – початок цвітіння	початок цвітіння – кінець цвітіння	кінець цвітіння – налив зерна	третій справжній листок – налив зерна
Без обробки насіння					
Самородок (к.)	N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ (фон)	0,441	0,785	0,921	2,147
Рогізнянка		0,650	1,068	1,079	2,797
Тріада		0,606	1,132	1,246	3,172
Орфей		0,518	0,881	1,047	2,446
Еврідика		0,551	0,900	1,067	2,518
Аррата		0,644	1,029	1,525	3,198
Азимут		0,575	1,029	1,274	2,878
Аврора		0,572	0,948	1,284	2,804
Самородок (к.)	Фон + Фульвогумін двічі позакоренево	0,441	0,807	0,957	2,205
Рогізнянка		0,667	1,144	1,172	2,983
Тріада		0,605	1,167	1,350	3,122
Орфей		0,529	0,913	1,130	2,572
Еврідика		0,557	0,930	1,149	2,636
Аррата		0,655	1,122	1,356	3,133
Азимут		0,587	1,101	1,333	3,021
Аврора		0,576	1,017	1,343	2,936
Ризоактив + Мікофренд					
Самородок (к.)	N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ (фон)	0,436	0,828	0,942	2,206
Рогізнянка		0,685	1,118	1,183	2,986
Тріада		0,647	1,222	1,316	3,185
Орфей		0,526	0,953	1,137	2,616
Еврідика		0,555	0,958	1,142	2,655
Аррата		0,690	1,086	1,526	3,302
Азимут		0,601	1,094	1,296	2,991
Аврора		0,605	1,020	1,324	2,949
Самородок (к.)	Фон + Фульвогумін двічі позакоренево	0,444	0,852	1,023	2,319
Рогізнянка		0,694	1,140	1,203	3,037
Тріада		0,655	1,300	1,353	3,308
Орфей		0,535	0,983	1,225	2,734
Еврідика		0,575	1,001	1,197	2,773
Аррата		0,680	1,209	1,703	3,592
Азимут		0,608	1,138	1,429	3,175
Аврора		0,621	1,110	1,433	3,164

Що стосується поліпшення живлення рослин сої, то тут кращі показники фотосинтетичного потенціалу посівів забезпечувало поєднання обробки насіння (Ризоактив + Мікофренд) і проведення двох позакореневих підживлень Фульвогуміном. На цьому варіанті живлення особливо виділилися сорти сої Тріада й Аррата.

Якщо поєднати визначення динаміки площі листової поверхні з ходом наростання сухої речовини біологічного врожаю, то можна визначити чисту продуктивність фотосинтезу посівів сої. Нашими дослідженнями встановлено, що чиста продуктивність фотосинтезу зростала від формування третього справжнього листка до початку цвітіння, досягала максимуму в цей період (табл. 4).

Таблиця 4. Чиста продуктивність фотосинтезу посівів сої залежно від сорту та живлення, т/га (середнє за 2019–2022 рр.)

Сорт	Підживлення	Фенологічні фази					
		третій справжній листок – початок цвітіння		початок цвітіння – кінець цвітіння		кінець цвітіння – налив зерна	
		без інокуляції	з інокуляцією	без інокуляції	з інокуляцією	без інокуляції	з інокуляцією
Самородок (к.)	N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ (фон)	5,7	5,8	2,0	2,1	1,8	1,8
Рогізнянка		5,2	5,1	2,1	2,2	2,4	2,2
Тріада		5,2	5,0	2,1	2,0	1,9	2,5
Орфей		4,8	4,7	2,0	2,1	1,5	1,4
Еврідика		4,8	5,0	1,6	1,8	2,0	1,9
Аррата		5,3	5,1	2,3	2,5	1,8	1,5
Азимут		5,1	5,1	1,9	1,9	1,6	2,0
Аврора		4,9	4,7	1,5	1,4	1,8	1,9
Самородок (к.)		Фон + Фульвогумін двічі позакоренево	5,8	5,9	2,0	2,1	1,9
Рогізнянка	4,9		5,0	2,5	2,2	2,3	1,4
Тріада	5,1		4,9	2,2	2,1	2,0	2,1
Орфей	4,8		4,7	2,1	2,2	1,5	1,3
Еврідика	4,8		4,5	1,9	2,2	1,6	1,7
Аррата	5,2		5,3	2,4	2,3	1,9	1,6
Азимут	4,9		5,1	2,0	2,4	1,5	1,9
Аврора	4,9		4,7	1,6	1,6	1,7	1,7

Потім, у фазах «початок цвітіння – кінець цвітіння» та «кінець цвітіння – налив зерна» – знижувалася. Так, за період від утворення третього трійчастого листка до початку цвітіння сої чиста продуктивність фотосинтезу на посіві сої сорту Самородок без використання інокулянтів і Фульвогуміну (контроль) становила 5,7 г/м² на добу; у фазі «початок цвітіння – кінець цвітіння» – знижується до 2,0 г/м² на добу та до 1,8 г/м² на добу в період «кінець цвітіння – налив зерна».

У сорту сої Рогізнянка на варіанті без використання інокулянтів і Фульвогуміну чиста продуктивність фотосинтезу у визначені періоди росту та розвитку становила відповідно по 5,2; 2,1 та 2,4 г/м² на добу.

Загалом найвищими показниками чистої продуктивності фотосинтезу в досліді на варіанті без використання інокулянтів і Фульвогуміну у фазі «третій справжній листок – початок цвітіння» характеризувалися сорти сої Самородок, Аррата, Рогізнянка та Тріада.

Висновки. Отже, в умовах проведення досліджень найбільшу площу листової поверхні сформував сорт сої Аррата – 47,8 тис. м²/га. На внесення Фульвогуміну найбільшим приростом асиміляційної поверхні реагували сорти Рогізнянка, Тріада й Аррата, інокуляцію насіння – Рогізнянка й Орфей. Формування фотосинтетичного потенціалу посівів сої більше залежало від сортових особливостей, ніж від інокуляції насіння та позакореневих підживлень. Максимальний показник фотосинтетичного потенціалу (3,592 млн м² дн./га) забезпечував посів сорту сої Аррата за проведення інокуляції насіння (Ризоактив + Мікофренд), двох позакореневих підживлень Фульвогуміном на тлі внесення мінеральних добрив у дозі N₃₀P₆₀K₆₀.

Дослідними посівами сої продукувалася суха речовина на досить високому рівні. Інокулянти Ризоактив і Мікофренд, а також добриво для позакореневих підживлень Фульвогумін підвищували кількість накопичення сухої речовини посівами сої, а серед сортів, що досліджувалися, найвища кількість сухої речовини формувалася в сої сорту Аррата – 10,39 т/га.

Список використаних джерел

1. Байда М.П. Ефективність фотосинтезу сої залежно від впливу елементів технології вирощування. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2021. Вип. 29. С. 129–138. DOI: 10.47414/np.29.2021.249939.
2. Вожегова Р.А., Мельник М.А. Особливості накопичення сирої маси та сухої речовини, фотосинтетична діяльність сої при вирощуванні в умовах Півдня України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2014. Вип. 4 (81). С. 114–121.
3. Вплив густоти рослин і доз добрив на фотосинтетичну діяльність і врожайність сої середньостиглого сорту Святогор в умовах зрошення / Р.А. Вожегова та ін. *Вісник аграрної науки*. 2020. Вип. 4. С. 62–68. DOI: 10.31073/agrovisnyk202004-09.
4. Бахмат О.М. Використання фотосинтетично активної радіації та формування врожайності сортами сої залежно від способу сівби та удобрення в умовах Західного Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*. 2008. Вип. 63. С. 118–123.
5. Вплив підживлення на динаміку формування площі листової поверхні посівів сої / О.В. Джемесюк та ін. *Вісник Житомирського національного агроекологічного університету*. 2015. № 2 (50). Т. 1. С. 207–212.
6. Заболотний Г.М., Циганська О.І. Роль мінерального живлення у формуванні фотосинтетичного потенціалу сої в умовах Лісостепу правобережного. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2015. Т. 58. № 2. С. 56–62.
7. Вплив обробки регуляторів росту з антистрессовою дією на фотосинтетичну та симбіотичну активність рослин сої в умовах Лівобережного Лісостепу України / А.В. Мельник та ін. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2018. № 9 (36). С. 64–68.

8. Міхєєв В.Г. Фотосинтетична продуктивність сої залежно від способів сівби в східній частині Лівобережного Лісостепу України. *Вісник Центру наукового забезпечення агропромислового виробництва Харківської області*. 2014. Вип. 16. С. 138–144. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vcnzapv_2014_16_20.
9. Динаміка наростання площі листової поверхні рослин сої залежно від норм висіву і способів сівби / О.О. Міхєєва та ін. *Біоресурси і природокористування*. 2019. Т. 11. № № 1–2. С. 77–88. DOI: 10.31548/bio2019.01.009.
10. Мостов'як І.І., Кравченко О.В. Формування фотосинтетичної продуктивності посівів сої за використання різних видів фунгіцидів та інокулянту у Правобережному Лісостепу України. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2018. Вип. 2. С. 21–24.
11. Негіс В.І. Світловий режим у посівах сої залежно від технологічних заходів вирощування. *Підвищення ефективності функціонування сільського господарства в умовах зміни клімату* : збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 9 грудня 2016 р. Херсон : ІЗЗ НААН, 2016. С. 115–116.
12. Негіс В.І., Онуфран Л.І. Світловий режим посівів сої та його залежність від технологічних заходів вирощування. *Таврійський науковий вісник*. 2017. Вип. 98. С. 102–107.
13. Онуфран Л.І., Негіс В.І. Поглинання та використання сонячної енергії посівами сої за різних умов вирощування. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2017. Вип. 2 (94). С. 107–115.
14. Фурман О.В. Динаміка формування площі листової поверхні сої під впливом технологічних факторів вирощування. *Корми і кормовиробництво*. 2018. Вип. 86. С. 101–106.
15. Furman O.V. Formation of soybean leaf surface area under the influence of inoculation and level of fertilizing. *Збірник наукових праць Національного наукового центру «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України»*. Київ, 2019. Вип. 1–2. С. 71–80.
16. Фурман О.В. Особливості формування площі листової поверхні сої під впливом технологічних заходів вирощування. *Аграрна освіта і наука: досягнення та перспективи розвитку* : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, м. Біла Церква, 26–27 березня 2020 р. Біла Церква : БНАУ, 2020. С. 113–115.
17. Фурман О.В. Формування фотосинтетичної та насінневої продуктивності сої під впливом інокуляції та мінеральних добрив в умовах Лісостепу правобережного України. *Colloquium-journal*. Warszawa, 2021. № 16 (103). Ч. 2. С. 30–33.
18. Чинчик О.С. Фотосинтетична діяльність та урожайність сортів сої залежно від удобрення. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. Умань, 2017. Вип. 90. Ч. 1 : с.-г. науки. С. 246–255.
19. Шашков Є.О., Танчик С.П. Урожайність сої залежно від сорту та геометричного розміщення рослин у Правобережному Лісостепу України. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2018. № 286. С. 100–106.
20. Шовкова О.В. Фотосинтетична продуктивність посівів сої залежно від строків сівби та способів застосування мікродобрив. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2014. № 2. С. 156–161.
21. Шовкова О.В. Формування площі листової поверхні сої залежно від строків сівби та способів застосування мікродобрив. *Матеріали Науково-практичної конференції професорсько-викладацького складу Полтавського державного аграрного університету*. Полтава, 2014. Ч. 2. С. 78–80.
22. Шовкова О.В. Вплив елементів технології вирощування на фотосинтетичну та насінневу продуктивність посівів сої. *Вісник Житомирського національного агроекологічного університету*. Житомир, 2015. № 2 (50). Т. 1. С. 465–471.
23. Шовкова О.В. Динаміка наростання площі листової поверхні сої залежно від прийомів вирощування. *Сучасні тенденції виробництва та переробки продукції рослинництва* : матеріали IV Науково-практичної інтернет-конференції, 20–21 квітня 2016 р. Полтава, 2016. С. 216–219.
24. Assessing the influence of row spacing on soybean yield using experimental and producer survey data / J.F. Andrade et al. *Field Crops Res.* 2019. № 230. P. 98–106. DOI: 10.1016/j.fcr.2018.10.014.
25. The effects of seeding rate and row spacing on the photosynthetic activity of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) / O. Mikheeva et al. *Applied Ecology and Environmental Research*. 2021. P. 4169–4184. DOI: 10.15666/aecr/1905_41694184.
26. Influence of foliar top-dressing on the yield of soybean varieties / O. Milenko et al. *Scientific Horizons*. 2022. № 25 (4). P. 61–66. DOI: 10.48077/scihor.25(4).2022.61-66.

Chynchyk O. S.

*Doctor in Agriculture, Professor, Head at the Department of Agriculture, Soil Science and Plant Protection,
Higher Educational Institution "Podillia State University"
Kamianets-Podilskiy, Ukraine
E-mail: chinchik1978@gmail.com
ORCID: 0000-0003-0566-2516*

Olifirovych S. J.

*PhD student,
Higher Educational Institution "Podillia State University",
Researcher,
Bukovyna State Agricultural Experimental Station of Institute
of Agriculture of Carpathian region of National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine
ORCID: 0000-0002-3216-3547*

**PHOTOSYNTHETIC PRODUCTIVITY OF SOY CROPS DEPENDING
ON THE INFLUENCE OF CULTIVATION TECHNOLOGY ELEMENTS**

Abstract

It is known that the level of photosynthetic productivity of soybean is affected by various factors: weather conditions, varietal characteristics, plant nutrition level.

The aim of the paper was to determine the photosynthetic productivity of soybean crops depending on seed inoculation and foliar fertilization.

Research methods. The area of the leaf surface was determined by the “cut-outs” method; the dynamics of accumulation of dry matter – by the thermostatic weight method; photosynthetic potential and net productivity of photosynthesis – by calculation method.

The main results of the study. Under the conditions of research, the area of the assimilation surface of soybean varieties and the level of accumulation of dry matter increase during seed inoculation (Rizoactiv + Mycofriend) and foliar application of Fulvohumin. Varieties Rogiznyanka, Triada and Arrata responded to the introduction of Fulvohumin with the largest increase in the assimilation surface, and Rogiznyanka and Orpheus responded to seed inoculation. And the highest amount of dry matter was formed in Arrata soybeans. The formation of the photosynthetic potential of soybean crops and the net productivity of photosynthesis depended to a great extent on soybean varietal characteristics, and to a lesser extent on seed inoculation and foliar topdressing.

Conclusions. Under the conditions of the research, the Arrata soybean variety formed the largest leaf surface area – 47,8 thousand m²/ha. The formation of photosynthetic potential and net productivity of soybean crops depended more on varietal characteristics than on seed inoculation and foliar topdressing. At the same time, the maximum indicator of photosynthetic potential (3,592 million m² days/ha) was ensured by sowing the Arrata soybean variety for seed inoculation (Rhizoactiv + Mycofriend), two foliar topdressings with Fulvohumin against the background of applying mineral fertilizers at a dose of N₃₀P₆₀K₆₀.

Key words: soybean, cultivar, inoculant, foliar fertilization, leaf surface area, photosynthetic potential, dry matter.

References

1. Baida, M.P. (2021). Efektyvnist fotosyntezy soi zalezno vid vplyvu elementiv tekhnolohii vyroshchuvannya [The efficiency of soybean photosynthesis depends on the influence of elements of growing technology]. *Naukovi pratsi Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovkykh buriakiv*, Issue 29, 129–138. DOI: 10.47414/np.29.2021.249939 [in Ukrainian].
2. Vozhehova, R.A., Melnyk, M.A. (2014). Osoblyvosti nakopychennia syroi masy ta Sukhoi rechovyny, fotosyntetychna diialnist soi pry vyroshchuvanni v umovakh Pivdnia Ukrainy [Peculiarities of the accumulation of raw mass and dry matter, photosynthetic activity of soybeans when grown in the conditions of Southern Ukraine.]. *Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomoria*, Issue 4(81), 114–121 [in Ukrainian].
3. Vozhehova, R.A., Borovyk, V.O., Marchenko, T.Yu., Rubtsov, D.K. (2020). Vplyv hustoty Roslyn i doz dobryv na fotosyntetychnu diialnist i urozhainist soi seredniostyhloho sortu Sviatohor v umovakh zroshennia [The effect of plant density and fertilizer doses on photosynthetic activity and productivity of medium-ripening soybean variety Svyatogor under irrigation conditions]. *Visnyk ahrarnoi nauky*, Issue 4, 62–68. DOI: 10.31073/agrovisnyk202004-09.
4. Bakhmat, O.M. (2008). Vykorystannia fotosyntetychno aktyvnoi radiatsii ta formuvannia urozhainosti sortamy soi zalezno vid sposobiv syby ta udobrennia v umovakh Lisostepu Ukrainy [The use of photosynthetically active radiation and the formation of productivity by soybean varieties depending on the method of sowing and fertilization in the conditions of the western forest-steppe of Ukraine]. *Kormy i kormovyrobnytstvo*, Issue 63, 118–123 [in Ukrainian].
5. Dzhesiuk, O.V., Novytska, N.V., Svystunova, I.V. (2015). Vplyv pidzhyvlennia na dynamiku formuvannia ploshchi lystkovoї poverkhni posiviv soi [The influence of fertilization on the dynamics of the formation of the leaf surface area of soybean crops]. *Visnyk Zhytomirskoho natsionalnoho universytetu*, № 2 (50), Vol. 1, 207–212 [in Ukrainian].
6. Zabolotnyi, H.M., Tsyhanska, O.I. (2015). Rol mineralnoho zhyvlennia u formuvanni fotosyntetychnoho potentsialu soi v umovakh Lisostepu pravoberezhnoho [The role of mineral nutrition in the formation of the photosynthetic potential of soybeans in the conditions of the right-bank forest-steppe]. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo*, Vol. 58, № 2, 56–62 [in Ukrainian].
7. Melnyk, A.V., Romanko, Yu.O., Romanko, A.Yu., Bilokin, V.O., Kubrak, T.M. (2018). Vplyv obrobky rehulatoriv rostu z antystresovoiu diieiu na fotosyntetychnu ta symbiotychnu aktyvnist Roslyn soi v umovakh Livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [The effect of treatment of growth regulators with anti-stress effect on the photosynthetic and symbiotic activity of soybean plants in the conditions of the Left Bank Forest Steppe of Ukraine.]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu*, № 9 (36), 64–68 [in Ukrainian].
8. Miheev, V.H. (2014). Fotosyntetychna produktyvnist soi zalezno vid sposobiv syby v shidnii chastyni Livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Photosynthetic productivity of soybean depending on sowing methods in the eastern part of the Left Bank Forest Steppe of Ukraine]. *Visnyk Tsentru naukovoho zabezpechennia APV Kharkivskoi oblasti*, Issue 16, 138–144. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Venzapv_2014_16_20 [in Ukrainian].
9. Miheeva, O.O., Rozhkov, A.O., Miheev, V.H. (2019). Dynamika narostannia ploshchi lystkovoї poverkhni Roslyn soi zalezno vid norm vysivu i sposobiv syby [The dynamics of the growth of the leaf surface area of soybean plants depending on the sowing rates and sowing methods]. *Bioresursy i pryrodokorystuvannia*. Vol. 11, № № 1–2, 77–88. DOI: 10.31548/bio2019.01.009 [in Ukrainian].
10. Mostoviak, I.I., Kravchenko, O.V. (2018). Formuvannia fotosyntetychnoi produktyvnosti posiviv soi za vykorystannia riznykh vydiv funhitsydiv ta inokulianta u Pravoberezhnomu Lisostepu Ukrainy [Formation of photosynthetic productivity of soybean crops using different types of fungicides and inoculants in the Right Bank Forest Steppe of Ukraine]. *Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*, Issue. 2, 21–24 [in Ukrainian].
11. Netis, V.I. (2016). Svitlovyi rezhym v posivakh soi zalezno vid tekhnolohichnykh zakhodiv vyroshchuvannia. Pidvyshchennia efektyvnosti funktsionuvannia silskoho hospodarstva v umovakh zminy klimatu [The light regime in soybean crops depends on the technological measures of cultivation. Increasing the efficiency of agriculture in the conditions of climate change]. *Zbirnyk materialiv Mizhnarodnoi naukovopraktychnoi internet-konferentsii, 9 December 2016*. Kherson : IZZ NAAN. 115–116 [in Ukrainian].
12. Netis, V.I., Onufrin, L.I. (2017). Svitlovyi rezhym posiviv soi ta yoho zalezhnist vid tekhnolohichnykh zakhodiv vyroshchuvannia [The light regime of soybean crops and its dependence on technological measures of cultivation]. *Tavriskyi naukovi visnyk*, Issue 98, 102–107 [in Ukrainian].
13. Onufrin, L.I., Netis, V.I. (2017). Pohlynnannia ta vykorystannia soniachnoi enerhii posivamy soi za riznykh umov vyroshchuvannia [Absorption and use of solar energy by soybean crops under different growing conditions]. *Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomoria*, Issue 2 (94), 107–115 [in Ukrainian].

14. Furman, O.V. (2018). Dynamika formuvannia ploshchi lystkovoï poverkhni soi pid vplyvom tekhnolohichnykh faktoriv vyroshchuvannia [The dynamics of formation of soybean leaf surface area under the influence of technological factors of cultivation]. *Kormy i kormovyrobnytstvo*, Issue. 86, 101–106 [in Ukrainian].
15. Furman, O.V. (2019). Formation of soybean leaf surface area under the influence of inoculation and level of fertilizing. *Zbirnyk naukovykh prats NNTs "Instytut zemlerobstva NAAN"*. Kyiv, Issue 1–2, 71–80 [in Ukrainian].
16. Furman, O.V. (2020). Osoblyvosti formuvannia ploshchi lystkovoï poverkhni soi pid vplyvom tekhnolohichnykh faktoriv vyroshchuvannia [Peculiarities of formation of soybean leaf surface area under the influence of technological measures of cultivation]. *Ahrarna osvita i nauka: dosihnennia ta perspektyvy rozvytku*. Bila Tserkva : BNAU, 113–115 [in Ukrainian].
17. Furman, O.V. (2021). Formuvannia fotosyntetychnoi ta nasinnevoi produktyvnosti soi pid vplyvom inokulatsii ta mineralnykh dobryv v umovakh Lisostepu pravoberezhnoho Ukrainy [The formation of photosynthetic and seed productivity of soybean under the influence of inoculation and mineral fertilizers in the conditions of the forest-steppe of the right bank of Ukraine]. *Colloquium-journal*. Warszawa. № 16 (103). Part 2. 30–33 [in Ukrainian].
18. Chynchyk, O.S. (2017). Fotosyntetychna diialnist ta urozhainist sortiv soi zalezno vid udobrennia [Photosynthetic activity and productivity of soybean varieties depending on fertilizer]. *Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*, Issue 90, Part 1, 246–255 [in Ukrainian].
19. Shashkov, E.O., Tanchyk, S.P. (2018). Urozhainist soi zalezno vid sortu ta heometrychnoho rozmishchennia roslyn u Pravoberezhnomu Lisostepu Ukrainy [Soybean yield depending on the variety and geometric placement of plants in the Right Bank Forest Steppe of Ukraine]. *Roslynnytstvo ta hruntoznnavstvo*, № 286, 100–106 [in Ukrainian].
20. Shovkova, O.V. (2014). Fotosyntetychna produktyvnist posiviv soi zalezno vid strokiv sivby ta sposobiv zastosuvannia mikrodobryv [Photosynthetic productivity of soybean crops depending on sowing dates and microfertilizer application methods]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*. № 2, 156–161 [in Ukrainian].
21. Shovkova, O.V. (2014). Formuvannia ploshchi lystkovoï poverkhni soi zalezno vid strokiv ta sposobiv zastosuvannia mikrodobryv [Formation of soybean leaf surface area depending on the timing of sowing and methods of applying microfertilizers]. *Materialy nauково-praktychnoi konferentsii profesorsko-vykladatskoho skladu PDAA*. Poltava. Part 2, 78–80 [in Ukrainian].
22. Shovkova, O.V. (2015). Vplyv elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia na fotosyntetychnu ta nasinnevu produktyvnist [Influx of elements of technology to grow on photosynthetic and nascent productivity of soy crops]. *Visnyk Zhytomyrskoho natsionalnoho ahroekolohichnoho universytetu*. Zhytomyr. № 2 (50), Vol. 1, 465–471 [in Ukrainian].
23. Shovkova, O.V. (2016). Dynamika narostannia ploshchi lystkovoï poverkhni soi zalezno vid pryiomiv vyroshchuvannia [Dynamics of the growing area of the leafy surface of the fallow land in the form of cultivation]. *Suchasni tendentsii vyrobnytstva ta pererobky produktsii iroslynnytstva : materialy IV Naukovo-praktychnoi internet-konferentsii*, 20–21 April 2016. Poltava, 216–219 [in Ukrainian].
24. Andrade, J.F., Rattalino-Edreira, J.I., Mourtzinis, S., Conley, S.P., Ciampitti, I.A., Dunphyetal, J.E. (2019). Assessing the influence of row spacing on soybean yield using experimental and producer survey data. *Field Crops Res.* 230, 98–106. DOI: 10.1016/j.fcr.2018.10.014.
25. Mikheeva, O., Klymenko, I., Mikheev, V., Golovan, L., Dychenko, O., Stankevych, S., Chechui, H., Laslo, O., Chupryn, Y., Nahorna, S. (2021). The effects of seeding rate and row spacing on the photosynthetic activity of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). *Applied Ecology and Environmental Research*, 4169–4184. DOI: 10.15666/aecer/1905_41694184.
26. Milenko, O., Shevnikov, M., Solomon, Yu., Rybalchenko, A., & Shokalo, N. (2022). Influence of foliar top-dressing on the yield of soybean varieties. *Scientific Horizons*, 25 (4), 61–66. DOI: 10.48077/scihor.25(4).2022.61-66.