

УДК 633.34; 632.952; 631.147

Вплив фунгіцидного захисту на формування фотосинтетичних показників посівів соїМостипан О.В. , Грабовський М.Б. *Білоцерківський національний аграрний університет*

Мостипан О.В., Грабовський М.Б. Вплив фунгіцидного захисту на формування фотосинтетичних показників посівів сої. «Агробіологія», 2023. № 2. С. 50–59.

Mostypan O., Grabovskiy M. The influence of fungicidal protection on the formation of photosynthetic parameters of soybean crops. «Agrobiologia», 2023. no. 2, pp. 50–59.

Рукопис отримано: 02.10.2023 р.

Прийнято: 17.10.2023 р.

Затверджено до друку: 23.11.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2023-183-2-50-59

Метою досліджень було виявлення впливу фунгіцидного захисту на формування площі листкової поверхні та фотосинтетичних показників посівів сої. Дослідження проводили у 2021–2023 рр. в умовах ТОВ «Саварське» Обухівського району Київської області. Схема досліду: Чинник А. Сорти. Амадеа, Ауреліна. Чинник Б. Фунгіциди. Контроль (обробка насіння та рослин водою), Максим Адванс 195 FS, ТН (1,25 л/т) (обробка насіння перед сівбою), Вайбранс RFC, т. н. (1 л/т) (обробка насіння перед сівбою), Селест топ 312.5 FS, ТН (1 л/т) (обробка насіння перед сівбою), Стандак Топ (2 л/т) (обробка насіння перед сівбою), Абакус (2 л/га) (у період вегетації), Максим Адванс 195 FS, ТН (1,25 л/т) + Абакус (2 л/га), Вайбранс RFC, т. н. (1 л/т) + Абакус (2 л/га), Селест топ 312.5 FS, ТН (1 л/т) + Абакус (2 л/га), Стандак Топ (2 л/т) + Абакус (2 л/га). Максимальні показники площі листкової поверхні рослин сої у сортів Ауреліна і Амадеа отримано у фазу наливу зерна – 44,85 і 45,91 тис. м²/га. Найменшою асиміляційна поверхня посівів була у фазу бутонізації – 15,10 і 15,07 тис. м²/га. Під впливом фунгіцидного захисту, площа листкової поверхні у сортів Амадеа і Ауреліна у фазу цвітіння зростала на 0,90 і 0,94 тис. м²/га, у фазу наливу зерна – на 3,11 і 3,46 тис. м²/га, порівняно з контрольними варіантами. Найбільший приріст площі листкової поверхні відмічено за комбінованого застосування фунгіцидів Стандак Топ (2 л/т) – для передпосівної обробки насіння і Абакус (2 л/га) – впродовж вегетації. За результатами дисперсійного аналізу найбільший вплив на формування площі листкової поверхні рослин сої мали сортові особливості (37,7 %) й фунгіцидний захист (35,4 %), а взаємодія цих чинників становила 12,3 %.

Найвищий фотосинтетичний потенціал у сортів Амадеа і Ауреліна був на варіантах застосування фунгіцидів Стандак Топ (2 л/т) + Абакус (2 л/га) – 3,09 і 3,16 млн м² × днів/га, Селест топ (1 л/т) + Абакус (2 л/га) – 3,08 і 3,14 млн м² × днів/га і Вайбранс (1 л/т) + Абакус (2 л/га) – 3,06 і 3,13 млн м² × днів/га. Максимальні значення чистої продуктивності фотосинтезу у сортів Амадеа і Ауреліна отримано у фазу бутонізації – 3,88–4,16 і 3,89–4,27 г/м² × добу. Застосування фунгіцидного захисту забезпечувало приріст цього показника на 0,07–0,28 і 0,06–0,38 г/м² × добу, порівняно з контрольними варіантами. Залежно від періодів обліків, сорт Ауреліна за площею листкової поверхні переважав сорт Амадеа на 1,6–3,8 %, за фотосинтетичним потенціалом – на 1,2–2,5 % і чистою продуктивністю фотосинтезу – на 0,8–1,7 %.

Ключові слова: соя, сорти, фунгіциди, захист посівів, площа листкової поверхні, фотосинтетичний потенціал, чиста продуктивність фотосинтезу.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Соя (*Glycine max (L.)*) є однією з найбільш рентабельних культур й за обсягами виробництва вона займає четверте місце у світі після кукурудзи, пшениці й рису. За останні 50 років її посіви у світі збільшилися з 23,8 до 102,4 млн га, урожайність – з 1,68 до 2,55 т/га, виробництво – з 26,9 до 263 млн т, або в 9,8 разів, за зростання кількості населення Землі у 2,2 рази. За результатами 2019 року, Україна посіла 9 місце серед країн-виробників сої у світі з показником валового збору в 3,7 млн т [1]. Під впливом несприятливих агрометеорологічних умов у період вегетації відмічають щорічний недобір врожаю цієї культури. Негативний вплив на врожайність сої мають також інші чинники, зокрема хвороби сої [2]. Останні завдають значних втрат: знижують енергію проростання насіння та його схожість, зріджують посіви, ослаблюють рослини, зменшують фотосинтетичну поверхню й продуктивність культурних рослин, погіршують якісні показники врожаю [3].

Для контролювання чисельності фітопатогенних грибів використовують фунгіциди. Фаза розвитку культури, в якій застосовують фунгіцид, значною мірою впливає на його ефективність і здатність пригнічувати хвороби та пов'язану з цим втрату врожаю. Крім того, зниження ефективності фунгіцидів через низку чинників, таких як несприятливі умови навколишнього середовища та застосування фунгіцидів на сортах сої, стійких до хвороб, може призвести до позитивного зв'язку між використанням фунгіцидів і втратами врожаю [4, 5].

Незважаючи на те, що використання фунгіцидів є загальноприйнятною практикою захисту від хвороб сої в усьому світі, наразі немає чіткого розуміння правильного періоду їх застосування [6]. У багатьох країнах-виробниках сої застосування фунгіцидів для контролювання хвороб базується на різних критеріях, найбільш поширеним є їх застосування відповідно до фіксованої стадії росту культури, здебільшого, між R3 і R5 [7]. Цей критерій, заснований на фенології, був широко прийнятий через простоту впровадження, оскільки не потребує виявлення захворювань або їх діагностики [8].

Для одержання максимального урожаю сої вирішальне значення має оптимальний розмір листової поверхні. Соя формує листовий апарат у доволі широкому діапазоні – від 20 до 70 тис. м²/га, залежно від умов вирощування. Більшість сортів сої можуть формувати листову поверхню в межах 2500–3000 см²/рослину [9]. Оптимальною площею листової поверхні, за якої формується висока врожайність насіння сої,

вважається показник в межах 40–50 тис. м²/га [10]. Якщо площа листової поверхні менша або більша, структура посіву є не оптимальною для використання фотосинтетично активної радіації (ФАР). За меншої площі неефективно засвоюється ФАР, а за більшої значна частина листків нижнього ярусу обпадає, а решта функціонує неефективно [11]. Фотосинтетична продуктивність посівів залежить не лише від величини сформованого листового апарату, а також від вмісту в ньому хлорофілів, які беруть безпосередню участь у процесі фотосинтезу [12, 13]. Зокрема, згідно з даними А.О. Бабич та ін. [14], фунгіциди та інокулянти сприяють позитивному впливу на формування вмісту хлорофілів а і b у листках рослин сої.

Фотосинтетична продуктивність посівів залежить також від формування пігментного комплексу та низки агротехнічних чинників, зокрема від системи удобрення, а також системи захисту рослин від хвороб [15]. Регулювання площі листового апарату рослин може бути досягнуто створенням оптимальної структури посівів. Водночас фотосинтетичний апарат рослин досить чутливий до дії різних чинників, тому сумісне застосування хімічних і біологічних препаратів може мати істотний вплив на формування його розмірів [16, 17].

Чотирирічні результати досліджень, отримані в умовах Центрального Лісостепу України показали, що площа листків рослин сої, темпи їх росту і розвитку до максимального рівня значною мірою залежали від строків сівби та системи захисту сої від хвороб. Передпосівна обробка насіння протруйником Вітавакс 200 фф + Ризоторфін сприяла зростанню листової поверхні на 11,7 % для посівів першого строку, на 7,1 – для другого і 3,6 % – для третього. Поєднання післясходового обприскування посівів сої у фазах третього трійчастого листка та бутонізації на фоні передпосівного протруєння забезпечили максимальне зростання площі асиміляційної поверхні. Порівняно з ділянками контрольного варіанта приріст для трьох строків становив 18,6; 20,7 і 13,3 %, відповідно [18].

В умовах Лісостепу України застосування фунгіцидів Аканто плюс 28 КС (1,0 л/га), Амістар Екстра 280 СС (0,75 л/га), Бампер супер 490 КЕ (1,5 л/га), Імпакт К, к.с. (0,8 л/га), Корнет 300 СС КС (0,8 л/га) у посівах сої на фоні обробки насіння перед сівбою інокулянтном Ризоактив, приводить до інтенсивного проходження в рослинах ростових та фотосинтетичних процесів, що супроводжується збільшенням на 20–48 % площі листової поверхні, на 58–79 % вмісту в листках суми хлорофілів

а і b та на 7–9 % чистої продуктивності фотосинтезу посівів. Найбільший вплив на росто-ві та фотосинтетичні процеси рослин сої мав фунгіцид Імпакт К (0,8 л/га), внесений на фоні обробки насіння сої МБП Ризоактив. За його використання чиста продуктивність посівів сої збільшувалась на 11–19 % [19].

За даними Р.А. Козинко [20], на формування асиміляційної поверхні рослин сої впливали погодні умови року, фунгіцидні протруйники та комплексне застосування препаратів з різним способом дії. За результатами дослід-ду, максимальна площа листкової поверхні 0,90 м²/рослину була сформована на варіанті Віспар + Ризогумін + Рексолін.

Як відмічає О.Г. Міленко [21], найкращі умови для наростання площі листкової поверхні були в посівах сорту Романтика, з нормою висіву насіння 800 тис./га, за умови механічного способу регулювання чисельності бур'янів. Площа листкової поверхні на цьому варіанті становила 53,43 тис. м²/га. Також впродовж всього вегетаційного періоду сої, найвищий показник фотосинтетичного потенціалу сформувався на цьому ж варіанті дослід-ду, на рівні 3,45 млн м² × днів/га.

Під час формування площі асиміляційної поверхні важливе значення також мають сортові особливості. Зокрема, згідно з О.В. Фурман [22], найбільшу площу листкової поверхні у фазу наливу бобів формували середньостиглий сорт Сузір'я, найменшу – ультраранній сорт Легенда, відповідно 41,9–46,8 та 37,7–42,2 тис. м²/га. Сорт Вільшанка за цим показником займав проміжне положення – 40,4–46,0 тис. м²/га.

Метою досліджень було виявлення впливу фунгіцидного захисту на формування площі листкової поверхні та фотосинтетичних показників посівів сої.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили в 2021–2023 рр. в умовах ТОВ «Саварське» Обухівського району Київської області. Схема дослід-ду: Чинник А. Сорти. Амадеа, Ауреліна. Чинник Б. Фунгіциди. Контроль (обробка насіння та рослин водою), Максим Адванс 195 FS, ТН (1,25 л/т) (обробка насіння перед сівбою), Вайбранс RFC, т. н. (1 л/т) (обробка насіння перед сівбою), Селест топ 312.5 FS, ТН (1 л/т) (обробка насіння перед сівбою), Стандак Топ (2 л/т) (обробка насіння перед сівбою), Абакус (2 л/га) (в період вегетації), Максим Адванс 195 FS, ТН (1,25 л/т) + Абакус (2 л/га), Вайбранс RFC, т. н. (1 л/т) + Абакус (2 л/га), Селест топ 312.5 FS, ТН (1 л/т) + Абакус (2 л/га), Стандак Топ (2 л/т) + Абакус (2 л/га). Обробку насіння фунгіцидами проводили перед сівбою та обприскування

посівів у період вегетації (до фази бутонізації) – застосовуючи робочий розчин (250 л/га) на дослідних ділянках. На контрольних варіантах проводили обробку насіння та обприскування посівів водою з розрахунку 250 л/га, у період внесення фунгіцидів.

Загальна площа елементарної ділянки – 144 м², облікової – 120 м². Повторність дослід-ду триразова. Ґрунт дослідних ділянок – чорнозем типовий середньосуглинковий. Дослідження проводили згідно з методичними рекомендаціями [23]. Площу листкової поверхні визначали методом “висічок”, який враховує визначення площі і маси 20–50 висічок, а також маси листкової поверхні всієї проби. Розрахунок фотосинтетичного потенціалу й чистої продуктивності фотосинтезу проводили розрахунковим методом згідно з J. Coombs та ін. [24].

Аналіз отриманих даних був проведений за допомогою методів дисперсійного та варіаційного аналізу комп'ютерними програмами Microsoft Excel та Статистика 12,0.

Результати дослідження та обговорення.

Найвищі показники площі листкової поверхні рослин сої отримано у фазу наливу зерна, а найменшою асиміляційна поверхня посівів була у фазу бутонізації. Від сходів до наливу зерна відмічено наростання площі листкового апарату, у період формування і досягання зерна спостерігалось відмирання листя, що зумовило зменшення фотосинтетичної поверхні рослин.

У фазу бутонізації сої мінімальна площа листкової поверхні у сортів Амадеа і Ауреліна була на варіантах без використання фунгіцидів (контроль) – 14,56 і 14,23 тис. м²/га (табл. 1). За передпосівної обробки насіння препаратами Максим Адванс (1,25 л/т), Вайбранс RFC (1 л/т), Селест топ (1 л/т), Стандак Топ (2 л/т) показники площі листкової поверхні зростали на 2,3–3,4 і 2,0–4,2 %. За поєднання передпосівної обробки насіння цими фунгіцидами і післясходового застосування Абакус (2 л/га) приріст відносно контролю становив 5,2–5,9 і 9,5–10,8 %, відповідно у сортів Амадеа й Ауреліна.

У фазу цвітіння, площа листкової поверхні була вищою на 29,0–33,6 %, порівняно з попереднім періодом обліків.

У цей період на варіантах, де не проводили внесення фунгіцидів, вона становила 18,92 і 19,34 тис. м²/га. Використання фунгіцидів для передпосівної обробки насіння у сортів Амадеа і Ауреліна забезпечувало збільшення площі листкової поверхні на 2,5–3,8 і 2,6–4,5 %, а їх поєднання з препаратом Абакус (2 л/га) – на 6,2–8,4 і 7,5–9,0 %, порівняно з контролем.

У фазу наливу зерна, площа листкової поверхні у сорту Амадеа була в межах 42,05–

46,34 тис. м²/га, у сорту Ауреліна – 42,80–47,42 тис. м²/га. Використання фунгіцидного захисту сприяло збільшенню цього показника на 4,9–10,2 і 5,7–11,5 %, порівняно з контролем. Найбільший приріст відмічено за комбінованого застосування фунгіцидів для передпосівної обробки насіння і їх використання впродовж вегетації. Залежно від періодів обліків сорт Ауреліна за площею листової поверхні переважав сорт Амадеа на 1,6–3,8 %.

Під впливом фунгіцидного захисту площа листової поверхні у сортів Амадеа і Ауреліна у фазу цвітіння зростала на 0,90 і 0,94 тис. м²/га, у фазу наливу зерна – на 3,11 і 3,46 тис. м²/га, порівняно з контрольними варіантами (рис. 1).

Згідно з даними дисперсійного аналізу, найбільший вплив на формування площі листової поверхні рослин сої мали сортові особливості (37,7 %) і фунгіцидний захист (35,4 %), а взаємодія цих чинників становила 12,3 % (рис. 2). Значний вплив мали також погодні умови – 14,6 %.

З метою встановлення за якого варіанта вирощування культури були найкращі умови для засвоєння сонячної енергії, в рослинництві визначають такий показник як фотосинтетичний потенціал посівів. Цей показник характеризує, яка площа листової поверхні впродовж скількох днів брала участь у синтезі органічної речовини [21].

Згідно з нашими дослідженнями, у міжфазний період бутонізації–цвітіння не було

достовірної різниці між варіантами досліджу за показниками фотосинтетичного потенціалу. Різниці між сортами в цей період також не відмічено (табл. 2).

У період цвітіння–налив зерна фотосинтетичний потенціал посівів мав найвищі значення. Найбільший показник 1,14 млн м² × днів/га було отримано в посівах сої сорту Ауреліна на варіанті Стандак Топ (2 л/т) + Абакус (2 л/га). У сорту Амадеа на аналогічному варіанті він становив 1,11 млн м² × днів/га.

Фотосинтетичний потенціал посівів у сорту Ауреліна за період бутонізації–налив зерна був вищим ніж сорту Амадеа на 0,02–0,07 млн м² × днів/га. Найкращий потенціал, для асиміляції сонячної радіації, був у досліджуваних сортів на варіанті за комбінованого застосування фунгіцидів Стандак Топ (2 л/т) і Абакус (2 л/га) – 3,09 і 3,16 млн м² × днів/га. Водночас, на варіантах Селест топ (1 л/т) + Абакус (2 л/га) і Вайбранс (1 л/т) + Абакус (2 л/га) фотосинтетичний потенціал мав подібні значення – 3,08 і 3,14 та 3,06 і 3,13 млн м² × днів/га.

Ефективність роботи асиміляційної поверхні рослин можливо проаналізувати за показником чистої продуктивності фотосинтезу, що визначає масу накопиченої сухої речовини посівами культури на 1 м² за добу [21].

У наших дослідженнях найбільш інтенсивно фотосинтетичні процеси в рослинах відбувалися у фазу бутонізації сої. У сорту Амадеа в цей період на контрольних варіантах накопичувалося сухої речовини 3,88 г/м² × добу, у сорту Ауреліна – 3,89 г/м² × добу (табл. 3).

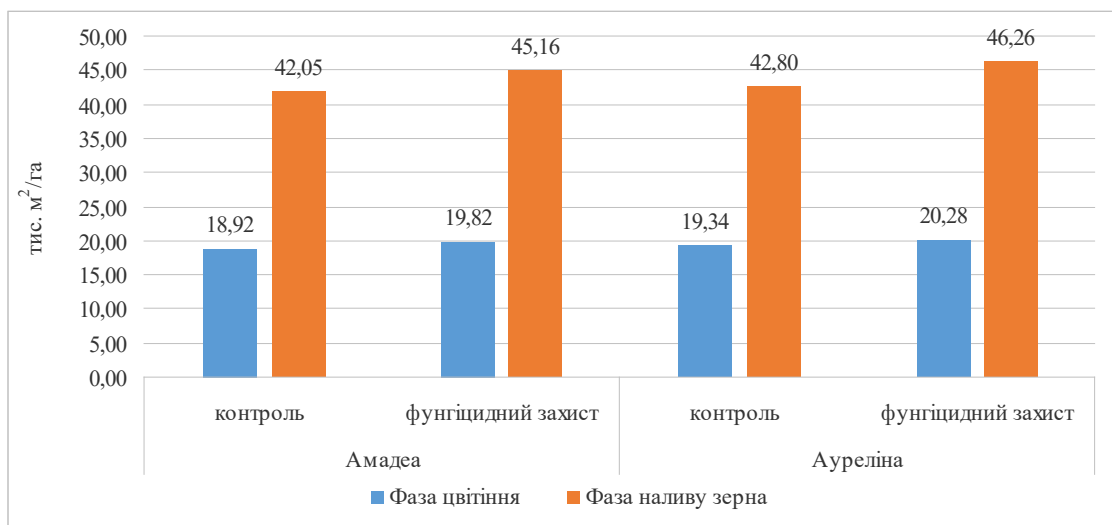


Рис. 1. Зміна площі листової поверхні сої залежно від фунгіцидного захисту (середнє за 2021–2023 рр.), тис. м²/га.

Таблиця 1 – Вплив фунгіцидного захисту на площу листової поверхні рослин сої (середнє за 2021–2023 рр.), тис. м²/га

Фунгіциди (Чинник Б)	Фаза бутонізації	Фаза цвітіння	Фаза наливу зерна
Амадеа (Чинник А)			
Контроль	14,56	18,92	42,05
Максим Адванс (1,25 л/т)	14,89	19,21	44,12
Вайбранс (1 л/т)	14,92	19,28	44,28
Селест топ (1 л/т)	15,01	19,37	44,45
Стандак Топ (2 л/т)	15,05	19,45	44,48
Абакус (2 л/га)	15,15	19,87	45,02
Максим Адванс (1,25 л/т) + Абакус (2 л/га)	15,32	20,09	45,75
Вайбранс (1 л/т) + Абакус (2 л/га)	15,28	20,24	45,88
Селест топ (1 л/т) + Абакус (2 л/га)	15,42	20,37	46,12
Стандак Топ (2 л/т) + Абакус (2 л/га)	15,38	20,51	46,34
Ауреліна (Чинник А)			
Контроль	14,23	19,34	42,80
Максим Адванс (1,25 л/т)	14,52	19,57	45,23
Вайбранс (1 л/т)	14,57	19,63	45,36
Селест топ (1 л/т)	14,78	19,72	45,67
Стандак Топ (2 л/т)	14,83	19,78	45,79
Абакус (2 л/га)	15,11	20,05	46,08
Максим Адванс (1,25 л/т) + Абакус (2 л/га)	15,58	20,79	46,80
Вайбранс (1 л/т) + Абакус (2 л/га)	15,61	20,86	46,91
Селест топ (1 л/т) + Абакус (2 л/га)	15,71	21,02	47,05
Стандак Топ (2 л/т) + Абакус (2 л/га)	15,76	21,08	47,42
НІР ₀₅ для	А	0,18	0,56
	Б	0,08	0,31
	АБ	0,30	0,92

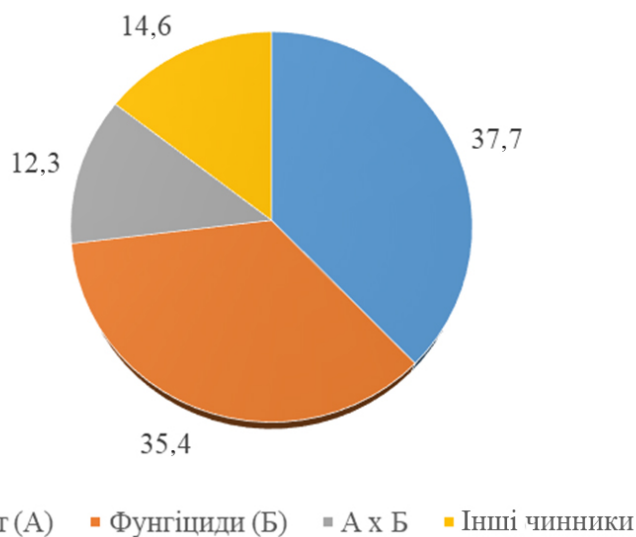


Рис. 2. Частка впливу чинників на формування площі листової поверхні сої.

Таблиця 2 – Фотосинтетичний потенціал посівів сої залежно від застосування фунгіцидів (середнє за 2021–2023 рр.), млн м² × днів/га

Фунгіциди (Чинник Б)	Період обліків		
	бутонізація– цвітіння	цвітіння– налив зерна	бутонізація– налив зерна
Амадеа (Чинник А)			
Контроль	0,21	1,02	2,83
Максим Адванс (1,25 л/т)	0,21	1,06	2,95
Вайбранс (1 л/т)	0,21	1,06	2,96
Селест топ (1 л/т)	0,21	1,06	2,97
Стандак Топ (2 л/т)	0,22	1,07	2,98
Абакус (2 л/га)	0,22	1,08	3,01
Максим Адванс (1,25 л/т) + Абакус (2 л/га)	0,22	1,10	3,05
Вайбранс (1 л/т) + Абакус (2 л/га)	0,22	1,10	3,06
Селест топ (1 л/т) + Абакус (2 л/га)	0,22	1,11	3,08
Стандак Топ (2 л/т) + Абакус (2 л/га)	0,22	1,11	3,09
Ауреліна (Чинник А)			
Контроль	0,21	1,04	2,85
Максим Адванс (1,25 л/т)	0,21	1,08	2,99
Вайбранс (1 л/т)	0,21	1,08	3,00
Селест топ (1 л/т)	0,22	1,09	3,02
Стандак Топ (2 л/т)	0,22	1,09	3,03
Абакус (2 л/га)	0,22	1,10	3,06
Максим Адванс (1,25 л/т) + Абакус (2 л/га)	0,23	1,13	3,12
Вайбранс (1 л/т) + Абакус (2 л/га)	0,23	1,13	3,13
Селест топ (1 л/т) + Абакус (2 л/га)	0,23	1,13	3,14
Стандак Топ (2 л/т) + Абакус (2 л/га)	0,23	1,14	3,16
НІР ₀₅ для	А	0,03	0,04
	Б	0,02	0,02
	АБ	0,06	0,08

Таблиця 3 – Чиста продуктивність фотосинтезу рослин (середнє за 2021–2023 рр.), г/м² × добу

Фунгіциди (Чинник Б)	Фаза бутонізації	Фаза цвітіння	Фаза наливу зерна
Амадеа (Чинник А)			
Контроль	3,88	2,16	2,55
Максим Адванс (1,25 л/т)	3,96	2,25	2,66
Вайбранс (1 л/т)	3,97	2,26	2,66
Селест топ (1 л/т)	3,99	2,27	2,68
Стандак Топ (2 л/т)	4,00	2,27	2,68
Абакус (2 л/га)	4,06	2,30	2,71
Максим Адванс (1,25 л/т) + Абакус (2 л/га)	4,11	2,34	2,75
Вайбранс (1 л/т) + Абакус (2 л/га)	4,12	2,35	2,75
Селест топ (1 л/т) + Абакус (2 л/га)	4,15	2,36	2,77
Стандак Топ (2 л/т) + Абакус (2 л/га)	4,16	2,37	2,78
Ауреліна (Чинник А)			
Контроль	3,89	2,21	2,57
Максим Адванс (1,25 л/т)	3,95	2,30	2,69
Вайбранс (1 л/т)	3,97	2,31	2,70
Селест топ (1 л/т)	4,00	2,32	2,72
Стандак Топ (2 л/т)	4,01	2,33	2,73
Абакус (2 л/га)	4,08	2,35	2,75
Максим Адванс (1,25 л/т) + Абакус (2 л/га)	4,22	2,40	2,81
Вайбранс (1 л/т) + Абакус (2 л/га)	4,23	2,41	2,81
Селест топ (1 л/т) + Абакус (2 л/га)	4,26	2,42	2,82
Стандак Топ (2 л/т) + Абакус (2 л/га)	4,27	2,43	2,84
НІР ₀₅ для	А	0,02	0,06
	Б	0,01	0,02
	АБ	0,05	0,06

Застосування фунгіцидного захисту забезпечувало приріст сухої речовини 0,07–0,28 і 0,06–0,38 г/м² × добу, відповідно у сортів Амадеа і Ауреліна. У фазі цвітіння і наливу зерна відмічено зменшення чистої продуктивності фотосинтезу на 14,2–32,4 %, порівняно з першим періодом обліків.

Висновки. Максимальні показники площі листової поверхні рослин сої у сортів Ауреліна і Амадеа отримано у фазу наливу зерна – 44,85 і 45,91 тис. м²/га. Найменшою асиміляційна поверхня посівів була у фазу бутонізації – 15,10 і 15,07 тис. м²/га. Під впливом фунгіцидного захисту площа листової поверхні у сортів Амадеа і Ауреліна у фазу цвітіння зростала на 0,90 і 0,94 тис. м²/га, у фазу наливу зерна – на 3,11 і 3,46 тис. м²/га, порівняно з контрольними варіантами. Найбільший приріст площі листової поверхні відмічено за комбінованого застосування фунгіцидів Стандак Топ (2 л/т) і Абакус (2 л/га). За результатами дисперсійного аналізу найбільший вплив на формування площі листової поверхні рослин сої мали сортові особливості (37,7 %) й фунгіцидний захист (35,4 %), а взаємодія цих чинників становила 12,3 %.

Найвищий фотосинтетичний потенціал у сортів Амадеа і Ауреліна був на варіантах використання фунгіцидів Стандак Топ (2 л/т) + Абакус (2 л/га) – 3,09 і 3,16 млн м² × днів/га, Селест топ (1 л/т) + Абакус (2 л/га) – 3,08 і 3,14 млн м² × днів/га і Вайбранс (1 л/т) + Абакус (2 л/га) – 3,06 і 3,13 млн м² × днів/га. Максимальні значення чистої продуктивності фотосинтезу у сортів Амадеа і Ауреліна отримано у фазу бутонізації – 3,88–4,16 і 3,89–4,27 г/м² × добу. Застосування фунгіцидного захисту забезпечувало приріст цього показника 0,07–0,28 і 0,06–0,38 г/м² × добу, порівняно з контрольними варіантами. Залежно від періодів обліків сорт Ауреліна за площею листової поверхні переважав сорт Амадеа на 1,6–3,8 %, за фотосинтетичним потенціалом – на 1,2–2,5 % й чистою продуктивністю фотосинтезу – на 0,8–1,7 %.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Коробко А.А. Динаміка виробництва сої в Україні та світі. Збалансоване природокористування. 2021. № 4. С. 125–134.
2. Patyka V.P., Gnatiuk T.T., Zhytkevych N.V. Causal organisms of bacterial diseases of soya and their monitoring. Bulletin of Agrarian Science. 2015. No 93(6). P. 15–19.
3. Щербачук В.М. Формування урожайності та якісних показників зерна сої залежно від системи захисту посівів проти бур'янів та хвороб в умовах достатнього зволоження. Агробіологія. 2015. № 1. С. 88–91.

4. Hanna S.O., Conley S.P., Shaner G.E., Santini J.B. Fungicide application timing and row spacing effect on soybean canopy penetration and grain yield. Agronomy Journal. 2008. No 100. P. 1488–1492. DOI: 10.2134/agronj2007.0135.

5. Corn, soybean, and wheat yield response to crop rotation, nitrogen rates, and foliar fungicide application / S. Mourtzinis et al. Crop Science. 2017. No 57. P. 983–992. DOI: 10.2135/cropsci2016.10.0876.

6. Bestor N. The Effect of Fungicides on Soybean in Iowa Applied Alone or in Combination with Insecticides at Two Application Growth Stages on Disease Severity and Yield. IA: Iowa State University Ames, 2011. 145 p. DOI: 10.31274/etd-180810-2555.

7. Development of a Quantitative Polymerase Chain Reaction Detection Protocol for *Cercospora kikuchii* in Soybean Leaves and Its Use for Documenting Latent Infection as Affected by Fungicide Applications / A.K. Chanda et al. Phytopathology. 2014. No 104(10). P. 1118–1124. DOI: 10.1094/PHYTO-07-13-0200-R.

8. Development and validation of a fungicide scoring system for management of late season soybean diseases in Argentina / M. Carmona et al. Crop Protection. 2015. No 70. P. 83–91. DOI: 10.1016/j.cropro.2015.01.019.

9. Блащук М.І. Продуктивність сортів сої залежно від технологічних прийомів вирощування в умовах правобережного Лісостепу України: автореф. канд. с.-г. наук: 06.01.09. Вінниця, 2007. 19 с.

10. Дідур І.М., Захарчук В.В. Вплив елементів технології вирощування на врожайні показники зерна гороху. Збірник наукових праць ВНАУ. Сільське господарство та лісівництво. 2016. № 4. С. 55–63.

11. Камінський В.Ф., Мосьондз Н.П. Вплив елементів технології вирощування на урожайність сої в умовах північного Лісостепу України. Корми і кормовиробництво. 2010. Вип. 66. С. 91–95.

12. Німенко С.С., Грабовський М.Б. Вплив елементів технології на формування площі листової поверхні рослин сої за органічного вирощування. Таврійський науковий вісник. 2023. № 130. С. 155–163. DOI: 10.32851/2226-0099.2023.130.23.

13. Потапов А.В., Грабовський М.Б. Формування площі листової поверхні та фотосинтетичних показників посівів буряків цукрових залежно від мікродобрив та систем фунгіцидного захисту. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2023. Вип. 74 (1). С. 110–128. DOI: 10.32636/01308521.2023-(74)-1-8.

14. Бабич А.О., Бахмат М.І., Бахмат О.М. Соя: агроекологічні основи вирощування, переробки і використання. Кам'янець-Подільський: ПП "Медобори", 2006, 268 с.

15. Колісник С.І., Венедітков О.М., Фабіянський Д.О. Особливості формування фотосинтетичної та насінневої продуктивності ранньостиглих сортів сої в умовах Правобережного Лісостепу України. Корми і кормовиробництво. 2009. Вип. 64. С. 55–61.

16. Дробітько О.М. Продуктивність фотосинтезу і урожайність сої залежно від просторового і кількісного розміщення рослин в агроценозі.

Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2007. Вип. 2 (40). С. 240–245.

17. Jahns P., Holzwarth A.R. The role of the xanthophyll cycle and of lutein in photoprotection of photosystem II. *Biochimica et Biophysica Acta*. 2012, Vol. 1817. Issue 1. P. 182–193.

18. Бабич А.О., Венедіктов О.М. Фотосинтетична діяльність та урожайність насіння сої залежно від строків сівби та системи захисту від хвороб в умовах Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*. 2004. Вип. 53. С. 83–88.

19. Мостов'як І.І., Кравченко О.В. Формування фотосинтетичної продуктивності посівів сої за використання різних видів фунгіцидів та інокулянта у Правобережному Лісостепу України. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2018. № 2. С. 21–24.

20. Козинко Р.А. Урожайність сої залежно від передпосівної обробки насіння. *Збалансований розвиток агроecosystem України: сучасний погляд та інновації: матеріали III Всеукраїнської науково-практичної конференції*. Полтава, 2019. 196 с.

21. Міленко О.Г. Формування фотосинтетичного апарату сої залежно від сорту, норм висіву насіння та способів догляду за посівами. *Таврійський науковий вісник*, 2015. Вип. 91. С. 49–55.

22. Фурман О.В. Динаміка формування площі листкової поверхні сої під впливом технологічних чинників вирощування. *Корми і кормовиробництво*. 2018. Вип. 86. С. 101–106.

23. Основи наукових досліджень в агрономії / за ред. Єщенко В.О. Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс і К», 2014. 332 с.

24. Coombs J., Hall D.O., Long S.P. *Techniques in bioproductivity and photosynthesis*. Pergamon press, 1985. 324 p.

REFERENCES

1. Korobko, A.A. (2021). *Dynamika vyrobnyctva soi' v Ukraini ta sviti [Dynamics of soybean production in Ukraine and the world]*. *Zbalansovane pryrodokorystuvannja [Balanced nature management]*. no.4, pp. 125–134.

2. Patyka, V.P., Gnatiuk, T.T., Zhytkevych, N.V. (2015). Causal organisms of bacterial diseases of soya and their monitoring. *Bulletin of Agrarian Science*. no. 93(6), pp. 15–19. Available at: https://agrovisnyk.com/pdf/en_2015_06_03.pdf

3. Shcherbachuk, V.M. (2015). *Formuvannja urozhajnosti ta jakisnyh pokaznykiv zerna soi' zalezno vid systemy zahystu posiviv proty bur'janiv ta hvorob v umovah dostatn'ogo zvolozhennja [Formation of yield and quality indicators of soybean grain depending on the system of protection of crops against weeds and diseases in conditions of sufficient moisture]*. *Agrobiologija [Agrobiology]*. no. 1, pp. 88–91. Available at: <https://agrobiologiya.btsau.edu.ua/sites/default/files/visnyky/agrobiologiya/sherbachuk.pdf>

4. Hanna, S.O., Conley, S.P., Shaner, G.E., Santini, J.B. (2008). Fungicide application of time and effect of inter-rows on soybean canopy penetration and grain yield. *Journal of Agronomy*. no. 100, pp. 1488–1492. DOI: 10.2134/agronj2007.0135.

5. Mourtzinis, S., Marburger, D., Gaska, J., Di-allo, T., Lauer, J.G., Conley, S. (2017). Soybean and wheat yield response to crop rotation, nitrogen indices and foliar application of fungicide. *The science of the harvest*. no. 57, pp. 983–992. DOI: 10.2135/crops-ci2016.10.0876.

6. Bestor, N. (2011). The effect of fungicides on soybeans in Iowa is applied alone or in combination with insecticides in two stages of application growth on disease severity and yield. *IA: Iowa Ames State University*. 145 p. DOI: 10.31274/etd-180810-2555.

7. Chanda, A.K., Ward, N.A., Robertson, C.L., Chen, Z.Y., Schneider, R.W. (2014). Development of a quantitative polymerase chain reaction protocol for *Cercospora kikuchii* in soy leaves and its use to document latent infection as affected by fungicide applications *Phytopathology*. no. 04(10), pp. 1118–1124. DOI: 10.1094/PHYTO-07-13-0200-R.

8. Carmona, M., Sautua, F., Perelman, S., Galli, M., Reis, E. M. (2015). Development and validation of a fungicide scoring system for the control of late season soybean diseases in Argentina. *Protection of plants*. no. 70, pp. 83–91. DOI: 10.1016/j.cropro.2015.01.019.

9. Blaschuk, M.I. (2007). *Produktyvnist' sortiv soi' zalezno vid tehnologichnyh pryjomiv vyroshhuvannja v umovah pravoberezhnogo Lisostepu Ukrainy: avtoref. kand. s.-g. nauk: 06.01.09 [Productivity of soybean varieties depending on the technological methods of cultivation in the conditions of the right-bank forest-steppe of Ukraine: autoref. candidate degree agricultural sciences: 06.01.09]*. Vinnytsia, 19 p.

10. Didur, I.M., Zakharchuk, V.V. (2016). *Vplyv elementiv tehnologii' vyroshhuvannja na vrozhajni pokaznyky zerna gorohu [Influence of elements of the cultivation technology on the yield indicators of pea grains]*. *Zbirnyk naukovykh prac' VNAU. Sil's'ke gospodarstvo ta lisivnyctvo [Collection of scientific works of VNAU. Agriculture and forestry]*. no. 4, pp. 55–63. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/agf_2016_4_8

11. Kaminsky, V.F., Moshondz, N.P. (2010). *Vplyv elementiv tehnologii' vyroshhuvannja na urozhajnist' soi' v umovah pivnichnogo Lisostepu Ukrainy [The influence of elements of cultivation technology on the yield of soybeans in the conditions of the northern Forest-Steppe of Ukraine]*. *Kormy i kormovyrobnyctvo [Feed and feed production]*. Vol. 66, pp. 91–95. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/kik_2010_66_19

12. Nimenko, S.S., Grabovskyi, M.B. (2023). *Vplyv elementiv tehnologii' na formuvannja ploshhi lystkovoiv' poverhni roslyn soi' za organichnogo vyroshhuvannja [Influence of technology elements on the formation of the leaf surface area of soybean plants during organic cultivation]*. *Tavrijs'kyj naukovyj visnyk [Tauride Scientific Bulletin]*. no. 130, pp. 155–163. DOI 10.32851/2226-0099.2023.130.23.

13. Potapov, A.V., Grabovskyi, M.B. (2023). *Formuvannja ploshhi lystkovoiv' poverhni ta fotosyntetychnykh pokaznykiv posiviv burjakiv cukrovyyh zalezno vid mikrodobryv ta system fungicydnogo zahystu [Formation of the leaf surface area and photosynthetic indicators of sugar beet crops depending on micro fertilizers and fungicidal protection systems]*. *Peredgirne*

ta girs'ke zemlerobstvo i tvarynnnytvo [Foothill and mountain farming and animal husbandry]. Vol. 74 (1), pp. 110–128. DOI: 10.32636/01308521.2023-(74)-1-8.

14. Babich, A.A., Bakhmat, M.I., Bakhmat, A.N. (2006). Soja: agroekologichni osnovy vyroshhuvannya, pererobky i vykorystannja [Soya: agroecological foundations of cultivation, processing and use]. Kame-netz-Podolsky, PE Medobory, 268 p.

15. Kolesnik, S.I., Venediktov, O.M., Fabiyansky, D.A. (2009). Osoblyvosti formuvannja fotosyntetychnoi' ta nasinnjevoi' produktyvnosti rann'ostyglyh sortiv soi' v umovah Pravoberezhnogo Lisostepu Ukrai'ny [Features of the formation of photosynthetic and seed productivity of early ripe soybean varieties in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. Kormy i kormovyrobnytvo [Feed and feed production]. Vol. 64, pp. 55–61.

16. Drobotko, O.M. (2007). Produktyvnist' fotosyntezy i urozhajnist' soi' zalezno vid prostorovogo i kil'kisnogo rozmishhennja roslyn v agrocenozi [Photosynthesis productivity and soybean yield depending on the spatial and quantitative placement of plants in agrocenosis]. Visnyk agrarnoi' nauky Prychornomor'ja [Bulletin of agrarian science of the Black Sea region]. Vol. 2, pp. 240–245. Available at: <https://visnyk.mnau.edu.ua/statti/archive/n40v2r2007.pdf>

17. Jahns, P., Holzwarth, A.R. (2012). The role of the xanthophyll cycle and of lutein in photoprotection of photosystem II. *Biochimica et Biophysica Acta*. Vol. 1817, Issue 1, pp. 182–193.

18. Babich, A.A., Venediktov O.M. (2004). Fotosyntetychna dijal'nist' ta urozhajnist' nasinnja soi' zalezno vid strokiv sivby ta systemy zahystu vid hvorob v umovah Lisostepu Ukrai'ny [Photosynthetic activity and yield of soybean seeds depending on the terms of sowing and the system of protection against diseases in the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine]. Kormy i kormovyrobnytvo [Feed and feed production]. Vol. 53, pp. 83–88. Available at: http://base.dnsgb.com.ua/files/journal/Kormy-i-kormovyrobnyctvo/KiK2004-53/KiK2004-53_83-88.pdf

19. Mostovyak, I.I., Kravchenko, O.V. (2018). Formuvannja fotosintetychnoi' produktivnosti posviv soi' za vikorystannja riznih vidiv fungicidiv ta inokuljanta u Pravoberezhnomu Lisostepu Ukrai'ni [Formation of photosynthetic productivity of soybean crops for the use of various types of fungicides and inoculant in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. Visnyk Umans'kogo nacional'nogo universitetu sadivnictva [Bulletin of Uman National University of Horticulture]. no. 2, pp. 21–24. Available at: <https://visnyk-unaus.udau.edu.ua/arxv-nomerv/2018/21/formuvannya-fotosintetychno-produktivnost-posvv-so-za-vikorystannya-rznix-vidv-fungczidv-ta-nokulyanta-u-pravoberezhnomu-lsostepu-ukrani.html>

20. Kozinko, R.A. (2019). Urozhajnist' soi' zalezno vid peredposivnoi' obrobki nasinnja [Soybean yield depending on presowing treatment of seeds]. Zbalansovanyj rozvytok agroekosystem Ukrai'ny: suchasnyj pogljad ta innovacii': materialy III Vseukrai'ns'koi' naukovo-praktychnoi' konferencii' [Balanced Development of Agroecosystems of Ukraine: Modern View and

Innovations: materials of the III All-Ukrainian Scientific and Practical Conference]. Poltava, 196 p.

21. Milenko, O.G. (2015). Formuvannja fotosintetychnogo aparatu soi' zalezno vid sortu, norm visivu nasinnja ta sposobiv dogljadu za posivami [Formation of the photosynthetic apparatus of soybeans depending on the variety, norms of sowing seeds and methods of crop care]. Tavrijs'kij naukovijs visnik [Tauride Scientific Bulletin]. Vol. 91, pp. 49–55. Available at: http://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/91_2015/13.pdf

22. Furman, O.V. (2018). Dinamika formuvannja ploshhi listkovoï poverhni soi' pid vplyvom tehnologichnih faktoriv viroshhuvannja [Dynamics of formation of soybean leaf surface area under the influence of technological factors of cultivation]. Kormy i kormovyrobnytvo [Feed and feed production]. Vol. 86, pp. 101–106. Available at: <https://zemlerobstvo.com/wp-content/uploads/2021/09/disertatsiya-furmana-o.-v..pdf>

23. Yeshchenko V.A. (2014). Osnovy naukovyh doslidzhen' v agronomii' [Fundamentals of scientific research in agronomy]. Vinnitsa, PE TD Edelweiss and K, 332 p.

24. Coombs, J., Hall, D.O., Long, S.P. (1985). Techniques in bioproductivity and photosynthesis. Pergamon press, 324 p.

The influence of fungicidal protection on the formation of photosynthetic parameters of soybean crops

Mostypan O., Grabovskiy M.

The purpose of the research was to determine the effect of fungicidal protection on the formation of the leaf surface area and photosynthetic indicators of soybean crops. The research was conducted in 2021–2023 in the conditions of LLC «Savarske» Obukhiv district Kyiv region. The scheme of the experiment: Factor A. Varieties «Amadea», «Aurelina». Factor B. Fungicides. Control (treatment of seeds and plants with water), «Maxim Advance 195 FS» (1.25 l/t) (treatment of seeds before sowing), «Vibrance RFC» (1 l/t) (seed treatment before sowing), «Selest top 312.5 FS» (1 l/t) (seed treatment before sowing), «Standak Top» (2 l/t) (seed treatment before sowing), «Abacus» (2 l/ha) (during the growing season), «Maxim Advance 195 FS» (1.25 l/t) + «Abacus» (2 l/ha), «Vibrance RFC» (1 l/t) + «Abacus» (2 l/ha), «Selest top 312.5 FS» (1 l/t) + «Abacus» (2 l/ha), «Standak Top» (2 l/t) + «Abacus» (2 l/ha). The maximum indicators of the leaf surface area of soybean plants of the varieties «Aurelina» and «Amadea» were obtained in the phase of grain formation – 44.85 and 45.91 thousand m²/ha. The smallest assimilation surface of crops was in the budding phase – 15.10 and 15.07 thousand m²/ha. Under the influence of fungicidal protection the leaf surface area of varieties «Amadea» and «Aurelina» increased by 0.90 and 0.94 thousand m²/ha in the flowering phase and by 3.11 and 3.46 thousand m²/ha in the phase of grain formation, compared to control variants. The greatest increase in leaf surface area was noted for the combined use of fungicides «Standak Top» (2 l/t) for pre-sowing seed treatment and «Abacus» (2 l/ha)

during the growing season. According to the results of dispersion analysis varietal characteristics (37.7 %) and fungicidal protection (35.4 %) had the greatest influence on the formation of the leaf surface area of soybean plants and the interaction of these factors was 12.3 %.

The highest photosynthetic potential of the varieties «Amadea» and «Aurelina» was on the variants of fungicides application «Standak Top» (2 l/t) + «Abacus» (2 l/ha) – 3.09 and 3.16 million $\text{m}^2 \times \text{days/ha}$, «Selest top» (1 l/t) + «Abacus» (2 l/ha) – 3.08 and 3.14 million $\text{m}^2 \times \text{days/ha}$ and «Vibrance» (1 l/t) + «Abacus» (2 l/ha) – 3.06 and 3.13 million $\text{m}^2 \times \text{days/ha}$. The maximum values of

the net productivity of photosynthesis in the varieties «Amadea» and «Aurelina» were obtained in the budding phase – 3.88–4.16 and 3.89–4.27 $\text{g/m}^2 \times \text{day}$. The use of fungicidal protection provided an increase of this indicator by 0.07–0.28 and 0.06–0.38 $\text{g/m}^2 \times \text{day}$, compared to the control options. Depending on the accounting periods, the variety «Aurelina» was superior to the variety «Amadea» in leaf surface area by 1.6–3.8 % in photosynthetic potential by 1.2–2.5 % and in net photosynthetic productivity by 0.8–1.7 %.

Key words: soybean, varieties, fungicides, crop protection, leaf surface area, photosynthetic potential, net photosynthetic productivity.



Copyright: Мостипан О.В., Грабовський М.Б. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Мостипан О.В.

Грабовський М.Б.

<https://orcid.org/0000-0002-0743-7008>

<https://orcid.org/0000-0002-8494-7896>