

DOI: 10.32636/01308521.2025-(77)-2-6

Оригінальна наукова стаття

УДК 633.34:631.5:631.8

ФОРМУВАННЯ ФОТОСИНТЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ СОРТІВ СОЇ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ**Г. С. Коник, О. О. Стасів**

Інститут сільського господарства
Карпатського регіону НААН
вул. Грушевського, 5, с. Оброшине,
Львівський р-н, Львівська обл.,
81115

Про авторів:

Григорій КОНИК,
доктор сільськогосподарських наук
ORCID: 0000-0003-2141-2982

Олег СТАСІВ,
аспірант
ORCID: 0009-0000-5384-0597

Для листування:
Григорій КОНИК
e-mail: grygorii.konyk@gmail.com

Інформація про фінансування:
Національна академія аграрних наук
України

Отримано:
7 травня 2025 р.
Погоджено до друку:
20 травня 2025 р.

Продуктивність сільськогосподарських культур безпосередньо залежить від інтенсивності процесів фотосинтезу. Фотосинтетична діяльність посівів тісно пов'язана з величиною площі листової поверхні, адже її розміри, тривалість функціонування визначають кількість поглинання сонячної радіації. Для ефективного використання енергії сонця необхідно, щоб рослини сформували оптимальну площу листової поверхні і якнайдовше перебували в активному стані. На формування асиміляційного апарату впливають як ґрунтово-кліматичні умови, так і застосовані елементи технології вирощування. У статті наведено результати досліджень впливу агротехнічних заходів на формування показників площі листової поверхні посівів сої, листовий індекс і чисту продуктивність фотосинтезу. Визначено ефективність застосування інокуляції сої біопрепаратом Хістік, передпосівної обробки насіння мікоризоутворюючим препаратом Мікофренд і листового підживлення СтимОрганіком. На основі проведених спостережень і обліків встановлено, що в умовах Західного Лісостепу, на сірих лісових поверхнево оглеєних ґрунтах, досліджувані препарати суттєво впливали на динаміку площі листової поверхні, листовий індекс і чисту продуктивність фотосинтезу. Максимальна площа листової поверхні у сортів: Титан – 53,19 тис. м²/га, Моцарт – 70,22 тис. м²/га, чиста продуктивність фотосинтезу (відповідно 5,77 і 6,85 г/м² сухої речовини за добу) формувалася на варіантах досліду, де проводили інокуляцію насіння біопрепаратом Хістік, передпосівну обробку препаратом Мікофренд і позакореневе підживлення СтимОрганіком на фоні внесення мінеральних добрив N₃₀P₆₀K₉₀. Індекс листової поверхні на вказаному варіанті у сорту Титан становив 5,32, у сорту Моцарт – 7,02.

Ключові слова: соя, сорти, інокуляція, площа листової поверхні, листовий індекс, чиста продуктивність фотосинтезу.

Стаття з відкритим доступом на умовах ліцензії Creative Commons.

© Коник Г. С., Стасів О. О., 2025

Formation of photosynthetic potential of soybean varieties in the conditions of the Western Forest-Steppe

Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS
Hrushevskoho street, 5, Obroshyne village, Lviv district, Lviv region, 81115

About authors:

Hryhorii KONYK
ORCID: 0000-0003-2141-2982

Oleh STASIV
ORCID: 0009-0000-5384-0597

For corresponding:
Hryhorii KONYK
e-mail: grygorii.konyk@gmail.com

Funding information:
National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine

Received:
May 7, 2025
Accepted:
May 20, 2025

The productivity of agricultural crops directly depends on the intensity of photosynthesis processes. The photosynthetic activity of crops is closely related to the leaf surface area, because its size and duration of functioning determine the amount of absorption of solar radiation. For effective use of solar energy, it is necessary for plants to form the optimal leaf surface area and be in an active state for as long as possible. The formation of the assimilation apparatus is influenced by both soil and climatic conditions and the applied elements of cultivation technology. The article presents the results of studies of the influence of agrotechnical measures on the formation of indicators of the leaf surface area of soybean crops, leaf index and net photosynthesis productivity. The effectiveness of soybean inoculation with the biological preparation Histik, pre-sowing treatment of seeds with the mycorrhizal preparation Mycofriend and foliar feeding with StimOrganic was determined. Based on the observations and records, it was established that in the conditions of the Western Forest-Steppe, on gray forestal superficially gleyed soils, the studied preparations significantly affected the dynamics of the leaf surface area, leaf index and net photosynthesis productivity. The maximum leaf surface area of the varieties: Titan – 53.19 thousand m²/ha, Mozart – 70.22 thousand m²/ha, net photosynthesis productivity (respectively 5.77 and 6.85 g/m² of dry matter per day) was formed on the variants of the experiment, where seed inoculation with the biological preparation Histik, pre-sowing treatment with the preparation Mycofriend and foliar feeding with StimOrganic were carried out on the background of the application of mineral fertilizers N₃₀P₆₀K₉₀. The leaf surface index in the specified variant in the Titan variety was 5.32, in the Mozart variety – 7.02.

Keywords: soybean, varieties, inoculation, leaf surface area, leaf index, net photosynthetic productivity.

This is an open-access article under the terms of the Creative Commons.

Вступ. Важливим чинником отримання високих врожаїв сої є оптимальна площа листової поверхні та тривалість її функціонування. Залежно від умов вирощування, генотипу сорту та інших факторів соя може формувати площу листків від 20 до 70 тис. м²/га [1, 4]. Результатами досліджень, проведених у Лісостепу України встановлено, що оптимальна площа листя для сої повинна становити 40–50 тис. м² [3]. За меншої листової поверхні посіву оптико-біологічна структура посіву не оптимізована, що зумовлює нераціональне використання ФАР. Якщо ж ці значення перевищені – відбувається затінення частини листя в нижньому ярусі, що також небажане, оскільки спричиняє відмирання

частини листків [2, 18].

Фотосинтез і азотфіксація, що відбуваються у рослинах сої, є основою для синтезу білка, амінокислот, ферментів, вітамінів, вуглеводів та інших сполук [15]. Агротехнічні заходи (норма висіву, інокуляція, удобрення, підживлення та ін.), сортові властивості рослин, гідротермічні чинники безпосередньо впливають на формування площі листової поверхні сої [10, 11, 14, 21]. У досліджах О. С. Чинчика і С. Й. Оліфіровича проведення інокуляції насіння (Ризоактив + Мікофренд), підживлення сорту сої Аррата Фульвогуміном на фоні N₃₀P₆₀K₆₀ забезпечили найбільший показник фотосинтетичного потенціалу (3,592 млн м² дн./га) [19].

Позитивний вплив інокуляції насіння та внесення мінеральних добрив на фотосинтетичну продуктивність посівів сої відзначено також іншими дослідниками [12, 16]. Дослідженнями О. Циганської встановлено, що максимальну площу листової поверхні сої (53,7 тис. м²/га) було зафіксовано за інокуляції насіння Різолан + Різосейв та обприскування препаратом Органік Баланс [17].

В лівобережній частині Лісостепу України максимальних показників фотосинтетичної та насіннєвої продуктивності вдалося досягнути за сівби в ранній строк із проведенням обробки насіння мікродобривом Рексолін і позакореневим підживленням посівів Рексоліном і Брасітрелом [20]. На дерново-підзолистих ґрунтах Західного Полісся підживлення сої мікродобривом Вуксал Оіл Сід та інокуляції насіння препаратом Легум Фікс сприяло формуванню максимальної асиміляційної поверхні посівів сої сортів Кассіді та ЕС Ментор, відповідно 44,7 і 45,7 тис. м²/га [4].

Важливим показником фотосинтетичної діяльності є чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ), що характеризує інтенсивність нагромадження сухої біомаси врожаю протягом доби в розрахунку на 1 м² листової поверхні рослин. Задовільними є показники чистої продуктивності фотосинтезу, що мають значення в межах 3–4 г/м² за добу, хороші – 4–6, дуже хороші – понад 6 г сухої речовини на 1 м² площі листків за добу [13].

Враховуючи вищезазначене, дослідження щодо пошуку нових технологічних чинників вирощування сої для забезпечення формування оптимальних показників площі листової поверхні та ефективного її функціонування задля досягнення високої потенційно можливої врожайності посівів зберігають свою актуальність.

Матеріали і методи. Дослідну роботу проводили на полях Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН на сірому лісовому поверхнево оглеєному ґрунті з наступними агрохімічними

показниками шару 0–20 см: гумус (за Тюріним) – 1,97–2,2 %, рН (сольової витяжки) – 4,8–5,2, легкогідролізного азоту – 99,0–114,2 мг/кг ґрунту (визначення проводили методом Корнфілда згідно ДСТУ 7863:2015), рухомого фосфору та обмінного калію відповідно 95,2–101,1 і 107,1–112,0 мг/кг ґрунту (аналізували методом Кірсанова за ДСТУ 4405:2005) [7–9].

Агротехніка у дослідах загальноприйнята для зони Лісостепу, крім чинників, що вивчаються. Попередник – пшениця озима. Розміщення ділянок – систематичне зі зміщенням, кількість повторень – три, посівна площа – 52 м², площа облікової ділянки – 25,0 м², удобрення – N₃₀P₆₀K₉₀.

Дослід трифакторний. Відповідно до схеми досліду висівали сорти сої Моцарт і Титан без інокуляції насіння і за проведення передпосівної обробки препаратом Хістік (0,4 кг/т). Фактор «удобрення» включав варіанти без проведення обробок; передпосівну обробку насіння Мікофрендом (1,5 л/т); позакореневе підживлення СтимОрганіком (2 л/га) у фази ВВСН 12 і ВВСН 51; передпосівну обробку насіння Мікофрендом (1,5 л/т) + позакореневе підживлення СтимОрганіком (2 л/га) у фази ВВСН 12 і ВВСН 51.

Кількісна норма висіву насіння щорічно складала 550 тис./га схожих насінин. Для висіву у фізичній вазі кількісну норму переводили шляхом математичного перерахунку в вагову відповідно до маси 1000 насінин та лабораторної схожості. Площу листової поверхні визначали методом «висічок» [6]. Збирання проводилося окремо по ділянках селекційним комбайном Sampo-130. Зерно з випробування кожного року, після зважування по ділянках, використовувалося на товарні цілі. Статистична обробка результатів проводилася за загальноприйнятими методиками на базі програми Excel.

Результати та обговорення. В результаті проведених досліджень

встановлено позитивний вплив передпосівної обробки насіння інокулянтom Хістік на збільшення площі листової поверхні та чистої продуктивності фотосинтезу.

У середньому за варіантами дослідy площа листової поверхні в фазу 1-го листа у сорту Титан на посівах без інокуляції насіння становила 4,19 тис. м²/га, передпосівна інокуляція сприяла її

зростанню на 0,53 тис. м²/га (табл. 1). Позитивна тенденція до зростання площі листової поверхні від інокуляції насіння препаратом Хістік відзначена і в наступні фази розвитку сої: цвітіння – на 2,18 тис. м²/га, формування бобів – на 5,18 тис. м²/га. В сорту Моцарт за проведення інокуляції насіння цей показник у відповідні фази розвитку зріс на 0,2; 2,52 і 6,63 тис. м²/га.

1. Динаміка площі листової поверхні сортів сої залежно від досліджуваних факторів, середнє за 2023 та 2024 рр., тис. м²/га

Варіант дослідy	Фази розвитку сої					
	1-й листок	цвітіння	формування бобів	1-й листок	цвітіння	формування бобів
	без інокуляції			інокуляція Хістік		
Сорт Титан						
Без обробки (контроль)	4,18	18,92	46,06	4,71	20,37	50,94
Передпосівна обробка насіння Мікофренд (1,5 л/т)	4,22	19,37	47,36	4,73	21,62	53,08
Позакореневе підживлення СтимОрганік (2,0 л/га)	4,19	19,24	47,27	4,70	21,59	53,05
Мікофренд (1,5 л/т) + СтимОрганік (2,0 л/га)	4,20	19,61	47,60	4,74	22,32	53,19
Середнє	4,19	19,29	47,07	4,72	21,47	52,25
Сорт Моцарт						
Без обробки (контроль)	3,62	18,94	60,92	3,82	20,95	67,55
Передпосівна обробка насіння Мікофренд (1,5 л/т)	3,65	19,36	63,10	3,85	22,27	69,96
Позакореневе підживлення СтимОрганік (2,0 л/га)	3,63	19,31	63,11	3,81	21,95	69,88
Мікофренд (1,5 л/т) + СтимОрганік (2,0 л/га)	3,67	19,79	63,98	3,87	22,34	70,22
Середнє	3,64	19,35	62,77	3,84	21,87	69,40

За проведення обробки насіння мікоризоутворюючим препаратом Мікофренд вищі прирости площі асиміляційної поверхні відзначено у фазу цвітіння і формування бобів. На варіантах без інокуляції у сорту Титан на 0,45 і 1,3 тис. м²/га, Моцарт – 0,42 і 2,18 тис. м²/га відповідно. Поєднання інокуляції препаратом Хістік з обробкою насіння Мікофрендом зумовило зростання листової поверхні посівів у сорту Титан у ці фази на 1,25 і 2,14 тис. м²/га, у сорту Моцарт – на 1,32 і 2,41 тис. м²/га.

Схожа закономірність спостерігалася і в разі підживлення СтимОрганіком. На варіантах без інокуляції насіння приріст площі листків у фазу цвітіння становив 0,32–0,37 тис. м²/га, у фазу формування бобів 1,21–2,19 тис. м²/га, за інокуляції насіння, відповідно 1,22–1,0 і 2,11–2,33 тис. м²/га.

Максимальні показники площі листової поверхні були на варіантах поєднання передпосівної обробки насіння мікоризоутворюючим препаратом Мікофренд (1,5 л/га), позакореневого

підживлення СтимОрганіком (2 л/га) у фазі ВВСН 12 і ВВСН 51 та інокуляції насіння Хістік (0,4 кг/т): у сорту Титан 4,74 (1-й листок), 22,32 (цвітіння), 53,19 (формування бобів) тис. м²/га, Моцарт, відповідно 3,87; 22,34 і 70,22 тис. м²/га.

Обчислені показники чистої продуктивності фотосинтезу дозволяють

стверджувати, що усі досліджувані елементи технології сприяли зростанню фотосинтетичної діяльності посівів сої. Більш інтенсивне накопичення як сирої, так і абсолютно сухої маси, і в результаті вищі показники чистої продуктивності фотосинтезу відзначено за проведення інокуляції насіння біопрепаратом Хістік (табл. 2).

2. Чиста продуктивність фотосинтезу сої залежно від елементів технології, г/м² сухої речовини за добу, середнє за 2023 та 2024 рр.

Варіант досліджу	Фази розвитку сої			
	1-й листок – цвітіння	цвітіння – формування бобів	1-й листок – цвітіння	цвітіння – формування бобів
	без інокуляції		інокуляція Хістік	
Сорт Титан				
Без обробки (контроль)	3,14	5,33	3,73	5,47
Передпосівна обробка насіння Мікофренд (1,5 л/т)	3,34	5,47	3,79	5,65
Позакореневе підживлення СтимОрганік (2,0 л/га)	3,27	5,43	3,76	5,57
Мікофренд (1,5 л/т) + СтимОрганік (2,0 л/га)	3,42	5,61	3,93	5,77
Середнє	3,29	5,46	3,8	5,62
Сорт Моцарт				
Без обробки (контроль)	3,64	6,27	4,03	6,61
Передпосівна обробка насіння Мікофренд (1,5 л/т)	3,69	6,50	4,23	6,69
Позакореневе підживлення СтимОрганік (2,0 л/га)	3,67	6,48	4,39	6,74
Мікофренд (1,5 л/т) + СтимОрганік (2,0 л/га)	3,72	6,73	4,41	6,85
Середнє	3,68	6,50	4,27	6,72

Період від цвітіння до формування бобів сої характеризувався найбільшим накопиченням біомаси порівняно з попереднім періодом, що впливало на продуктивність фотосинтезу – 5,33–5,77 г/м² сухої речовини за добу в сорту Титан і 6,27–6,85 г/м² сухої речовини за добу у сорту Моцарт, залежно від досліджуваних чинників. У період «1-й листок-цвітіння» продуктивність фотосинтезу була в межах 3,14–3,93 г/м² сухої речовини за добу – в сорту Титан і

3,64–4,41 г/м² сухої речовини за добу – в сорту Моцарт.

Найсприятливіші умови для формування максимального показника чистої продуктивності фотосинтезу склалися за поєднання інокуляції насіння Хістік, передпосівної обробки Мікофрендом і позакоренових підживлень СтимОрганіком. Найбільші значення даний показник мав у сорту Моцарт у період «цвітіння-формування бобів» 6,85 г/м² сухої речовини за добу. ЧПФ сорту Титан

на зазначеному варіанті на 15,8 % була меншою.

На підставі отриманих результатів було розраховано індекс листової поверхні посівів сої. Листковий індекс (ЛІ) характеризує фотосинтетичну біомасу рослин і є важливим для вимірювання стану рослинного покриву. Для основних сільськогосподарських культур оптимальний ЛІ знаходиться в межах 4–6, що дозволяє досягти максимальної

продуктивності без надмірної конкуренції за світло та ресурси.

Листковий індекс визначали шляхом відношення сумарної листової площі рослин (м² листків) до 1 м² посівної ділянки (табл. 3). Встановлено, що ЛІ змінювався залежно від сорту і досліджуваних елементів технології, найменше значення мав у фазі 1-го листка (0,36–0,42) і закономірно зростав до наливу бобів (4,60–7,02).

3. Індекс листової поверхні сортів сої залежно від досліджуваних факторів, середнє за 2023 та 2024 рр.

Варіант досліджу	Фази розвитку сої					
	1-й листок	цвітіння	форму- вання бобів	1-й листок	цвітіння	форму- вання бобів
	без інокуляції			інокуляція Хістік		
Сорт Титан						
Без обробки (контроль)	0,41	1,89	4,60	0,47	2,04	5,09
Передпосівна обробка насіння Мікофренд (1,5 л/т)	0,42	1,94	4,74	0,47	2,16	5,31
Позакореневе підживлення СтимОрганік (2,0 л/га)	0,42	1,92	4,73	0,47	2,16	5,30
Мікофренд (1,5 л/т) + СтимОрганік (2,0 л/га)	0,42	1,96	4,76	0,47	2,23	5,32
Середнє	0,42	1,93	4,73	0,47	2,14	5,25
Сорт Моцарт						
Без обробки (контроль)	0,36	1,89	6,09	0,38	2,09	6,75
Передпосівна обробка насіння Мікофренд (1,5 л/т)	0,36	1,94	6,31	0,38	2,22	6,99
Позакореневе підживлення СтимОрганік (2 л/га)	0,36	1,93	6,31	0,38	2,19	6,98
Мікофренд (1,5 л/т) + СтимОрганік (2,0 л/га)	0,37	1,98	6,39	0,39	2,23	7,02
Середнє	0,36	1,94	6,27	0,38	2,18	6,93

Найбільший вплив на збільшення листового індексу виявила обробка насіння сої мікоризоутворюючим препаратом Мікофренд у поєднанні з позакореневим підживленням СтимОрганіком на фоні інокуляції біопрепаратом Хістік. На вказаному варіанті індекс листової поверхні у сорту Титан становив 5,32, у сорту Моцарт – 7,02.

Висновки. Провівши аналіз отриманих результатів, можна

стверджувати, що поєднання інокуляції насіння препаратом Хістік з передпосівною обробкою мікоризоутворюючим препаратом Мікофренд та позакореневим підживленням мікродобривами СтимОрганік найбільше сприяли збільшенню площі листової поверхні посівів сої та чистої продуктивності фотосинтезу. Максимальні показники площі листової поверхні (70,22 тис. м²/га), чистої продуктивності фотосинтезу

(6,85 г/м² сухої речовини за добу) і листковий індекс (7,02) відзначено у сорту Моцарт за проведення передпосівної обробки насіння інокулянтном Хістік,

Список використаної літератури

1. Бабич А. О., Новохацький М. Л. Освітленість рослин та її вплив на динаміку листкового індексу посівів сої в умовах Правобережного Лісостепу України. *Аграрний вісник Причорномор'я*. 2001. Вип. 12. С. 179–184.
2. Вплив елементів технології вирощування на продуктивність сої / Л. Ю. Ткаченко та ін. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2023. Вип. 75 (2). С. 138–146. DOI: 10.32636/01308521.2024-(75)-2-12.
3. 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. URL: http://ir.polissiauniver.edu.ua/bitstream/123456789/3425/1/VZNAU_2015_2_1_207-211.pdf (дата звернення: 10.04.2025).
4. Гадзовський Г. Л., Новицька Н. В., Мартинов О. М. Фотосинтетична діяльність посівів сої на дерново-підзолистих ґрунтах Західного Полісся. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2020. Vol. 11, №1. С. 5–12. DOI: <https://doi.org/10.31548/agr2020.01.005>.
5. Дідур І. М. Вплив передпосівної обробки насіння та позакоренових підживлень на динаміку формування площі листової поверхні рослин сої. *Сільське господарство та лісівництво*. 2022. № 4 (27). С. 5–14. DOI: 10.37128/2707-5826-2022-4-1.
6. Дослідна справа в агрономії : навч. посібник у 2 кн. Кн. 1. Теоретичні аспекти дослідної справи / А. О. Рожков та ін. ; за ред. А. О. Рожкова. Харків : Майдан, 2016. 316 с.
7. ДСТУ 4405:2005. (2006). Якість ґрунту. Визначення рухомих сполук фосфору і калію методом Кірсанова в модифікації Національного центру ІГА. : Видання офіційне. [Чинний від 2006-07-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2006. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=60252 (дата звернення: 16.04.2025).
8. ДСТУ 7855:2015 Якість ґрунту. Визначення групового складу гумусу за методом Тюріна у модифікації Кононової та Бельчикової : Видання офіційне. [Чинний від 2016-07-01]. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=62737 (дата звернення: 16.04.2025).
9. ДСТУ 7863:2015. (2016). Якість ґрунту. Визначення легкогідролізного азоту методом Корнфілда : Видання офіційне. [Чинний від 2016-07-01]. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=62745 (дата звернення: 16.04.2025).

мікоризоутворюючим препаратом Мікофренд і позакоренового підживлення СтимОрганіком.

References

1. Babych A. O., Novokhatskyi M. L. Plant illumination and its influence on the dynamics of the leaf index of soybean crops in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Ahrarnyi visnyk Prychornomor'ia*. 2001. Issue 12. P. 179–184.
2. The influence of elements of growing technology on soybean productivity / L. Yu. Tkachenko et al. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnystvo*. 2023. Issue 75 (2). P. 138–146. DOI: 10.32636/01308521.2024-(75)-2-12.
3. The influence of fertilization on the dynamics of the formation of the leaf surface area of soybean crops / O. V. Dzhemesiuk et al. *Visnyk Zhytomyrskoho natsionalnoho ahroekolohichnoho universytetu*. 2015. No. 2 (50). Vol. 1. P. 207–212. URL: http://ir.polissiauniver.edu.ua/bitstream/123456789/3425/1/VZNAU_2015_2_1_207-211.pdf (last accessed: 10.04.2025).
4. Hadzovskyi H. L., Novytska N. V., Martynov O. M. Photosynthetic activity of soybean crops on sod-podzolic soils of Western Polissia. *Roslynnystvo ta gruntoznavstvo*. 2020. Vol. 11, No. 1. P. 5–12. DOI: <https://doi.org/10.31548/agr2020.01.005>.
5. Didur I. M. The influence of pre-sowing seed treatment and foliar top dressing on the dynamics of the formation of the leaf surface area of soybean plants. *Silske hospodarstvo ta lisivnystvo*. 2022. No. 4 (27). P. 5–14. DOI: 10.37128/2707-5826-2022-4-1.
6. Research work in agronomy: a textbook in 2 volumes – Vol. 1. Theoretical aspects of research work / A. O. Rozhkov et al. ; za red. A. O. Rozhkova. Kharkiv : Maidan, 2016. 316 p.
7. DSTU 4405:2005. (2006). Soil quality. Determining the group composition of humus according to Tyurins method as modified by Kononova and Belchikova : Vydannia ofitsiine. [Chynnyi vid 2006-07-01]. Kyiv : Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2006. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=60252 (last accessed: 16.04.2025).
8. DSTU 7855:2015 Soil quality. Determination of mobile compounds of phosphorus and potassium by the Kirsanov method in the modification of the Kononova and Belchikova National Center of IGA : Vydannia ofitsiine. [Chynnyi vid 2016-07-01]. Kyiv : DP «UkrNDNTs», 2016. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=62737 (last accessed: 16.04.2025).
9. DSTU 7863:2015. (2016). Soil quality. Determination of easily hydrolyzable nitrogen by the Kornfield method : Vydannia ofitsiine. [Chynnyi vid 2016-07-01]. Kyiv : DP «UkrNDNTs», 2016. URL:

10. Каленська С. М., Новіцька Н. В., Джемесюк О. В. Формування площі листкової поверхні сої під впливом інокуляції та підживлення. *Вісник Полтавської Державної аграрної академії*. 2016. № 3. С. 6–10.
11. Малиновська І. М., Борко Ю. П. Вплив агротехнічних заходів на активність хлорофілу рослин сої. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 2 (815). С. 19–25. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202102-03>.
12. Онуфран Л. І., Нетіс 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.
13. Рослинництво. Практикум / За ред. О. І. Зінченка. Вінниця : Нова книга, 2008. 536 с.
14. Темрієнко О. О. Фотосинтетична та насіннева продуктивність посівів сої залежно від технологічних прийомів вирощування в умовах Лісостепу Правобережного. *Таврійський науковий вісник*. 2018. № 100. Т. 2. С. 75–85. URL: https://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/100_2018/part_2/100-2_2018.pdf (дата звернення: 05.04.2025).
15. Урожайність і якість насіння сільськогосподарських культур за дії регуляторів росту рослин / М. Г. Василенко та ін. *Агроєкологічний журнал*. 2018. № 1. С. 96–101. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2018.161350>.
16. Фурман В. А., Фурман О. В., Свистунова І. В. Фотосинтетична та насіннева продуктивність сої залежно від інокуляції та удобрення в умовах Правобережного Лісостепу. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2022. № 6/100. DOI: <https://doi.org/10.31548/dopovidi2022.06.002>.
17. Циганська О. Особливості росту і розвитку рослин сої залежно від елементів технології вирощування. *Агронаука і практика*. 2023. Вип. 2, Ч. 4, С. 10–16. DOI: 10.32636/AGROSCIENCE.2023-(2)-4-2.
18. Чинчик О. С. Фотосинтетична діяльність та врожайність сортів сої залежно від удобрення. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. Умань, 2017. Вип. 90. Ч. 1. С. 246–255. URL: <https://journal.udau.edu.ua/assets/files/90/Agro/Ukr/33.pdf> (дата звернення: 04.04.2025).
19. Чинчик О. С., Оліфірович С. Й. Фотосинтетична продуктивність посівів сої залежно від впливу елементів технології вирощування. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2023. С. 55–63. DOI: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-1.8>.
20. Шовкова О. В. Вплив елементів технології вирощування на фотосинтетичну та насіннову продуктивність посівів сої. *Вісник Житомирського національного агроєкологічного університету*. 2015. № 2 (50), т. 1. С. 464–471. URL: <http://ir.polissiauniver.edu.ua/bitstream/123456789/328>
- https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=62745 (last accessed: 16.04.2025).
10. Kalenska S. M., Novitska N. V., Dzhemesiuk O. V. Formation of the leaf surface area of soybean under the influence of inoculation and fertilization. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi ahrarnoi akademii*. 2016. No. 3. P. 6–10.
11. Malynovska I. M., Borko Yu. P. The influence of agrotechnical measures on the activity of chlorophyll in soybean. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2021. No. 2 (815). P. 19–25. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202102-03>.
12. Onufra L. I., Netis V. I. Absorption and use of solar energy by soybean crops under different growing conditions. *Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomor'ia*. 2017. Issue 2 (94). P. 107–115.
13. Crop production. Workshop / Za red. O. I. Zinchenka. Vinnytsia : Nova knyha, 2008. 536 p.
14. Temriienko O. O. Photosynthetic and seed productivity of soybean crops depending on the technological methods of cultivation in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*. 2018. No. 100. Vol. 2. P. 75–85. URL: https://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/100_2018/part_2/100-2_2018.pdf (last accessed: 05.04.2025).
15. Yield and quality of seeds of agricultural crops under the action of plant growth regulators / M. H. Vasylenko et al. *Ahroekolohichniy zhurnal*. 2018. No. 1. P. 96–101. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2018.161350>.
16. Furman V. A., Furman O. V., Svystunova I. V. Photosynthetic and seed productivity of soybean depending on inoculation and fertilization in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy*. 2022. No. 6/100. DOI: <https://doi.org/10.31548/dopovidi2022.06.002>.
17. Tsyhanska O. Peculiarities of growth and development of soybean plants depending on elements of cultivation technology. *Ahronauka i praktyka*. 2023. Issue 2, Ch. 4, P. 10–16. DOI: 10.32636/AGROSCIENCE.2023-(2)-4-2.
18. Chynchyk O. S. Photosynthetic activity and yield of soybean varieties depending on fertilization. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*. Uman, 2017. Issue 90. Ch. 1. P. 246–255. URL: <https://journal.udau.edu.ua/assets/files/90/Agro/Ukr/33.pdf> (last accessed: 04.04.2025).
19. Chynchyk O. S., Olifirovych S. Y. Photosynthetic productivity of soybean crops depending on the influence of elements of cultivation technology. *Podilskyi visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika*. 2023. P. 55–63. DOI: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-1.8>.
20. Shovkova O. V. The influence of elements of cultivation technology on the photosynthetic and seed productivity of soybean crops. *Visnyk Zhytomyrskoho natsionalnoho ahroekolohichnoho universytetu*. 2015. No. 2 (50), vol. 1. P. 464–471. URL:

7/3/VZNAU_2015_2_1_464-471.pdf (дата звернення: 04.04.2025).

21. Шовкова О. В. Фотосинтетична продуктивність посівів сої залежно від строків сівби та застосування мікродобрих. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2014. № 2. С. 156–160. URL: <https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/visnyk/2014/02/34.pdf> (дата звернення: 04.04.2025).

http://ir.polissiauniver.edu.ua/bitstream/123456789/3287/3/VZNAU_2015_2_1_464-471.pdf (last accessed: 04.04.2025).

21. Shovkova O. V. Photosynthetic productivity of soybean crops depending on the sowing dates and the use of microfertilizers. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*. 2014. No. 2. P. 156–160. URL: <https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/visnyk/2014/02/34.pdf> (last accessed: 04.04.2025).