

ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ ФОТОСИНТЕТИЧНОГО АПАРАТУ СОЇ В КОРОТКОРОТАЦІЙНИХ СІВОЗМІНАХ

ЗУБОВ Д. А. – аспірант

orcid.org/0009-0007-3086-3906

Інститут кормів та сільського господарства Поділля

Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. В Україні сої належить провідне місце в структурі посівних площ серед високобілкових культур та вона визначає рівень виробництва рослинного білка. Соевий білок насичений важливими амінокислотами, характеризується високим рівнем перетравності та засвоєння та є високо функціональним. Додавання сої до фуражного зерна в кількості 10–20 % від раціону поліпшує поживні властивості корму в 1,5–2 рази [1].

Нагромадження посівами сої сухої речовини за вегетаційний період характеризує ступінь її продуктивності. У період формування та наливу насіння важливе значення має трансформація продуктів фотосинтезу і темпи нагромадження сухої речовини. В цей час продукуюча та зберігаюча підсистеми тісно взаємопов'язані та врожайність насіння формується в результаті роботи фотосинтетичного апарату. Напрямок механізму нагромадження сухої речовини та перерозподіл між продукуючою та зберігаючою підсистемами є однією з оцінок рівня продуктивності культури. Тому більш точну інформацію про хід і особливості продукційного процесу можна отримати за допомогою визначення акумуляції сухої речовини рослинами впродовж вегетаційного періоду [2, 3]. Для характеристики фотосинтетичної діяльності рослин сої важливе значення має показник чистої продуктивності фотосинтезу. Цей показник характеризує інтенсивність нагромадження сухої речовини врожаєм 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 [4, 5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Установлено, що посіви, які мають потужний фотосинтетичний потенціал і високу продуктивність фотосинтезу, накопичують значно більше сухої речовини [6]. На величину накопичення посівами сухої речовини безпосередньо впливають сортові особливості сої [7], комплекс агротехнічних заходів: попередник, рівень забезпечення вологою [8, 9], ґрунт, система удобрення, строк сівби, просторове і кількісне розміщення рослин на площі, яке забезпечується способом сівби і нормою висіву насіння [10–13], але більше за все накопичення посівами сухої речовини залежить від величини фотосинтезуючої поверхні, тривалості й продуктивності її функціонування [14, 15]. Збільшення площі асиміляційної поверхні на одиниці площі не є основним фактором вирішення всіх питань підвищення продуктивності рослин і формування урожайності, бо може призвести до затінення одних листків іншими і зниження продуктивності фотосинтезу, що є важливим показником

життєдіяльності рослин, урожайності. Продуктивність роботи листового апарату, а саме чиста продуктивність фотосинтезу разом з умовами живлення та вологозабезпеченістю, визначають розміри накопичення маси рослин та урожайності насіння сої [16, 17].

Чиста продуктивність фотосинтезу залежить як від біологічних особливостей культури, так і від комплексу зовнішніх факторів: сонячної радіації, температури повітря, вологості ґрунту, рівня мінерального живлення, а також застосування регуляторів росту рослин [18–20]. На відміну від загальної продуктивності фотосинтезу, чиста продуктивність не містить органічної маси, яка витрачається рослинами на дихання, а тільки ту, що накопичується за добу. Як наслідок, чиста продуктивність фотосинтезу повніше, ніж площа листків, відображає реальні можливості агробіоценозу щодо синтезу органічної речовини. Вона є одним з найважливіших параметрів, з яким корелює рівень урожайності [21, 22].

Мета. Дослідити динаміку та особливості формування чистої продуктивності фотосинтезу та нагромадження сухої речовини посівами сої залежно від системи захисту від шкочинних організмів в короткоротаційних сівозмінках та безмінних посівах культури.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проводили в стаціонарному досліді в Інституті кормів та сільського господарства Поділля НААН.

В досліді вивчали дію та взаємодію двох чинників: А – співвідношення культур в короткоротаційних сівозмінах, що досліджуються:

1. Безмінний посів сої (31 рік);
2. Короткоротаційна сівозмінка із співвідношенням сої та кукурудзи як 1:1;
3. Короткоротаційна сівозмінка із співвідношенням сої та кукурудзи як 1:2;
4. Короткоротаційна сівозмінка із співвідношенням сої та кукурудзи як 1:3;

В – система захисту від шкочинних організмів в короткоротаційних сівозмінах:

1. Без системи захисту (контроль);
2. Передпосівна обробка насіння сої та кукурудзи протруйником Максим XL 035 FS т.к.с. (1,0 л/т);
3. Обприскування посівів сої фунгіцидом Абакус (1,5 л/га) у фазі бутонізації та утворення бобів, посівів кукурудзи фунгіцидом Абакус (1,5 л/га) при появі 5 та 9 листків;
4. Передпосівна обробка насіння протруйником + обприскування посівів сої у фазах бутонізації та утворення бобів та кукурудзи при появі 5 та 9 листків.

Ґрунт дослідної ділянки – сірий лісовий середньосуглинковий на лесі, орний шар якого (0–20 см) містить

гумусу – 1,94 %, азоту, що легко гідролізується – 8,9 мг/кг (визначення проводили методом Корнфілда згідно з ДСТУ 7863:2015), рухомого фосфору – 129,0 мг/кг та обмінного калію – 97,0 мг/кг (аналізували методом Кірсанова за ДСТУ 4405:2005), рН – 5,5, сума ввібраних основ – 20,0 мг-екв./100 г ґрунту. Вологість ґрунту в основному забезпечувалась атмосферними опадами, залягання ґрунтові вод знаходиться на глибині 10–15 метрів.

Чисту продуктивність фотосинтезу (ЧПФ), визначали за формулою:

$$\text{ЧПФ} = \frac{B_2 - B_1}{\frac{L_1 + L_2}{2} \cdot T}, \quad (1)$$

де ЧПФ – чиста продуктивність фотосинтезу, г/м² за добу;

B_1, B_2 – маса сухої речовини з 1 м² на початку та наприкінці облікованого проміжку часу, г;

L_1, L_2 – площа листової поверхні з 1 м² на початку та наприкінці облікованого проміжку часу, м²;

T – кількість днів між першим та другим визначенням [23].

Нагромадження сухої речовини визначали ваговим методом за основними фазами росту та розвитку рослин сої, шляхом висушування паралельних наважок до постійної її маси при температурі 105 °С за формулою:

$$C_p = \frac{100 \cdot M_2}{M_1}, \quad (2)$$

де M_1 та M_2 – маси відповідно сирого і висушеного зразків, г. З подальшим перерахунком у т/га [23].

Результати досліджень. Нагромадження посівами сої сухої речовини впродовж вегетаційного періоду

мало прямолінійний характер, тобто з настанням кожної наступної фази росту та розвитку рослин цей показник збільшувався. У фазу 3-й трійчастий листок рівень нагромадження сухої речовини становив 1,08 т/га, тоді як у фазу початку цвітіння – 4,04 т/га, у фазу кінця цвітіння – 4,69 т/га, у фазу наливу насіння – 4,82 т/га та свого максимуму нагромадження сухої речовини досягло в фазу повної стиглості й становило 5,03 т/га.

Співвідношення посівів сої та кукурудзи в короткочасних сівозмінах мало значний вплив на нагромадження сухої речовини посівами сої, що чітко спостерігалось уже після початку цвітіння, а в період наливання насіння – повна стиглість досягло свого максимуму. Відмічено, що найменший рівень сухої речовини (4,53–4,86 т/га) у фазу повної стиглості спостерігався на беззмінному посіві сої. На варіантах, де період її повернення на своє попереднє місце становить 1, 2 та 3 роки нагромадження сухої речовини було дещо вищим відповідно на 6,2 %, 9,2 % та 12,1 % порівняно з її розміщенням в беззмінному посіві (табл. 1).

Крім сівозмінного чинника позитивний вплив на нагромадження сухої речовини мало застосування системи захисту від шкочинних організмів. На варіантах дослідів із передпосівною обробкою насіння протруйником Максим XL (1,0 л/т) нагромадження сухої речовини було більшим на 3,5–13,6 % порівняно із контролем. Поряд із цим застосування обприскування посівів сої фунгіцидом Абакус (1,5 л/га) у фазі бутонізації та утворення бобів також сприяло збільшенню нагромадження сухої речовини на 5,3–15,1 %. Встановлено, що найбільш ефективним технологічним прийомом було поєднання передпосівної обробки протруйником та обробкою фунгіцидом у фазі бутонізації та утворення бобів.

Таблиця 1

Динаміка нагромадження сухої речовини посівами сої залежно від технологічних прийомів, т/га (2023–2024 рр.)

Співвідношення посівів сої і кукурудзи	Система захисту	Фази росту і розвитку рослин				
		3-й трійчастий листок	початок цвітіння	кінець цвітіння	налив насіння	повна стиглість
Беззмінний посів	1*	0,84	3,54	4,20	4,30	4,53
	2	0,87	4,00	4,34	4,45	4,69
	3	0,90	3,90	4,50	4,53	4,77
	4	0,88	4,20	4,41	4,62	4,86
1:1	1	0,96	3,60	4,30	4,31	4,54
	2	1,18	4,10	4,90	5,00	5,08
	3	1,06	4,00	4,82	4,84	5,09
	4	1,18	4,60	4,90	5,03	5,29
1:2	1	1,06	3,24	4,30	4,41	4,64
	2	1,14	3,34	4,70	4,95	5,21
	3	1,14	4,15	4,71	5,03	5,29
	4	1,20	4,66	5,00	5,13	5,40
1:3	1	1,06	3,60	4,30	4,47	4,71
	2	1,26	3,80	5,00	5,32	5,35
	3	1,20	4,85	5,30	5,34	5,42
	4	1,28	5,10	5,40	5,54	5,63

* Примітка: 1. Без захисту від хвороб (контроль); 2. Передпосівна обробка протруйником Максим XL 035 FS (1,0 л/т); 3. Обприскування посівів сої фунгіцидом Абакус (1,5 л/га) у фазі бутонізації та утворення бобів; 4. Передпосівна обробка протруйником Максим XL 035 FS (1,0 л/т) + обприскування посівів Абакус (1,5 л/га) у фазах бутонізації та утворення бобів.

За цих умов вирощування нагромадження сухої речовини перевищувала варіанти контролю на 7,3–19,5 %.

Найбільший показник нагромадження сухої речовини (5,63 т/га) відмічено за поєднанні дії системи захисту від шкочинних організмів у сівозміні при співвідношенні посівних площ сої і кукурудзи 1:3.

На основі регресійного аналізу виявлена залежність між нагромадженням сухої речовини посівами сої та чинниками, що були поставлені на вивчення, яка описується наступним рівнянням регресії:

$$Y = 4,2857 + 0,1830x_1 + 0,1440x_2, \quad (3)$$

де Y – нагромадження сухої речовини, т/га, x_1 – співвідношення посівів сої та кукурудзи в короткоротаційних сівозмінах, x_2 – система захисту від шкочинних організмів. Коефіцієнт детермінації становив $R^2 = 0,893$. Критерій $F = 25,4733$ ($F_{табл.} 3,80$).

Аналіз динаміки формування чистої продуктивності фотосинтезу (ЧПФ) впродовж вегетаційного періоду сої показав, що вона мала синусоїдний характер. Максимальна величина чистої продуктивності фотосинтезу (5,6–6,1 г/м² за добу) спостерігалась у період 3-й трійчастий листок – початок цвітіння. У період початок цвітіння – кінець цвітіння виявлено різке зниження чистої продуктивності фотосинтезу до 2,0–2,2 г/м² за добу. Значне зменшення показника чистої продуктивності фотосинтезу в цей період росту та розвитку рослин, пояснюється інтенсивним ростом вегетативних органів, особливо, листків та взаємним їх затіненням, що сприяло зниженню інтенсивності нагромадження сухої речовини. Відмічено, що за період росту і розвитку кінець цвітіння – наливання насіння за рахунок значного

підвищення інтенсивності нагромадження сухої речовини, удруге відбувалося збільшення показника чистої продуктивності фотосинтезу у рослин сої. Однак, величина чистої продуктивності фотосинтезу у цей період була меншою на 2,5–2,9 г/м² за добу, ніж у період 3-й трійчастий листок – початок цвітіння. Мінімальні значення чистої продуктивності фотосинтезу (0,1–0,5 г/м² за добу) відмічені в період налив насіння – повна стиглість.

Значення чистої продуктивності фотосинтезу у посівах сої в період 3-й трійчастий листок – початок цвітіння (максимального її наростання) коливалось в межах 4,0–6,1 г/м². Встановлено, що зростання цього показника залежало від системи захисту від шкочинних організмів та співвідношення посівів сої і кукурудзи в сівозмінах. На контролі чиста продуктивність фотосинтезу становила 4,0–5,6 г/м² за добу (табл.2).

Застосування елементів системи захисту від хвороб: протруєння насіння Максим XL 035 FS (1,0 л/т) або обприскування посівів сої фунгіцидом Абакус (1,5 л/га) у фази бутонізації та утворення бобів сприяло зросту чистої продуктивності фотосинтезу, відповідно, на 0,1 г/м² за добу та на 0,2–0,5 г/м² за добу.

Передпосівна обробка насіння протруєником в поєднанні із застосуванням фунгіциду сприяла одержанню найбільшого показника чистої продуктивності фотосинтезу в період 3-й трійчастий листок – початок цвітіння сої, який становив 4,9–6,1 г/м² за добу, що більше на 0,5–0,9 г/м² за добу порівняно з контрольними ділянками дослідів.

Щодо співвідношення посівів сої та кукурудзи в короткоротаційній сівозміні відмічено, що зменшення питомої частки сої від 50 до 33,3 і 25 % (співвідношення посівів цих культур, як 1:1, 1:2 та 1:3) призвело до поступового

Таблиця 2

Динаміка чистої продуктивності фотосинтезу посівів сої залежно від елементів технології вирощування, г/м² за добу (у середньому за 2023–2024 рр.)

Співвідношення посівів сої і кукурудзи	Система захисту	Період росту і розвитку рослин				
		повні сходи – 3-й трійчастий листок	3-й трійчастий листок – початок цвітіння	початок цвітіння – кінець цвітіння	кінець цвітіння – налив насіння	налив насіння – повна стиглість
Беззмінний посів	1*	2,1	4,0	1,2	2,0	0,1
	2	2,1	4,1	1,4	2,1	0,2
	3	2,1	4,4	1,4	2,1	0,3
	4	2,0	4,9	1,4	2,2	0,3
1:1	1	2,3	4,4	1,6	2,0	0,2
	2	2,7	4,5	1,4	2,1	0,2
	3	2,5	4,8	1,6	2,3	0,3
	4	2,5	4,9	1,7	2,3	0,4
1:2	1	2,5	4,6	1,7	2,4	0,2
	2	2,6	4,7	1,8	2,7	0,3
	3	2,6	5,1	1,8	2,8	0,3
	4	2,5	5,2	2,2	2,9	0,4
1:3	1	2,4	5,6	2,0	2,5	0,3
	2	2,8	5,7	2,1	2,6	0,3
	3	2,6	5,8	2,2	2,7	0,4
	4	2,7	6,1	2,2	2,9	0,5

* Примітка: 1. Без захисту від хвороб (контроль); 2. Передпосівна обробка протруєником Максим XL 035 FS (1,0 л/т); 3. Обприскування посівів сої фунгіцидом Абакус (1,5 л/га) у фази бутонізації та утворення бобів; 4. Передпосівна обробка протруєником Максим XL 035 FS (1,0 л/т) + обприскування посівів Абакус (1,5 л/га) у фазах бутонізації та утворення бобів.

збільшення чистої продуктивності фотосинтезу, відповідно, 4,6, 4,9 та 5,8 г/м² за добу. Дослідження показали, що вирощування сої в монокультурі призвело до формування найменшого показника чистої продуктивності фотосинтезу 4,0 г/м² за добу.

На основі регресійного аналізу виявлена залежність між чистою продуктивністю фотосинтезу сої та чинниками, що були поставлені на вивчення, яка описується наступним рівнянням регресії:

$$Y = 3,4700 + 0,4600x_1 + 0,1225x_2, \quad (4)$$

де Y – чиста продуктивність фотосинтезу, г/м² за добу, x_1 – співвідношення посівів сої та кукурудзи в короткочасних сівозмінах, x_2 – система захисту від шкодо-чинних організмів. Коефіцієнт детермінації становив $R^2 = 0,948$. Критерій $F = 57,0900$ ($F_{\text{табл.}} = 3,80$).

Крім цього, виявлено сильний позитивний зв'язок ($r = 0,735$) між нагромадженням сухої речовини посівами сої та чистою продуктивністю фотосинтезу. Ця залежність описується наступним рівнянням регресії:

$$Y = 1,2847x - 1,5386, \quad (5)$$

де Y – чиста продуктивність фотосинтезу, г/м² за добу, x – нагромадження сухої речовини посівами сої, т/га. Коефіцієнт детермінації становив $R^2 = 0,5401$.

Висновки. Таким чином, в умовах Лісостепу правобережного на сірих лісових ґрунтах взаємодія сівозмінного чинника та системи захисту від хвороб вагомо впливала на нагромадження сухої речовини посівами сої. Найбільша кількість сухої речовини сої 5,63 т/га формувалась у фазу повної стиглості на варіанті, де застосовувалась передпосівна обробка насіння протруйником Максим XL 035 FS (1,0 л/т) та проводились обприскування вегетуючих рослин фунгіцидом Абакус (1,5 л/га) у фазах бутонізації та утворення бобів за співвідношення посівів сої та кукурудзи 1:3, що більше на 19,5 % порівняно із контролем. Слід відмітити, на цьому варіанті відмічено найвищий показник чистої продуктивності сої 6,1 г/м² за добу, що більше на 8,3 % порівняно з контрольним варіантом та на 22,1 % порівняно з іншими сівозмінами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В., Іванюк С. В. Соя: монографія. Вінниця: «Діло», 2016. 400 с.
- Вожегова Р. А., Мельник М. А. Особливості накопичення сирої маси та сухої речовини, фотосинтетична діяльність сої при вирощуванні в умовах Півдня України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2014. Вип. 4(81). С. 114–121.
- Вожегова Р. А., Боровик В. О., Марченко Т. Ю., Рубцов Т. Ю. Вплив густоти рослин і доз добрив на фотосинтетичну діяльність і врожайність сої середньостиглого сорту Святогор в умовах зрошення. *Вісник аграрної науки*. 2020. Вип. 4. С. 62–68. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202004-09>
- Чинчик О. С., Оліфіровіч С. Й. Фотосинтетична продуктивність посівів сої залежно від впливу елементів технології вирощування. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2023. Вип. 38. С. 55–63.
- Чинчик О. С. Фотосинтетична діяльність та врожайність сортів сої залежно від удобрення. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2017. Вип. 90(1). С. 246–255.
- Andrade J. F., Rattalino Edreira J. I., Mourtziniset S. Assessing the influence of row spacing on soybean yield using experimental and producer survey data. *Field Crops Res.* 2019. № 230. Р. 98–106. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.10.014>
- Чорна В. М. Фотосинтетична та насіннева продуктивність сої залежно від інокуляції та ретарданта в умовах правобережного Лісостепу України. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2016. Вип. 235. С. 48–58.
- Огурцов Є. М., Міхеев В. Г., Белінський Ю. В., Клименко І. В. Адаптивна технологія вирощування сої у Східному Лісостепу України: монографія / за ред. д-ра с.-г. наук, проф., чл.-кор. НААН України М. А. Бобро. Харків: ХНАУ, 2016. 268 с.
- Пилипенко О. В. Вплив рівня вологозабезпечення і площі живлення на структуру врожаю сої та їх значення для насінництва. *Український журнал природничих наук*. 2025. № 12. С. 211–221.
- Бабич А. О., Венедітков 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.
- Mikheeva O., Klymenko I., Mikheev V., Golovan L., Dychenko O., Stankevych S., Chechui H., Laslo O., Chupryn Y., Nahorna S. The effects of seeding rate and row spacing on the photosynthetic activity of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). *Applied Ecology and Environmental Research*. 2021. Р. 4169–4184. DOI: http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1905_41694184
- Milenko O., Shevnikov M., Solomon Yu., Rybalchenko A., Shokalo N. Influence of foliar top-dressing on the yield of soybean varieties. *Scientific Horizons*. 2022. № 25(4). Р. 61–66. [https://doi.org/10.48077/scihor.25\(4\).2022.61-66](https://doi.org/10.48077/scihor.25(4).2022.61-66)
- Голодна А. В., Грицюк Я. В. Фотосинтетична діяльність рослин сої за різних варіантів удобрення та передпосівного оброблення насіння. *Тенденції та виклики сучасної аграрної науки: теорія і практика: матеріали III Міжн. наук. інтернет-конф., м. Київ, 20-22 жовтня 2021 р.* Київ: НУБІП України, 2021. С. 78
- Тарабрін А.-М. О., Панфілова А. В. Вплив технології вирощування та сортових особливостей на фотосинтетичну діяльність посівів сої в умовах Північного Степу України. *Таверський науковий вісник*. 2024 Вип. 140. С. 285–292. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.140.35>
- Бондаренко В. М., Гаврилянчик Р. Ю. Особливості формування показників фотосинтетичної продуктивності сої залежно від позакореневого удобрення. *Інноваційні технології в рослинництві: зб. матеріалів VIII Всеукр. наук. інтернет-конф., м. Кам'янець-Подільський 25 квітня 2025 р.* Кам'янець-Подільський, 2025. С. 29–31.
- Бахмат О. М. Фотосинтетична активність та врожайність сої залежно від сорту, способу сівби й удобрення. *Вісник аграрної науки*. 2010. № 7. С. 27–30.

17. Дідора В. Г., Ступницька О. С. Фотосинтетична активність та урожайність сої залежно від елементів технології вирощування в умовах Полісся України. *Вісник Житомирського національного агроєкологічного університету*. 2014. Вип. 2(1). С. 106–112.
 18. Шепілова Т. П. Вплив способів сівби і норм висіву насіння на чисту продуктивність фотосинтезу сої. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2010. Вип. 15. С. 135–138.
 19. Темрієнко О. О. Фотосинтетична та насіннева продуктивність посівів сої залежно від технологічних прийомів вирощування в умовах Лісостепу Правобережного. *Таврійський науковий вісник*. 2018. Вип. 100. Т. 2. С. 75–85.
 20. 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. Вип. 2. С. 21–24.
 21. Коник Г., Стасів О. Формування фотосинтетичного потенціалу сортів сої в умовах Західного Лісостепу. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2025. Вип. 77(2). С. 64–72. DOI: [https://doi.org/10.32636/01308521.2025-\(77\)-2-6](https://doi.org/10.32636/01308521.2025-(77)-2-6)
 22. Чорна В. М. Ефективність застосування регулятора росту хлормекват-хлорид при вирощуванні сої. *Корми і кормовиробництво*. 2017. Вип. 84. С. 126–132.
 23. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Опришко В. П., Костогриз П. В. Основи наукових досліджень в агрономії: підручник / За ред. В. О. Єщенка. К. : Дія. 2005. 288 с.
- REFERENCES:**
1. Petrychenko, V. F., Lykhochvor, V. V. & Ivaniuk, S. V. (2016). Soia: monohrafiia [Soybean: monograph]. Vinnytsia: Dilo, 400 [in Ukrainian].
 2. Vozhehova, R. A. & Melnyk, M. A. (2014). Osoblyvosti nakopychennia syroi masy ta sukhoi rechovyny, fotosyntetychna diialnist soi pry vyroshchuvanni v umovakh Pivdnia Ukrainy [Peculiarities of the accumulation of raw mass and dry matter, photosynthetic activity of soybeans when grown in the conditions of Southern Ukraine]. *Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomor'ia*, 4 (81), 114–121 [in Ukrainian].
 3. Vozhehova, R. A., Borovyk, V. O., Marchenko, T. Yu. & Rubtsov, T. Yu. (2020). Vplyv hustoty roslin i doz dobryv na fotosyntetychnu diialnist i vrozhaunist soi serednostykhoho sortu Sviatohor v umovakh zroshennia [The effect of plant density and fertilizer doses on photosynthetic activity and yield of medium-ripening soybean variety Svyatohor under irrigation conditions]. *Visnyk ahrarnoi nauk*, 4, 62–68. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202004-09> [in Ukrainian].
 4. Chynchyk, O. S. & Olifirovych, S. Y. (2023). Fotosyntetychna produktyvnist posiviv soi zalezchno vid vplyvu elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia [Photosynthetic productivity of soybean crops depending on the influence of elements of cultivation technology]. *Podilskyi visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika*, 38, 55–63 [in Ukrainian].
 5. Chynchyk, O. S. (2017). Fotosyntetychna diialnist ta vrozhaunist sortiv soi zalezchno vid udobrennia [Photosynthetic activity and yield of soybean varieties depending on fertilization]. *Zbirnyk naukovykh prats Umanshoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*, 90(1), 246–255 [in Ukrainian].
 6. Andrade, J. F., Rattalino Edreira, J. I. & Mourtziniset, S. (2019). Assessing the influence of row spacing on soybean yield using experimental and producer survey data. *Field Crops Res*, 230, 98–106. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.10.014>
 7. Chorna, V. M. (2016). Fotosyntetychna ta nasinnieva produktyvnist soi zalezchno vid inokuliatii ta retardanta v umovakh pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Photosynthetic and seed productivity of soybean depending on inoculation and retardant in the conditions of the Right-bank Forest-steppe of Ukraine]. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy*, 235, 48–58 [in Ukrainian].
 8. Ohurtsov, Ye. M., Mikhieiev, V. H., Bielinskyi, Yu. V. & Klymenko, I. V. (2016). Adaptivna tekhnolohiia vyroshchuvannia soi u Shkhdnomu Lisostepu Ukrainy [Adaptive soybean cultivation technology in the Eastern Forest-Steppe of Ukraine]: monohrafiia. Kharkiv: KhNAU, 268 [in Ukrainian].
 9. Pylypenko, O. V. (2025). Vplyv rivnia volohozabezpechennia i ploshchi zhyvlennia na strukturu vrozhaui soi ta yikh znachennia dlia nasinnnytstva [The influence of the level of moisture supply and the area of nutrition on the structure of the soybean crop and their importance for seed production]. *Ukrainskyi zhurnal pryrodnychikh nauk*, 12, 211–221 [in Ukrainian].
 10. Babych, A. O. & Venediktov, O. M. (2004). Fotosyntetychna diialnist ta urozhaunist nasinnia soi zalezchno vid strokiv sivby ta systemy zakhystu vid khvorob v umovakh Lisostepu Ukrainy [Photosynthetic activity and productivity of soybean seeds depending on the timing of sowing and the system of protection against diseases in the conditions of the Forest-steppe of Ukraine]. *Kormy i kormovyrobnytstvo*, 53, 83–88 [in Ukrainian].
 11. Mikheeva, O., Klymenko, I., Mikheev, V., Golovan, L., Dychenko, O., Stankevych, S., Chechui, H., Laslo, O., Chupryn, Y. & Nahorna, S. (2021). The effects of seeding rate and row spacing on the photosynthetic activity of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). *Applied Ecology and Environmental Research*, 4169–4184. DOI: http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1905_41694184
 12. Milenko, O., Shevnikov, M., Solomon, Yu., Rybalchenko, A. & Shokalo, N. (2022). Influence of foliar top-dressing on the yield of soybean varieties. *Scientific Horizons*, 25(4), 61–66. [https://doi.org/10.48077/scihr.25\(4\).2022.61-66](https://doi.org/10.48077/scihr.25(4).2022.61-66)
 13. Holodna, A. V. & Hrytsiuk, Ya. V. (2021). Fotosyntetychna diialnist roslin soi za riznykh variantiv udobrennia ta peredposivnoho obroblennia nasinnia [Photosynthetic activity of soybean plants under different fertilization options and pre-sowing seed treatment]. *Tendentsii ta vykyky suchasnoi ahrarnoi nauky: teoriia i praktyka: materialy III Mizhnar. nauk. internet-konf.*, Kyiv, 20-22 zhovtnia, 78 [in Ukrainian].
 14. Tarabrina, A-M. O. & Panfilova, A. V. (2024). Vplyv tekhnolohii vyroshchuvannia ta sortovykh osoblyvostei na fotosyntetychnu diialnist posiviv soi v umovakh

- Pivnichnoho Stepu Ukrainy [The influence of growing technology and varietal characteristics on the photosynthetic activity of soybean crops in the conditions of the Northern Steppe of Ukraine]. *Tavriskiyi naukovyi visnyk*, 140, 285–292. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.140.35> [in Ukrainian].
15. Bondarenko, V. M. & Havrylianchuk, R. Yu. (2025). Osoblyvosti formuvannya pokaznykiv fotosyntetychnoi produktyvnosti soi zalezno vid pozakorenevoho udobrennia [Peculiarities of forming indicators of photosynthetic productivity of soybean depending on foliar fertilization]. *Innovatsiini tekhnolohii v roslinnytstvi: zb. materialiv VIII Vseukr. nauk. internet-konf., Kamianets-Podilskiy*, 25 kvitnia, 29–31 [in Ukrainian].
 16. Bakhmat, O. M. (2010). Fotosyntetychna aktyvnist ta vrozhaist soi zalezno vid sortu, sposobu sivy y udobrennia [Photosynthetic activity and yield of soybean depending on the variety, method of sowing and fertilization]. *Visnyk aharnoï nauky*, 7, 27–30 [in Ukrainian].
 17. Didora, V. H. & Stupnitska, O. S. (2014). Fotosyntetychna aktyvnist ta urozhaist soi zalezno vid elementiv tekhnolohii vyroshchuvannya v umovakh Polissia Ukrainy [Photosynthetic activity and productivity of soybean depending on the elements of cultivation technology in the conditions of Polissia of Ukraine]. *Visnyk Zhytomyrskoho natsionalnoho ahroekolohichnoho universytetu*, 2(1), 106–112 [in Ukrainian].
 18. Shepilova, T. P. (2010). Vplyv sposobiv sivy i norm vysivu nasinnia na chystu produktyvnist fotosyntezy soi [The influence of sowing methods and seed sowing rates on the net productivity of soybean photosynthesis]. *Naukovo-tekhnichniy biuleten Instytutu oliynykh kultur NAAN*, 15, 135–138 [in Ukrainian].
 19. Temriienko, O. O. (2018). Fotosyntetychna ta nasinnieva produktyvnist posiviv soi zalezno vid tekhnolohichnykh pryomiv vyroshchuvannya v umovakh Lisostepu Pravoberezhnoho [Photosynthetic and seed productivity of soybean crops depending on the technological methods of cultivation in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe]. *Tavriiskiyi naukovyi visnyk*, 100(2), 75–85 [in Ukrainian].
 20. Mostoviyak, I. I. & Kravchenko, O. V. (2018). Formuvannya fotosyntetychnoi produktyvnosti posiviv soi za vykorystannya riznykh vydiv funhitsydiv ta inokulianta u Pravoberezhnomu Lisostepu Ukrainy [Formation of photosynthetic productivity of soybean crops using different types of fungicides and inoculants in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*, 2, 21–24 [in Ukrainian].
 21. Konyk, H. & Stasiv, O. (2025). Formuvannya fotosyntetychnoho potentsialu sortiv soi v umovakh Zakhidnoho Lisostepu [Formation of the photosynthetic potential of soybean varieties in the conditions of the Western Forest-Steppe]. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo*, 77(2), 64–72. DOI: [https://doi.org/10.32636/01308521.2025-\(77\)-2-6](https://doi.org/10.32636/01308521.2025-(77)-2-6) [in Ukrainian].
 22. Chorna, V. M. (2017). Efektyvnist zastosuvannya rehuliatora rostu khlormekvat-khloryd pry vyroshchuvanni soi [The effectiveness of the use of the growth regulator chlormequat-chloride in the cultivation of soybeans]. *Kormy i kormovyrobnytstvo*, 84, 126–132 [in Ukrainian].
 23. Yeshchenko, V. O., Kopytko, P. H., Opryshko, V. P. & Kostohryz, P. V. (2005). *Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii* [Fundamentals of scientific research in agronomy]. Kyiv, Diia, 288 [in Ukrainian].
- Зубов Д. А. Особливості роботи фотосинтетичного апарату сої в короткоротаційних сівозмінах**
- Мета.** Дослідити динаміку та особливості формування чистої продуктивності фотосинтезу та нагромадження сухої речовини посівами сої залежно від системи захисту від шкочинних організмів в короткоротаційних сівозмінах та безмінних посівах культури. **Методи.** Польовий метод в поєднанні з метричним і візуальним спостереженням, фізіологічний метод, термогравіметричний метод. **Результати.** Встановлено прямолінійний характер динаміки нагромадження сухої речовини посівами сої з максимальним її показником (4,53–5,63 т/га) в фазу повної стиглості, тоді як динаміка чистої продуктивності фотосинтезу мала синусоїдний характер з двома піками у періоді 3-й трійчастий листок – початок цвітіння (4,0–6,1 г/м² за добу) та кінець цвітіння – налив насіння (2,0–2,9 г/м² за добу). Виявлено, що сівозмінний чинник та система захисту від шкочинних організмів суттєво впливали на формування сухої речовини посівами сої. Максимальний показник нагромадження сухої речовини посівами сої (5,63 т/га) відмічено за системи захисту від хвороб, що включала передпосівну обробку насіння протруйником Максим XL 035 FS (1,0 л/т) та обприскування посівів у фазах бутонізації та утворення бобів фунгіцидом Абакус (1,5 л/га) у короткоротаційній сівозміні із співвідношення посівів сої та кукурудзи як 1:3, що більше на 19,5 % порівняно із контролем без системи захисту. Слід відмітити, що збільшення частки сої в короткоротаційних сівозмінах з 25 % до 33,3 та 50 % призводило до зменшення показника нагромадження сухої речовини, відповідно, на 4,3–6,4 % та на 15,8 % порівняно із безмінним посівом сої. Аналогічна залежність відмічена із формуванням показника чистої продуктивності фотосинтезу. Максимальним (6,1 г/м² за добу) цей показник сформувався на варіанті із системою захисту від хвороб у короткоротаційній сівозміні із співвідношення посівів сої та кукурудзи як 1:3, що більше на 8,9 % порівняно із контролем без системи захисту та більше на 12,9 % порівняно із короткоротаційної сівозміною із співвідношенням 1:2 та на 24,5 % порівняно із короткоротаційної сівозміною із співвідношенням 1:1 та безмінним посівом сої. **Висновки.** Таким чином, співвідношення посівів сої та кукурудзи в короткоротаційних сівозмінах та система захисту від хвороб суттєво впливала на роботу фотосинтетичного апарату сої. На основі регресійного аналізу встановлено залежність нагромадження сухої речовини та чистої продуктивності фотосинтезу від вище вказаних технологічних прийомів вирощування. Коефіцієнти детермінації, відповідно, становили $R^2 = 0,893$ та $R^2 = 0,948$.
- Ключові слова:** соя, нагромадження сухої речовини, чиста продуктивність фотосинтезу, система захисту від шкочинних організмів, короткоротаційна сівозміна, безмінний посів сої.
- Zubov D. A. Peculiarities of the operation of the photosynthetic apparatus of soybeans in short-rotational crop rotations**
- Purpose.** To investigate the dynamics and features of the formation of the net productivity of photosynthesis and the accumulation of dry matter in soybean crops

depending on the system of protection against harmful organisms in short-rotational crop rotations and permanent crops. **Methods.** Field method combined with metric and visual observation, physiological method, thermogravimetric method. **Results.** The rectilinear nature of the dynamics of the accumulation of dry matter by soybean crops was established with its maximum indicator (4.53–5.63 t/ha) in the phase of full maturity, while the dynamics of the net productivity of photosynthesis had a sinusoidal character with two peaks in the periods of the 3rd trifoliate leaf – the beginning of flowering (4.0–6.1 g/m² per day) and the end of flowering – seed pouring (2.0–2.9 g/m² per day). It was found that the crop rotation factor and the system of protection against harmful organisms significantly influenced the formation of dry matter in soybean crops. The maximum rate of accumulation of dry matter by soybean crops (5.63 t/ha) was noted for systems of protection against diseases, which included pre-sowing treatment of seeds with a poison Maxim XL 035 FS (1.0 l/t) and spraying crops in the phases of budding and bean formation with the fungicide Abacus (1.5 l/ha) in a short-rotation crop rotation with a ratio of soybean and corn crops as 1:3, which is 19.5 % more compared to the control without the protection system. It should be noted that an increase in the share of soybeans in short-rotation crop rotations from 25 % to 33.3

and 50 % led to a decrease in the dry matter accumulation index by 4.3–6.4 % and 15.8 %, respectively, compared to unchanged soybean sowing. A similar dependence was noted with the formation of the indicator of the net productivity of photosynthesis. The maximum (6.1 g/m² per day) this indicator was formed on the variant with a disease protection system in a short-rotational crop rotation with a ratio of soybean and corn crops as 1:3, which is 8.9 % more compared to the control without a protection system and more than 12.9 % compared to a short-rotational crop rotation with a ratio of 1:2 and by 24.5 % compared to short-rotation crop rotation with a ratio of 1:1 and unchanged sowing of soybeans. **Conclusions.** Thus, the ratio of soybean and corn crops in short-rotational crop rotations and the system of protection against diseases significantly influenced the operation of the soybean photosynthetic apparatus. Based on the regression analysis, the dependence of the accumulation of dry matter and the net productivity of photosynthesis on the above-mentioned technological methods of cultivation was established. The coefficients of determination, respectively, were $R^2 = 0.893$ and $R^2 = 0.948$.

Key words: soybean, dry matter accumulation, net photosynthetic productivity, pest protection system, short rotation crop rotation, unchanged soybean crop.

Дата першого надходження рукопису до видання: 16.10.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 28.11.2025

Дата публікації: 14.12.2025