

УДК 633.34:631.811

DOI: 10.37128/2707-5826-2023-3-4

**ФОРМУВАННЯ
ФОТОСИНТЕТИЧНОЇ
ПРОДУКТИВНОСТІ ПОСІВІВ
СОЇ ЗА БІОЛОГІЗОВАНОЇ
СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ**

І.М. ДІДУР, кандидат с.-г. наук,
професор, в.о. директора ННІ
Агротехнологій та
природокористування
В.І. ЦИГАНСЬКИЙ, кандидат с.-г.
наук, доцент
Вінницький національний аграрний
університет

Процес фотосинтезу та інтенсивність його роботи є основою формування продуктивності рослин і рівня урожайності агрофітоценозів сільськогосподарських культур, у тому числі сої. Одним із основних завдань сучасних інтенсивних технологій вирощування є створення оптимальних умов для розвитку асиміляційної поверхні, її тривалості роботи та максимального накопичення органічної речовини рослинами.

У даній науковій статті наведено результати польових досліджень щодо дослідження впливу біологічних препаратів різного механізму дії створених на основі фосфор і калій мобілізуючих та мікоризоформуючих бактерій, на фотосинтетичну продуктивність посівів сої за різного рівня мінерального удобрення, а саме на динаміку площі листкової поверхні, формування фотосинтетичного потенціалу посівів та чистої продуктивності фотосинтезу.

Польові дослідження проводились на сірих лісових середньо-суглинкових ґрунтах на дослідному полі НДГ «Агрономічне» ВНАУ впродовж 2017 – 2021 років. За результатами проведених досліджень та опрацюванні отриманих даних встановлено, що використання у період передпосівної культивуації ґрунтового біодобрива Граундфікс у нормі 5 л/га та проведення передпосівної обробки насіння біопрепаратом Мікофренд у нормі 1,5 л/т на фоні повного мінерального удобрення $N_{60}P_{60}K_{60}$ забезпечувало формування максимальної у досліді площі асиміляційної поверхні 40,4 тис. $m^2/га$, що перевищувало контроль на 11,6 тис. $m^2/га$. Крім того на основі проведених розрахунків виявлено, що даний варіант удобрення забезпечив формування і найвищого у досліді фотосинтетичного потенціалу на рівні 3,153 млн. m^2 діб/га, та чистої продуктивності фотосинтезу, яка залежно від міжфазного періоду становила 5,44, 2,16, 1,76, 2,53 та 1,34 $г/м^2$ за добу. Також у статті наведено результати кореляційних розрахунків тисноти зв'язку між площею листкової поверхні, кількістю накопиченої сухої речовини та рівнем урожайності.

Ключові слова: соя, удобрення, біопрепарати, мікориза, фотосинтетична продуктивність.

Табл. 1. Рис 3. Літ 15.

Постановка проблеми. Площі посіву сої в нашій країні за останні роки набули значного поширення порівняно з іншими культурами групи зернобобових. Дана тенденція зумовлена високим попитом та постійним зростанням частки зерна сої у загальному експорті рослинницької продукції. Останніми роками в Україні вибудувався потужний потенціал щодо вирощування та переробки зерна сої. Зростання площі посіву та урожайності зерна сої може бути досягнуте тільки за рахунок впровадження енергоощадних та економічно вигідних технологій її вирощування, у тому числі з широким використанням факторів інтенсифікації, у тому числі з елементами біологізації [3].

Використання біологічних добрив та препаратів різного механізму дії на фоні мінерального удобрення в першу чергу направлено на покращення умов щодо забезпечення рослин необхідними елементами живлення. Бактерії продуценти, які є основою біопрепаратів у процесі своєї життєдіяльності переводять нерухомі сполуки фосфору і калію у форму легкодоступну для рослин, а також підвищують ефективність внесених мінеральних добрив, крім того дані препарати підвищують стійкість рослин до різких коливань температури та інших несприятливих факторів зовнішнього середовища. Використання біологічних добрив та біопрепаратів також позитивно впливає на показники родючості ґрунту, і у значній мірі забезпечує їх покращення [10].

Одним із визначальних факторів формування високої продуктивності рослин та врожайності посівів сільськогосподарських культур, у тому числі і сої, є інтенсивність фотосинтетичної продуктивності посівів. Ключова роль у акумуляції органічної речовини рослинами внаслідок фотосинтетичної діяльності належить параметрам площі листової поверхні [11].

Фотосинтез – надзвичайно важливий в якісному і кількісному відношенні процес живлення рослин. Це первинний синтез органічних речовин, які є джерелом енергії для всіх живих рослинних організмів. 90-95 % речовин з яких у майбутньому складається урожай формується саме у листках у процесі фотосинтезу [7].

Рослини сої за рахунок унікальних властивостей своїх листків, стебел, клітин і кореневої системи є своєрідними біологічними механізмами, які працюють з високою ефективністю, при цьому використовуючи енергію сонця, вуглекислий газ, симбіотично зв'язаний азот, воду та мінеральні речовини ґрунту, одночасно синтезуючи найцінніші органічні сполуки – протеїн, жир, вуглеводи, вітаміни, різні ферменти. За рахунок циклічно поєднаних у сої двох фундаментальних для рослинництва фізіологічних процесів – біологічної фіксації азоту і фотосинтезу дана культура в повній мірі забезпечує себе біологічним азотом, при цьому залишаючи його певну частину у ґрунті, що в свою чергу забезпечує отримання екологічно чистої продукції та знижує антропогенне навантаження на довкілля [5, 9].

Встановлено, що величина асимілюючої поверхні рослин та тривалість її активної роботи, є ключовими факторами формування високого фотосинтетичного потенціалу посівів та чистої продуктивності фотосинтезу, що у сою чергу формує рівень врожайності. Існує тісний прямий кореляційний зв'язок між розмірами площі листової поверхні в посівах і рівнем врожайності. При підвищенні у посівах загальної площі листової поверхні зростає і врожайність, у першу чергу за рахунок поглинання рослинами більшої кількості сонячної радіації і формуванням органічної речовини [4].

На величину листової поверхні та тривалість її інтенсивної роботи має безпосередній вплив ряд факторів, а саме: удобрення, опади, температура повітря, строки сівби, обробіток ґрунту та ін. [7].

Враховуючи стратегічне значення сої для аграрного сектора та її екологічну цінність важливим та актуальним завданням є пошук шляхів підвищення її продуктивності та урожайності. Для повноцінної реалізації даного завдання необхідне глибоке вивчення фізіологічних процесів та особливостей формування продуктивності рослин, у тому числі і фотосинтетичної, в залежності від інтенсифікації системи удобрення елементами біологізації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження проведені у закладі вищої освіти «Подільському державному університеті» показали, що максимальна у досліді площа асиміляційної поверхні 47,8 тис.м²/га зафіксована у сорту сої Аррата. При чому у різних сортів була неоднакова реакція на біологічні препарати, так на внесення Фульвогуміну найбільшим приростом асиміляційної поверхні реагували сорти Рогізнянка, Тріада й Аррата, а на інокуляцію насіння – Рогізнянка й Орфей. Максимальний показник фотосинтетичного потенціалу (3,592 млн. м² діб/га) забезпечував посів сорту сої Аррата за проведення інокуляції насіння (Ризоактив + Мікофренд), двох позакореневих підживлень Фульвогуміном на тлі внесення мінеральних добрив у дозі N₃₀P₆₀K₆₀.

Встановлено, на дослідних посівах сої накопичення сухої речовини відбувалось досить інтенсивно. 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 [1].

Дослідження проведені на дослідному полі Полтавської державної сільськогосподарської дослідної станції ім. М.І. Вавилова показали, що позакореневі підживлення рослин сої мікродобривами «Рексолін» і «Брасітрел» на фоні обробки насіння «Рексоліном» за раннього строку сівби сприяло суттєвому збільшенню площі листової поверхні. Найкращий результат зафіксовано за обробки насіння «Рексоліном» і позакореневого підживлення «Брасітрелом» – 33,0 тис.м²/га [6].

Крім того результати досліджень щодо вивчення впливу біологічних препаратів та мікродобрив на фотосинтетичні показники посівів сої викладено у працях інших науковців [2, 8, 9, 12, 13].

Умови та методика проведення досліджень. Польові дослідження проводили впродовж 2017–2021 рр. на дослідному полі «НДГ Агрономічне» ВНАУ, яке розміщується у селі Агрономічне. Обробіток ґрунту на дослідній ділянці загальноприйнятій для зони Лісостепу України і спрямований на створення оптимальних умов для росту і розвитку рослин сої та направлений на максимальне знищення бур'янів, збереження вологи, вирівнювання поверхні ґрунту.

Польові досліді проводили на сірому лісовому середньо-суглинковому ґрунті. Орний шар даного типу ґрунту має глибину 25- 30 см, та щільність 1,31 – 1,40 г/см³.

Метою дослідження дослідити динаміку наростання листкової поверхні та інтенсивності процесу фотосинтезу в основні періоди вегетації сої. Загальна площа однієї дослідної ділянки становила 40 м², а облікової – 25 м². Розміщення варіантів систематичне, повторність досліді чотириразова. Сорт сої, який висівали у досліді Діадема Поділля. Загальна технологія вирощування сої рекомендована для Лісостепової зони крім факторів які були поставлені на вивчення.

Схема польового досліді: *Фактор А – Удобрення*: 1) N₆₀P₆₀K₆₀, 2) N₆₀P₆₀K₆₀ + Граундфікс 3 л/га, 3) N₆₀P₆₀K₆₀ + Граундфікс 5 л/га, 4) N₄₅P₄₅K₄₅ + Граундфікс 3 л/га. 5) N₄₅P₄₅K₄₅ + Граундфікс 5 л/га; *Фактор В – Обробка насіння*: 1) контроль (без обробки), 2) препаратом Мікофренд (1,5 л/т). Спостереження за посівами та проведення відповідних обліків проводили у відповідності до спеціалізованих методик [14,15].

Результати досліджень. Після появи сходів та примордіальних листків у рослин сої починається інтенсивний вегетативний ріст, а поряд із цим і наростання площі листкової поверхні.

Встановлено, що наростання площі листової поверхні у рослин сої відбувалося починаючи від фази повних сходів до кінця фази цвітіння, після чого зафіксовано сповільнення інтенсивності ростових процесів та поступове зниження даного показника, що у першу чергу пов'язане з біологічними особливостями культури, а саме з відмиранням листків у нижніх ярусах та перерозподілом поживних речовин з листків до генеративних органів, проте, процеси розвитку рослин ще не припиняються. Враховуючи дані особливості детальний аналіз впливу досліджуваних факторів на формування площі листкової поверхні ми проводили у фазу кінець цвітіння.

Внесення у передпосівну культивуацію ґрунтового біологічного добрива Граундфікс у нормі 3 л/га, на фоні повного мінерального удобрення N₆₀P₆₀K₆₀, забезпечило зростання площі листкової поверхні на 8,9 – 12,7 % або 3,1 – 4,4 тис. м²/га порівняно із контролем залежно від передпосівної обробки насіння мікоризоутворюючим препаратом Мікофренд (1,5 л/т), а за норми Граундфікса 5 л/га площа листкової поверхні була на 13,5 – 17,1 % або на 3,9 – 5,9 тис. м²/га більшою ніж на контролі. Так, на контрольному варіанті площа листкової поверхні у фазі початку цвітіння становила 28,8 тис. м²/га, а за внесення Граундфікса у нормах 3 л/га і 5 л/га даний показник зріс, відповідно до 31,9 тис.м²/га і 32,7 тис.м²/га. На варіантах з передпосівною обробкою насіння мікоризоутворюючим препаратом Мікофренд (1,5 л/т) ці показники становили, відповідно 34,5 тис. м²/га на контрольному варіанті та 38,9 тис. м²/га і 40,4 тис. м²/га за внесення Граунфікса 3 л/га і 5 л/га.

Крім ґрунтового біодобрива Граундфікс позитивний вплив на формування площі листкової поверхні мало і передпосівне оброблення насіння

Мікоризоутворюючим препаратом Мікофренд (1,5 л/га). Так, у фазі кінець цвітіння на варіантах досліду із передпосівною обробкою насіння Мікофрендом площа листкової поверхні була більшою порівняно із варіантами без його застосування на 5,7 тис. м²/га – 7,7 тис. м²/га.

Таблиця 1

**Динаміка площі листкової поверхні рослин сої
залежно від обробки насіння мікоризоутворюючим препаратом та рівня
удобрення, у середньому за 2017-2021 рр., тис. м²/га, М±m****

Обробка насіння	Удобрення*	Фази росту і розвитку				
		3-й трійчастий листок	початок цвітіння	кінець цвітіння	повний налив насіння	фізіологічна стиглість
Контроль	1	11,9±2,0	21,6±2,5	28,8±3,8	23,6±2,9	18,6±2,1
	2	12,2±2,0	22,0±2,4	31,9±4,3	26,4±3,4	20,7±2,2
	3	12,3±2,1	23,6±1,9	32,7±4,5	27,2±3,3	21,5±2,4
	4	11,0±1,8	20,3±2,2	25,9±3,4	22,8±2,5	17,1±1,8
	5	10,4±1,5	20,4±2,6	27,7±3,5	23,4±2,7	18,2±1,8
Мікофренд	1	12,8±2,2	22,9±2,4	34,5±4,5	27,2±3,0	21,6±2,1
	2	13,6±2,3	24,1±2,2	38,9±4,6	30,5±3,5	23,4±2,2
	3	14,1±2,2	25,3±2,3	40,4±4,4	31,9±3,4	24,0±2,4
	4	12,3±1,8	21,1±2,5	31,6±4,1	24,7±2,8	19,4±1,8
	5	12,2±1,9	23,5±2,4	34,9±4,0	28,3±3,2	21,4±2,0
Коефіцієнт варіації V, %		8,1	7,4	10,9	9,5	9,2
Відносна похибка Sx%		2,8	2,3	4,7	3,6	3,5

Примітка:* 1) N₆₀P₆₀K₆₀; 2) N₆₀P₆₀K₆₀ + Граундфікс 3 л/га; 3) N₆₀P₆₀K₆₀ + Граундфікс 5 л/га; 4) N₄₅P₄₅K₄₅ + Граундфікс 3 л/га; 5) N₄₅P₄₅K₄₅ + Граундфікс 5 л/га.

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

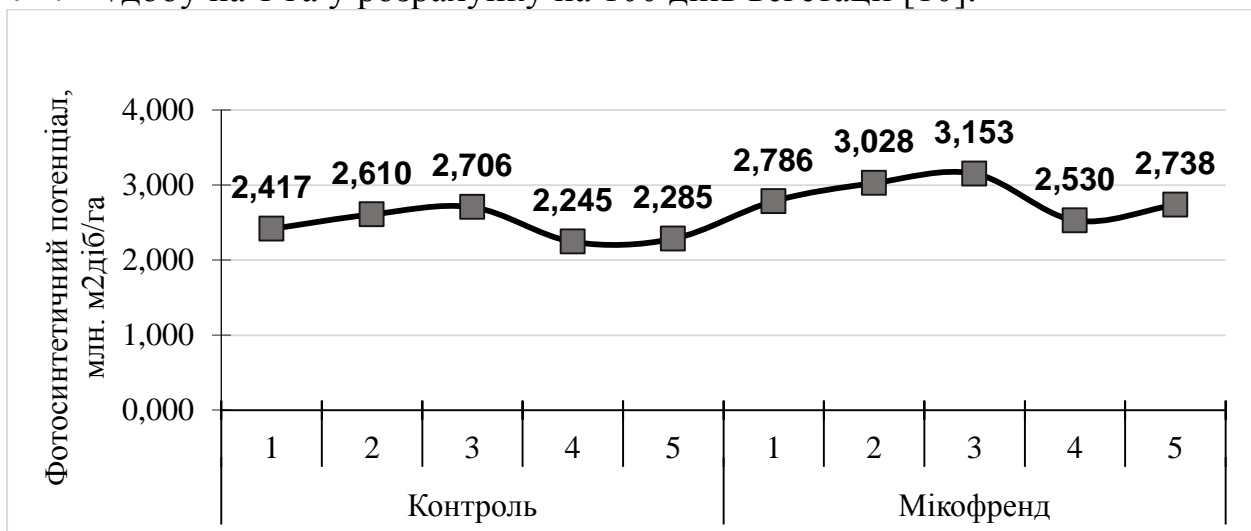
Джерело: сформовано на основі власних досліджень.

Поряд із цим встановлено, що зниження норми мінеральних добрив до N₄₅P₄₅K₄₅ сприяло зменшенню площі листкової поверхні на 5,0 тис. м²/га – 7,3 тис. м²/га. За результатами наших досліджень виявлено, що на варіантах із меншою нормою мінеральних добрив та обробкою насіння Мікофрендом (1,5 л/т) і внесенням Граундфікса у нормі 5 л/га формувалась площа листкової поверхні та такому ж рівні як і при внесенні лише мінеральних добрив у повній нормі N₆₀P₆₀K₆₀.

Отже, на основі отриманих результатів встановлено, що внесення у передпосівну культивуацію ґрунтового біодобрива Граундфікс (5 л/га) та обробка насіння препаратом Мікофренд (1,5 л/т) на фоні повного мінерального удобрення N₆₀P₆₀K₆₀ забезпечило формування максимальної у досліді площі

листової поверхні 40,4 тис. м²/га, що на 11,6 тис. м²/га більше у порівнянні до контролю. Фотосинтетична продуктивність посівів сільськогосподарських культур у тому числі і сої визначається не лише розмірами площі листової поверхні, але і тривалістю її активної роботи. Дані показники об'єднуються складають фотосинтетичний потенціал, що характеризує фенотипічні особливості рослин, площу листової поверхні та темпи її розвитку за весь період вегетації з врахуванням гідротермічних умов. За допомогою фотосинтетичного потенціалу можна достовірно оцінити фотосинтетичну продуктивність посівів, він у більшій мірі показує реальні можливості посівів формувати органічну речовину ніж площа листової поверхні рослин [4].

Висока продуктивність посівів сільськогосподарських культур можлива лише за умови, якщо фотосинтетичний потенціал посіву буде більшим ніж 2 млн. м²/добу на 1 га у розрахунку на 100 днів вегетації [10].



Примітка: * 1) N₆₀P₆₀K₆₀; 2) N₆₀P₆₀K₆₀ + Граундфікс 3 л/га; 3) N₆₀P₆₀K₆₀ + Граундфікс 5 л/га; 4) N₄₅P₄₅K₄₅ + Граундфікс 3 л/га; 5) N₄₅P₄₅K₄₅ + Граундфікс 5 л/га.

Рис. 1. Динаміка наростання фотосинтетичного потенціалу рослин сої залежно від рівня удобрення та обробки насіння мікоризоутворюючим препаратом, у середньому за 2017-2021 рр., млн. м² діб/га

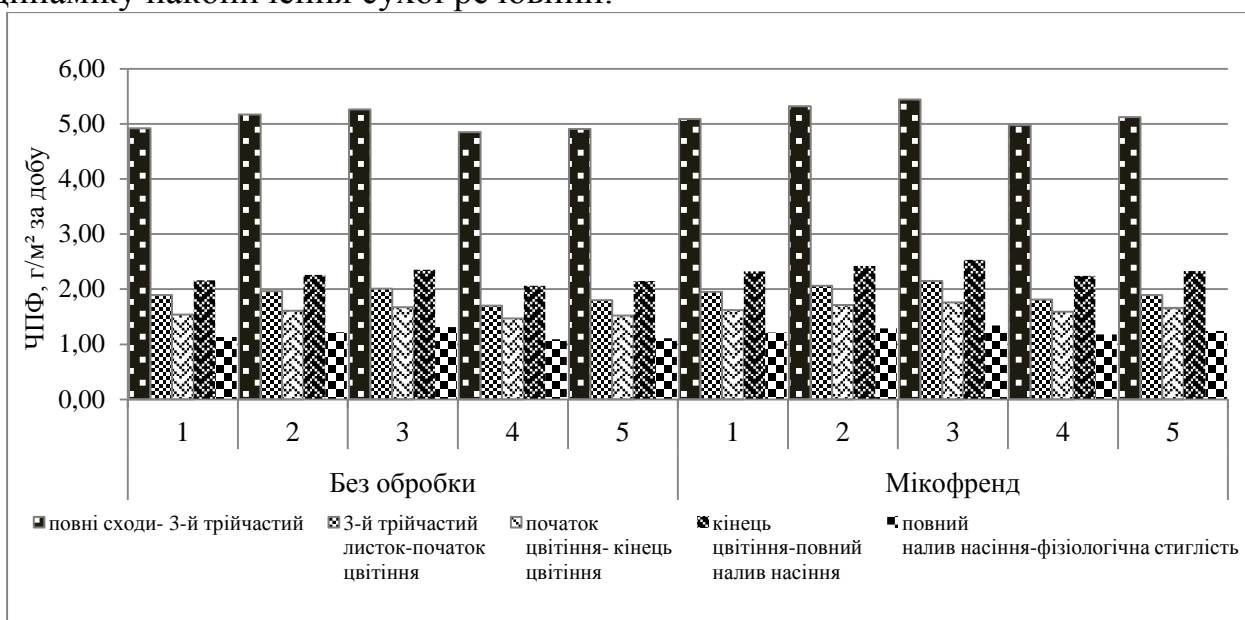
Джерело: сформовано на основі власних досліджень.

Встановлено, що внесення у передпосівну культивування ґрунтового біологічного добрива Граундфікс у нормі 3 л/га на фоні N₆₀P₆₀K₆₀ підвищувало фотосинтетичний потенціал посівів сої до 2,610 млн. м² діб/га, що більше на 0,193 млн. м² діб/га порівняно з контролем. Підвищення норми Граундфікса до 5 л/га забезпечило формування фотосинтетичного потенціалу на рівні 2,706 млн. м² діб/га, що на 0,289 млн. м² діб/га перевищувало контроль. Використання Граундфікса у нормах 3 л/га і 5 л/га на варіантах де норму мінеральних добрив було знижено до N₄₅P₄₅K₄₅ забезпечило формування фотосинтетичного потенціалу, відповідно, 2,245 млн. м² діб/га і 2,285 млн. м² діб/га, що на 0,365 млн. м² діб/га і 0,421 млн. м² діб/га нижче ніж на

аналогічних варіантах із повною нормою мінеральних добрив та на 0,172 млн. м² діб/га і 0,132 млн. м² діб/га нижче порівняно до контролю лише з мінеральними добривами (2,417 млн. м² діб/га).

Передпосівна обробка насіння Мікофрендом (1,5 л/т) та використання Граундфіксу у нормах 3 л/га і 5 л/га на фоні N₆₀P₆₀K₆₀ забезпечили формування фотосинтетичного потенціалу посівів сої, відповідно, 3,028 млн. м² діб/га і 3,153 млн. м² діб/га, що перевищувало контроль на 0,242 млн. м² діб/га і 0,367 млн. м² діб/га. Зниження норми мінеральних добрив до N₄₅P₄₅K₄₅ забезпечило зниження рівня фотосинтетичного потенціалу на 15,1 – 19,6 %.

Поряд із величиною площі листової поверхні та фотосинтетичним потенціалом посівів надзвичайно важливим показником фотосинтетичної продуктивності є чиста продуктивність фотосинтезу, даний показник показує динаміку накопичення сухої речовини.



Примітка: * 1) N₆₀P₆₀K₆₀; 2) N₆₀P₆₀K₆₀ + Граундфікс 3 л/га; 3) N₆₀P₆₀K₆₀ + Граундфікс 5 л/га; 4) N₄₅P₄₅K₄₅+ Граундфікс 3 л/га; 5) N₄₅P₄₅K₄₅+Граундфікс 5 л/га.

Рис. 2. Динаміка чистої продуктивності фотосинтезу у рослин сої залежно від обробки насіння мікоризоутворюючим препаратом та рівня удобрення, у середньому за 2017- 2021 рр., г/м² за добу

Джерело: сформовано на основі власних досліджень.

Чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) – це маса сухої речовини, яка синтезувалась за певний проміжок часу, в перерахунку на одиницю площі листків у фітоценозі. Таким чином, даний показник виражає продуктивну здатність до фотосинтезу одиниці площі листової поверхні за певний інтервал часу. Чиста продуктивність фотосинтезу – досить пластична ознака, яка піддається суттєвим змінам під впливом факторів навколишнього середовища, виходячи з чого він є специфічним для різних видів і сортів [15].

Чиста продуктивність фотосинтезу показує поетапні зміни росту рослин протягом періоду вегетації, у зв'язку з чим глибше розкриває особливості речовини в окремі міжфазні періоди [5].

За результатами проведених досліджень встановлено, що покращення системи живлення рослин за рахунок використання ґрунтового біодобрива Граундфікс та обробки насіння мікоризоутворюючим препаратом Мікофренд позитивно впливало на синтез органічної речовини посівами сої та підвищувало показники ЧПФ. Так, максимальне у досліді значення чистої продуктивності фотосинтезу $5,44 \text{ г/м}^2$ за добу зафіксовано у період повні сходи – третій трійчастий листок на варіантах досліду, де проводили передпосівну обробку насіння препаратом Мікофренд (1,5 л/т) та вносили у передпосівну культивуацію біологічне добриво Граундфікс (5 л/га), що на $0,52 \text{ г/м}^2$ за добу більше порівняно з контрольним варіантом. Аналогічні показники для міжфазного періоду третій трійчастий листок – початок цвітіння склали $2,15 \text{ г/м}^2$ за добу та $0,26 \text{ г/м}^2$ за добу, відповідно. Дана тенденція спостерігалась і у міжфазні періоди початок цвітіння – кінець цвітіння, кінець цвітіння – повний налив насіння та повний налив насіння – фізіологічна стиглість, при цьому прибавка до контролю становила, відповідно, 0,22, 0,37 і $0,21 \text{ г/м}^2$ за добу.

$$Y = 1,8879 + 0,092 * x \quad (4.4)$$

$$r = 0,949 ; r^2 = 0,902$$

$$Y = 0,5342 + 0,0605 * x \quad (4.5)$$

$$r = 0,932 ; r^2 = 0,870$$

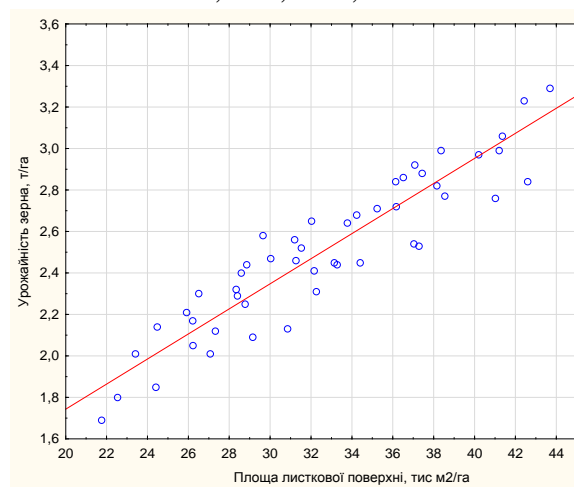
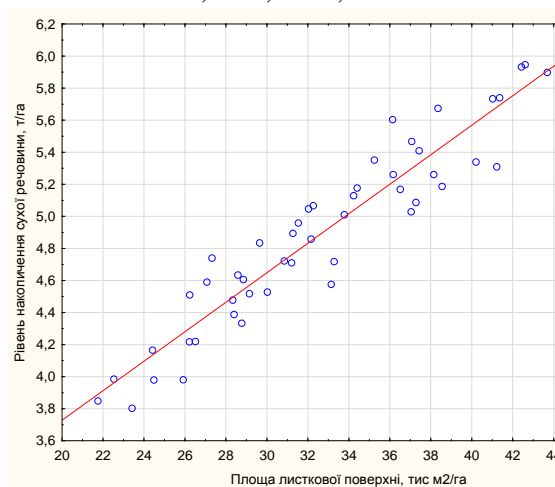


Рис. 3. Кореляційно-регресійна залежність між площею листової поверхні та накопиченням посівами сухої речовини і урожайністю зерна сої, у загальній сукупності даних за 2017- 2021 рр. ($n = 50$)

Джерело: сформовано на основі власних досліджень.

На основі проведених досліджень встановлено, що в період росту й розвитку рослин динаміка нагромадження сухої речовини посівами проходила у міру формування площі листової поверхні, і досягала максимальних показників у фазі фізіологічної стиглості. В процесі досліджень встановлено тісний кореляційний зв'язок між площею листової поверхні та кількістю сухої речовини. Так, у загальній сукупності варіантів досліду тіснота була сильною, при цьому коефіцієнт детермінації становив $r^2 = 0,902$. Отже, можна зробити

висновок, що збільшення площі листової поверхні сприяло зростанню накопичення посівами сухої речовини. У результаті проведеного кореляційно-регресійного аналізу також встановлено високий позитивний зв'язок між величиною площі листової поверхні та урожайністю зерна $r^2=0,807$.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Таким чином, отримані результати досліджень дають підстави сформулювати наступні висновки: в умовах Лісостепу Правобережного на сірих лісових ґрунтах внесення у передпосівну культивуацію біодобрива Грандфікс у нормі 5 л/га на фоні повного мінерального удобрення $N_{60}P_{60}K_{60}$ та обробка насіння мікоризоутворюючим препаратом Мікофренд (1,5 л/т) створює найсприятливіші умови для максимальної реалізації фотосинтетичної продуктивності рослин сої. Крім того високі показники продуктивності фотосинтезу формувались на варіантах з максимальним насиченням технології факторами біологізації при зниженій нормі мінерального удобрення до $N_{45}P_{45}K_{45}$, що було майже на одному рівні з варіантами з повною нормою мінеральних добрив.

Список використаної літератури

1. Чинчик О.С. Оліфірович С.Й. Фотосинтетична продуктивність посівів сої залежно від впливу елементів технології вирощування. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2023. Вип. 1 (38). С. 55-63
2. 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.
3. Шепілова Т.П. Вплив біопрепаратів на продуктивність сої у північному степу України. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2019. Вип. 94 (1). С. 255-264
4. Зв'язок фотосинтезу з продуктивністю рослин. ni.biz.ua - Навчальна Інформація для українських студентів. URL: http://ni.biz.ua/3/3_5/3_57321_svyaz-fotosinteza-s-produktivnostyu-rastenyi.html
5. Зінченко О.І. Програмування врожайності сільськогосподарських культур: підручник. Умань: Редакційно-видавничий відділ Уманського НУС, 2015. 310 с.
6. Шовкова О.В. Фотосинтетична продуктивність посівів сої залежно від строків сівби та застосування мікродобрив. *Вісник полтавської державної аграрної академії*. 2014. № 2. С. 156-160.
7. Заболотний Г.М., Мазур В.А., Циганська О.І., Дідур І.М., Циганський В.І., Панцирева Г.В. Агробіологічні основи вирощування сої та шляхи максимальної реалізації її продуктивності: монографія. Вінниця ВНАУ. 2020. 276 с.
8. Заболотний Г.М., Циганська О.І. Роль мінерального живлення у формуванні фотосинтетичного потенціалу сої в умовах Лісостепу

правобережного. *Міжвідомчий науковий тематичний збірник «Передгірне та гірське землеробство і тваринництво»*. Львів-Оброшино, 2015. Вип. 58 (2). С. 56-62.

9. Івасюк Ю.І., Карпенко В.П., Притуляк Р.М. [та ін.] *Основи біологізації в технологіях вирощування сої: монографія (рекомендації виробництву); за ред. В. П. Карпенка*. Умань: Видавець «Сочінський М. М.». 2017. 146 с.

10. Мазур В.А., Ткачук О.П., Дідур І.М., Панцирева Г.В. *Особливості технології вирощування малопоширених зернобобових культур: монографія*. Вінниця: ТВОРИ, 2021. 172 с.

11. Паламарчук В.Д., Поліщук І.С., Мазур В.А., Паламарчук О.Д. *Новітні агротехнології у рослинництві*. Вінниця: ВНАУ, 2017. 334 с.

12. Didur I.M., Tsyhanskyi V.I., Tsyhanska O.I. etc. (2019). The effect of fertilizer system on soybean productivity in the conditions of right bank forest-steppe. *Ukrainian Journal of Ecology*. 9 (1). 76-80.

13. Думич В. Вплив біопрепаратів на ефективність вирощування сої в західному регіоні України. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України*. 2020. Вип. 26 (40). С. 292-298.

14. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур. *Методи визначення показників якості рослинницької продукції*. Київ. 2000. Вип. 7. 144 с.

15. Єщенко В.О., Копитко П.Г., Опришко В.П., Костогриз П.В. *Основи наукових досліджень в агрономії*. За ред. В.О. Єщенка. Умань: Дія, 2005. 288 с.

Список використаної літератури у транслітерації / References

1. Chynchuk O.S. Olifirovych S.I. (2023). Fotosyntetychna produktyvnist posiviv soi zalezno vid vplyvu elementiv tekhnologii vyroshchuvannya [*Photosynthetic productivity of soybean crops depending on the influence of elements of growing technology*]. *Podilskyi visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika – Podilskyi Visnyk: agriculture, technology, economy*. Issue 1 (38). 55-63 [in Ukrainian].

2. Furman O.V. (2021). Formuvannya fotosyntetychnoi ta nasinnievoi produktyvnosti soi pid vplyvom inokuliatsii 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). Ch. 2. 30-33 [in Poland].

3. Shepilova T.P. (2019). Vplyv biopreparativ na produktyvnist soi u pivnichnomu stepu Ukrainy [*The influence of biological preparations on the productivity of soybeans in the northern steppe of Ukraine*]. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho NUS – Collection of scientific works of the Uman National Academy of Sciences*. Issue 94 (1). 255-264 [in Ukrainian].

4. Zviazok fotosyntezy z produktyvnistiu roslyn [*The relationship between photosynthesis and plant productivity*]. ni.biz.ua - Navchalna Informatsiia dlia ukrainskykh studentiv. URL: http://ni.biz.ua/3/3_5/3_57321_svyaz-fotosinteza-s-produktivnostyu-rastenyi.html [in Ukrainian].

5. Zinchenko O.I. (2015). Prohramuvannia vrozhaivosti silskohospodarskykh kultur [*Crop yield programming*]: pidruchnyk. Uman: Redaktsiino-vydavnychiy viddil Umanskooho NUS. 310. [in Ukrainian].

6. Shovkova O.V. (2014). Fotosyntetychna produktyvnist posiviv soi zalezno vid strokiv sivby ta zastosuvannia mikrodobryv [*Photosynthetic productivity of soybean crops depending on the timing of sowing and application of microfertilizers*]. *Visnyk poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii – Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*. Poltava, № 2. 156-160 [in Ukrainian].

7. Zabolotnyi H.M., Mazur V.A., Tsyhanska O.I., Didur I.M., Tsyhanskyi V.I., Pantsyрева H.V. (2020). Ahrobiolohichni osnovy vyroshchuvannia soi ta shliakhy maksimalnoi realizatsii yii produktyvnosti: monohrafiia Monohrafiia [*Agrobiological bases of soybean cultivation and ways of maximum realization of its productivity*]. Vinnytsia: VNAU. [in Ukrainian].

8. 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*]. *Mizhvidomchyi naukovyi tematychnyi zbirnyk «Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo» – Interdepartmental scientific thematic collection "Foothill and mountain agriculture and animal husbandry"*. Lviv-Obroshyno. Issue. 58 (2). 56-62. [in Ukrainian].

9. Ivasiuk Yu.I., Karpenko V.P., Prytuliak R.M. [ta in.] (2017). Osnovy biolohizatsii v tekhnolohiiakh vyroshchuvannia soi [*Basics of biologization in soybean cultivation technologies*]: monohrafiia (rekomentatsii vyrobnytstvu); za red. V. P. Karpenka. Uman: Vydavets «Sochinskyi M. M.». [in Ukrainian].

10. Mazur V.A., Tkachuk O.P., Didur I.M., Pantsyрева H.V. (2021). Osoblyvosti tekhnolohii vyroshchuvannia maloposhyrenykh zernobobovykh kultur [*Peculiarities of the technology of cultivation of rare leguminous crops*]: monohrafiia. Vinnytsia: TVORY. [in Ukrainian].

11. Palamarchuk V.D., Polishchuk I.S., Mazur V.A., Palamarchuk O.D. (2017). Novitni ahrotekhnolohii u roslynnytstvi [*The latest agricultural technologies in crop production*]. Vinnytsia: VNAU. [in Ukrainian].

12. Didur, I.M., Tsyhanskyi V.I., Tsyhanska, O.I. etc. (2019). The effect of fertilizer system on soybean productivity in the conditions of right bank forest-steppe. *Ukrainian Journal of Ecology*, 9 (1), 76-80 [in English].

13. Dumych V. (2020). Vplyv biopreparativ na efektyvnist vyroshchuvannia soi v zakhidnomu rehioni Ukrainy [*The influence of biological preparations on the efficiency of soybean cultivation in the western region of Ukraine*]. Tekhniko-tekhnolohichni aspekty rozvytku ta vyprobuvannia novoi tekhniky i tekhnolohii dlia

silskoho hospodarstva Ukrainy [*Technical and technological aspects of development and testing of new equipment and technologies for agriculture in Ukraine*]. Issue. 26 (40). 292-298 [in Ukrainian].

14. Metodyka derzhavnoho sortovyprobuvannia silskohospodarskykh kultur (2000). [*Methods of state varietal testing of crops*]. Metody vyznachennia pokaznykiv yakosti roslynnytskoi produktsii – *Methods for determining the quality of plant products*]. Kyiv. Issue. 7. 144. [in Ukrainian].

15. Yeshchenko V.O., Kopytko P.H., Opryshko V.P., Kostohryz P.V. (2005). Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii [*Basics of scientific research in agronomy*]. Za red. V.O. Yeshchenka. Uman: Diia. [in Ukrainian].

ANNOTATION

FORMATION OF THE PHOTOSYNTHETIC PRODUCTIVITY OF SOYBEAN CROPS UNDER A BIOLOGIZED FOOD SYSTEM

The process of photosynthesis and the intensity of its work are the basis of the formation of productivity and the level of productivity of agrophytocenoses of agricultural crops, including soybeans. One of the main tasks of modern intensive cultivation technologies is the creation of optimal conditions for the development of the assimilation surface, its long-term operation and the maximum accumulation of organic matter by plants. This scientific article presents the results of field research on the impact of biological preparations of different mechanisms of action created on the basis of phosphorus and potassium mobilizing and mycorrhizal forming bacteria on the photosynthetic productivity of soybean crops at different levels of mineral fertilization, namely on the dynamics of the leaf surface area, the formation of the photosynthetic potential of crops and net productivity of photosynthesis.

Field research was conducted on gray forest medium-loamy soils at the experimental field of the Agronomic Research Field of VNAU during 2017-2021. According to the results of the research and the processing of the obtained data, it was established that the use of Groundfix soil biofertilizer at the rate of 5 l/ha during the pre-sowing cultivation period and the pre-sowing treatment of seeds with the biological preparation Micofrend at the rate of 1,5 l/t against the background of complete mineral fertilization ensured the formation of the maximum in the experiment the area of the assimilation surface was 40,4 thousand m²/ha, which exceeded the control by 11,6 thousand m²/ha. In addition, based on the calculations, it was found that this version of fertilizer provided the formation of the highest photosynthetic potential in the experiment at the level of 3,153 million m² days/ha, and the net productivity of photosynthesis, which, depending on the interphase period, was 5,44, 2,16, 1,76, 2,53 and 1,34 g/m² per day.

The article also provides the results of correlation calculations of the closeness of the connection between the area of the leaf surface, the amount of accumulated dry matter and the level of productivity.

Key words: soybean, fertilizers, biological preparations, mycorrhiza, photosynthetic productivity.

Table. 1. Fig. 3. Lit. 15.

Відомості про авторів

Дідур Ігор Миколайович – кандидат сільськогосподарських наук, професор, в.о. директора ННІ Агротехнологій та природокористування Вінницького національного аграрного університету (21008, м. Вінниця, вул. Сонячна 3, e-mail: didurihor@gmail.com).

Циганський В'ячеслав Іванович – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри рослинництва та садівництва Вінницького національного аграрного університету (21008, м. Вінниця, вул. Сонячна 3, email: tsiganskiyslava@gmail.com).

Didur Ihor Mykolayovych – Candidate of Agricultural Sciences, Professor, Acting the director of the Institute of Agricultural Technologies and Nature Management of the Vinnytsia National Agrarian University (21008, Soniachna Str. 3, Vinnytsia, email: didurihor@gmail.com).

Tsyhanskyi Viacheslav – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Plant Production and Horticulture of Vinnytsia National Agrarian University (21008, Soniachna Str. 3, Vinnytsia, email: tsiganskiyslava@gmail.com).