ISSN 2410-1303 (online)
Новітні агротехнології, 2025, Т. 13, № 2
doi: 10.47414/na.13.2.2025.348189

УДК 632.5:632.934/935

Площа листкової поверхні та ефективність фотосинтетичного апарату сої за різних систем захисту від бур'янів в умовах Лісостепу України

О. П. Конопольський

Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна, e-mail: konop@ukr.net

Мета. Установити особливості формування площі листкової поверхні та ефективності функціонування фотосинтетичного апарату сої за різних систем захисту посівів від бур'янів в умовах Правобережного Лісостепу України. **Методи.** Польові дослідження проводили у 2023–2025 рр. в умовах ВП «Агрономічна дослідна станція» (Київська обл.) на чорноземі типовому малогумусному. Схема досліду передбачала застосування дво- та трикомпонентних бакових сумішей гербіцидів (Базагран + Селект, Хармоні + Селект, Півот + Селект і Базагран + Хармоні + Селект) у чотирьох модифікаціях: повна норма без додавання поверхнево-активної речовини (ПАР); повна норма з ПАР Скаба КЕ (0,2 л/га); 75 % норми з ПАР (0,3 л/га); оптимізована (зменшена на 33–40 %) норма з ПАР (0,4 л/га). Визначали площу листкової поверхні у фазі BBCH 39–49 і на кінець вегетації культури, фотосинтетичний потенціал (ФП) та чисту продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) за загальноприйнятими методиками. **Результати.** Установлено, що без застосування ПАР площа листкової поверхні у фазу BBCH 39–49 була мінімальною (35,0–38,4 тис. м^2/га). Додавання ПАР Скаба КЕ до повної норми гербіцидів забезпечило зростання показника до 42,8 тис. м^2/га у трикомпонентній системі (Базагран + Хармоні + Селект), що на 23 % більше за базовий варіант. Оптимізація норм гербіцидів (–33…–40 %) за підвищеної дози ПАР (0,4 л/га) дала змогу сформувати 39,4–43,0 тис. м^2/га листкової поверхні, що еквівалентно повним нормам. На кінець вегетації збереженість асиміляційного апарату за мультисайтового захисту з ПАР становила 30,1–30,3 тис. м^2/га проти 24,6–27,0 тис. м^2/га у варіантах без ад'юванта. Трикомпонентна система (Базагран + Хармоні + Селект) формувала максимальні значення ФП у обох періодах на всіх фонах: без ПАР – 0,91 (вегетативний) і 1,31 млн м^2·доба/га (генеративний); за 100 % + ПАР – 1,02 і 1,46; за 75 % + ПАР – 1,00 і 1,43; за оптимізованих норм + ПАР – 1,03 і 1,46 млн м^2·доба/га. А оптимізовані норми гербіцидів у поєднанні з підвищеною нормою ПАР (0,4 л/га) забезпечували найвищі або рівнозначні максимальним показники ФП і ЧПФ, з абсолютними максимумами ФП 1,03 (вегетативний) та 1,46 млн м^2·доба/га (генеративний) і ЧПФ 4,2 (вегетативний) та 5,0 г/м^2·доба (генеративний) у трикомпонентній системі. **Висновки.** Застосування ПАР у складі мультисайтових гербіцидних систем забезпечує істотне зростання площі листкової поверхні, фотосинтетичного потенціалу та чистої продуктивності фотосинтезу сої. Найефективнішою виявилася трикомпонентна система Базагран + Хармоні + Селект із ПАР, яка забезпечувала високі показники навіть за зменшених та оптимізованих норм гербіцидів.

Ключові слова: *Glycine max; системи гербіцидного захисту; післясходові гербіциди; бакові суміші; ПАР Скаба КЕ; фотосинтетичний потенціал; чиста продуктивність фотосинтезу.*

Вступ

Соя (*Glycine max* (L.) Merr.) є однією з провідних білково-олійних культур світу й України, а стабільність її продуктивності в умовах Лісостепу значною мірою визначається ефективністю регулювання конкурентних взаємовідносин в агрофітоценозі. Найвідчутніші втрати врожаю формуються внаслідок ранньосезонної конкуренції бур'янів, коли культура ще не сформувала достатньої листкової поверхні й не здатна швидко «закрити» міжряддя. Доведено, що контроль бур'янів має бути забезпечений до настання критичного періоду забур'яненості, інакше потенціал втрат урожаю суттєво зростає [1, 2].

Конопольський О. П. Площа листкової поверхні та ефективність фотосинтетичного апарату сої за різних систем захисту від бур'янів в умовах Лісостепу України. *Новітні агротехнології*. 2025. Т. 13, № 2. https://doi.org/10.47414/na.13.2.2025.348189

Сучасні стратегії захисту сої дедалі частіше базуються на застосуванні післясходових гербіцидів та їх бакових композицій, що дає змогу гнучко реагувати на фактичний видовий склад бур'янів і рівень забур'яненості в конкретному році. Особливої актуальності набули композиції, які поєднують діючі речовини з різними механізмами дії, зокрема комбінації на основі бентазону та імазамоксу. У польових дослідженнях вони демонстрували високий рівень зниження чисельності та біомаси бур'янів за змішаного типу забур'яненості й супроводжувалися приростом урожайності порівняно з контролем [3, 4].

Водночас вимоги ресурсозбережності та екологізації технологій зумовлюють пошук рішень, які дають змогу зменшувати пестицидне навантаження без втрати біологічної ефективності. Одним із таких напрямів є застосування гербіцидів у поєднанні з ад'ювантами, здатними підвищувати змочування, утримання та проникнення робочого розчину, а також стабілізувати дію препаратів у мінливих умовах середовища. Експериментальні дані свідчать, що вплив ад'ювантів може бути суттєвим і значною мірою залежить від комбінації «діюча речовина – бур'ян – умови внесення», у зв'язку з чим питання їх обґрунтованого використання потребує системних досліджень саме для конкретних технологічних схем [5–7].

Ефективність систем захисту сої доцільно оцінювати не лише за показниками зниження забур'яненості, а й з урахуванням реакції культури на рівні морфофізіологічних ознак. Зокрема, площа листкової поверхні (LAI) та похідні показники фотосинтетичної діяльності є важливими детермінантами продуктивності, а їх залежність від умов вирощування й технологічних прийомів підтверджена численними дослідженнями. Для сучасних сортів у різних середовищах вирощування встановлено нелінійні зв'язки типу «насичення» між LAI та врожайністю, що підсилює наукову доцільність аналізу систем гербіцидного захисту сої крізь призму формування асиміляційного апарату та реалізації фотосинтетичного потенціалу [8–10].

Додатковим чинником, що ускладнює прогнозування ефективності гербіцидних схем, є міжрічна мінливість погодних умов, яка впливає як на конкурентоспроможність бур'янів, так і на фізіологічний стан культури та формування «вікон» технологічно оптимального внесення препаратів. Наголошується, що погодні умови до та після обробки, а також точність дотримання строків внесення є критичними для реалізації ефективності післясходових гербіцидів [11, 12].

У зв'язку з цим метою досліджень є наукове обґрунтування ефективності систем гербіцидного захисту сої, зокрема ресурсоощадних варіантів з оптимізацією норм витрати препаратів і використанням ад'ювантів, за показниками контролю бур'янів, формування морфофізіологічних параметрів (листкова поверхня, фотосинтетичні показники), урожайності та якості насіння в умовах Лісостепу України.

Мета досліджень – установити особливості формування площі листкової поверхні та ефективності функціонування фотосинтетичного апарату сої за різних систем захисту посівів від бур'янів в умовах Правобережного Лісостепу України.

Матеріали та методи досліджень

Дослідження проводили впродовж 2023–2025 рр. в умовах ВП «Агрономічна дослідна станція» (с. Пшеничне, Васильківський р-н, Київська обл.), у зоні Лісостепу України.

Ґрунт дослідного поля – чорнозем типовий малогумусний, середньосуглинковий за механічним складом, сформований на лесі. Уміст гумусу в орному шарі становив 3,5 % (за Тюріним), забезпеченість елементами мінерального живлення – середня. Потужність гумусового горизонту – 25–30 см.

Погодні умови вегетаційного періоду 2023 р. характеризувалися контрастним поєднанням факторів: надмірно вологий квітень сприяв накопиченню запасів ґрунтової вологи, водночас екстремально посушливі травень і серпень лімітували відповідно початкові етапи росту рослин і процес наливу. Серед років досліджень 2024 р. був найбільш стресовим у генеративні фази розвитку через аномально сухий і спекотний липень (10 мм опадів; середня температура 23,5 °C), що безпосередньо пояснює потенційне зниження реалізації елементів структури врожаю. У 2025 р. погодні умови характеризувалися відносною стабільністю за типом «тепло + дефіцит опадів» починаючи з травня та особливо в липні – серпні, внаслідок чого водний фактор послідовно виступав лімітуючим упродовж ключових фаз онтогенезу (формування листкового апарату → зав'язування → налив).

Схему досліду наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Визначення ефективності хімічного захисту посівів сої від бур'янів

Базова комбінація	Базова комбінація + ПАР Скаба КЕ 0,2 л/га	Зменшена до 75 % норма + ПАР Скаба КЕ 0,3 л/га	Оприміз ована норма + ПАР Скаба КЕ 0,4 л/га
Базагран (бентазон, 480 г/л), 1,5 л/га + Селект (клетодим, 120 г/л), 0,6 л/га	Базагран (бентазон, 480 г/л), 1,5 л/га + Селект (клетодим, 120 г/л), 0,6 л/га	Базагран (бентазон, 480 г/л), 1,1 л/га + Селект (клетодим, 120 г/л), 0,45 л/га	Базагран (бентазон, 480 г/л), 1,0 л/га (–33 %) + Селект (клетодим, 120 г/л), 0,4 л/га (–33 %)
Хармоні (тифенсульфурон-метил, 750 г/кг), 10 г/га + Селект (клетодим, 120 г/л), 0,6 л/га	Хармоні (тифенсульфурон-метил, 750 г/кг), 10 г/га + Селект (клетодим, 120 г/л), 0,6 л/га	Хармоні (тифенсульфурон-метил, 750 г/кг), 7,5 г/га + Селект (клетодим, 120 г/л), 0,45 л/га	Хармоні (тифенсульфурон-метил, 750 г/кг), 6 г/га (–40 %) + Селект (клетодим 120 г/л), 0,4 л/га (–33 %)
Півот (імазетапір, 100 г/л), 0,6 л/га + Селект (клетодим, 120 г/л), 0,6 л/га	Півот (імазетапір, 100 г/л), 0,6 л/га + Селект (клетодим, 120 г/л), 0,6 л/га	Півот (імазетапір, 100 г/л), 0,45 л/га + Селект (клетодим, 120 г/л), 0,45 л/га	Півот (імазетапір, 100 г/л), 0,4 л/га (–33 %) + Селект (клетодим, 120 г/л), 0,4 л/га (–33 %)
Базагран (бентазон, 480 г/л), 1,2 л/га + Хармоні (тифенсульфурон-метил, 750 г/кг), 6 г/га + Селект (Клетодим, 120 г/л), 0,5 л/га	Базагран (бентазон, 480 г/л), 1,2 л/га + Хармоні (тифенсульфурон-метил, 750 г/кг), 6 г/га + Селект (клетодим, 120 г/л), 0,5 л/га	Базагран (бентазон, 480 г/л), 0,9 л/га + Хармоні (тифенсульфурон-метил, 750 г/кг), 4,5 г/га + Селект (клетодим, 120 г/л), 0,4 л/га	Базагран (бентазон, 480 г/л), 0,8 л/га (–33 %) + Хармоні (тифенсульфурон-метил, 750 г/кг), 4 г/га (–33 %) + Селект (клетодим, 120 г/л), 0,3 л/га (–40 %)

Загальна площа ділянок у дослідах із гербіцидами становила 32 м^2, облікових – 25 м^2. Дослід закладали за триразового повторення з послідовним розміщенням варіантів.

Площу листкової поверхні (тис. м^2/га) визначали у ключові фази розвитку рослин: на завершення вегетативного росту (BBCH 39–49) та наприкінці вегетації. Обліки проводили за загальноприйнятими методами морфометрії листка, які передбачали вимірювання листків із подальшим перерахунком показників на одну рослину та на 1 га, або з використанням інструментальних методів (планіметрування чи сканування) залежно від рівня матеріально-технічного забезпечення.

Фотосинтетичний потенціал (ФП), млн м^2·доба/га, обчислювали за методикою Ничипоровича як інтеграл площі листкової поверхні в часі:

$$FP = \sum \left(\frac{S_1 + S_2}{2} \times t \right)$$

де S_1, S_2 – площа листкової поверхні на початку та в кінці інтервалу, t – тривалість інтервалу (днів), з приведенням одиниць до млн м^2·доба/га.

Чисту продуктивність фотосинтезу (ЧПФ), г/м^2·доба визначали як відношення приросту сухої речовини до середньої площі листкової поверхні за відповідний часовий інтервал:

$$NPP = \frac{\Delta W}{FP}$$

де ΔW – приріст сухої речовини за інтервал.

Польові досліди по визначенню ефективності гербіцидів на забур'яненість, ефективність їх використання і врожайність посівів сої проводили за загально прийнятими методиками, а також спеціальними [13–15].

Результати досліджень

Площа листкової поверхні посівів у фазу завершення вегетативного росту (BBCH 39–49) є одним із ключових показників, що визначає потенційну здатність агроценозу до накопичення асимілятів у наступні генеративні фази розвитку. Саме в цей період формується основа фотосинтетичного потенціалу посівів сої, а конкурентний вплив бур'янів і ефективність застосованих систем захисту проявляються найвиразніше (табл. 2).

За відсутності застосування ПАР площа листкової поверхні була найменшою серед усіх досліджуваних фонів і в середньому становила 34,8–38,4 тис. м^2/га. Мінімальне значення цього показника зафіксовано у варіанті Базагран + Селект – 34,8 тис. м^2/га, що зумовлено підвищеним конкурентним тиском бур'янів у ранні фази росту культури та нижчою збереженістю рослин.

Таблиця 2

Площа листкової поверхні сої на час завершення вегетативного росту (ВВСН 39–49), тис. м^2/га

Варіант захисту	2023	2024	2025	Середнє
Без ПАР (100 % норма)				
Базагран + Селект	34,5	37,8	32,6	35,0
Хармоні + Селект	35,6	38,9	33,5	36,0
Півот + Селект	36,8	40,2	34,7	37,2
Базагран + Хармоні + Селект	38,0	41,5	35,8	38,4
100 % норма + ПАР Скаба КЕ (0,2 л/га)				
Базагран + Селект + ПАР	38,2	42,6	36,9	39,2
Хармоні + Селект + ПАР	39,4	43,8	38,0	40,4
Півот + Селект + ПАР	40,6	45,0	39,1	41,6
Базагран + Хармоні + Селект + ПАР	41,8	46,3	40,3	42,8
75 % норма + ПАР Скаба КЕ (0,3 л/га)				
Базагран + Селект	37,6	41,8	36,2	38,5
Хармоні + Селект	38,8	43,0	37,4	39,7
Півот + Селект	40,0	44,2	38,6	40,9
Базагран + Хармоні + Селект	41,2	45,5	39,8	42,2
Оптимізована норма + ПАР Скаба КЕ (0,4 л/га)				
Базагран (–33 %) + Селект (–33 %)	38,5	42,7	37,0	39,4
Хармоні (–40 %) + Селект (–33 %)	39,7	43,9	38,2	40,6
Півот (–33 %) + Селект (–33 %)	40,9	45,1	39,4	41,8
Базагран (–33 %) + Хармоні (–33 %) + Селект (–40 %)	42,0	46,4	40,6	43,0
$НІР_{0,05}$	2,0	1,7	1,8	1,5

У системі Хармоні + Селект площа листкової поверхні зростала до 36,0 тис. м^2/га, а за застосування Півот + Селект – до 37,2 тис. м^2/га, що на 2,4 тис. м^2/га (6,9 %) перевищувало показник базового двокомпонентного варіанта. Найвищі значення без застосування ПАР були зафіксовані у трикомпонентній системі Базагран + Хармоні + Селект – 38,4 тис. м^2/га, що свідчить про ефективніше зниження конкурентного впливу бур'янів у посівах.

Застосування ПАР Скаба КЕ забезпечувало істотне зростання площі листкової поверхні в усіх досліджуваних системах захисту. Зокрема, у варіанті Базагран + Селект + ПАР цей показник зростав до 39,2 тис. м^2/га, що на 4,4 тис. м^2/га (12,6%) перевищувало відповідний варіант без ПАР. У системі Хармоні + Селект + ПАР площа листкової поверхні становила 40,4 тис. м^2/га, тоді як у варіанті Півот + Селект + ПАР – 41,6 тис. м^2/га. Максимальне значення на цьому фоні зафіксовано у трикомпонентній системі Базагран + Хармоні + Селект + ПАР – 42,8 тис. м^2/га, що на 8,0 тис. м^2/га (23,0 %) перевищувало мінімальні показники варіантів без ПАР.

За зменшення норми гербіцидів до 75 % у поєднанні з ПАР площа листкової поверхні залишалася стабільно високою і коливалася в межах 38,5–42,2 тис. м^2/га. У двокомпонентному варіанті Базагран + Селект вона становила 38,5 тис. м^2/га, що практично відповідало рівню повної норми гербіцидів у поєднанні з ПАР. У системах Хармоні + Селект та Півот + Селект цей показник зростав відповідно до 39,7 та 40,9 тис. м^2/га, тоді як у трикомпонентному варіанті Базагран + Хармоні + Селект досягав 42,2 тис. м^2/га, що лише на 0,6 тис. м^2/га поступалося варіанту з повною нормою + ПАР і перебувало в межах експериментальної похибки.

Застосування оптимізованих норм гербіцидів у поєднанні з підвищеною нормою ПАР забезпечувало формування листкової поверхні на рівні 39,4–43,0 тис. м^2/га. У двокомпонентному варіанті Базагран + Селект її площа становила 39,4 тис. м^2/га, у системі Хармоні + Селект – 40,6 тис. м^2/га, а у варіанті Півот + Селект – 41,8 тис. м^2/га. Найвищі показники знову були зафіксовані у трикомпонентній системі Базагран + Хармоні + Селект (оптимізована норма + ПАР) — 43,0 тис. м^2/га, що практично відповідало максимальним значенням варіантів із повною нормою + ПАР і перевищувало показники систем без ПАР на 4,4–4,6 тис. м^2/га.

Площа листкової поверхні посівів на кінець вегетації є інтегральним показником, що характеризує ступінь збереженості та функціональної активності асиміляційного апарату сої в генеративний період, коли відбуваються налив і дозрівання насіння. Саме на цьому етапі найчіткіше

проявляється пролонгований ефект систем гербіцидного захисту, їх вплив на конкурентні взаємодії в агроценозі та здатність культури зберігати листкову поверхню до завершення вегетації (табл. 3).

За відсутності ПАР площа листкової поверхні на кінець вегетації була мінімальною і в середньому становила 24,6–27,0 тис. м^2/га, що свідчить про прискорене відмирання листків унаслідок підвищеного конкурентного тиску бур'янів і менш сприятливих умов росту культури протягом вегетаційного періоду.

Таблиця 3

Площа листкової поверхні сої на кінець вегетації, тис. м^2/га

Варіант захисту	2023	2024	2025	Середнє
Без ПАР (100 % норма)				
Базагран + Селект	24,8	27,6	21,4	24,6
Хармоні + Селект	25,6	28,5	22,1	25,4
Півот + Селект	26,4	29,4	22,9	26,2
Базагран + Хармоні + Селект	27,2	30,2	23,6	27,0
100 % норма + ПАР Скаба КЕ (0,2 л/га)				
Базагран + Селект + ПАР	27,6	31,0	24,8	27,8
Хармоні + Селект + ПАР	28,5	31,8	25,6	28,6
Півот + Селект + ПАР	29,4	32,6	26,4	29,5
Базагран + Хармоні + Селект + ПАР	30,2	33,5	27,2	30,3
75 % норма + ПАР Скаба КЕ (0,3 л/га)				
Базагран + Селект	26,9	30,2	24,2	27,1
Хармоні + Селект	27,8	31,0	25,0	27,9
Півот + Селект	28,7	31,8	25,8	28,8
Базагран + Хармоні + Селект	29,6	32,7	26,6	29,6
Оптимізована норма + ПАР Скаба КЕ (0,4 л/га)				
Базагран (–33 %) + Селект (–33 %)	27,5	30,8	24,7	27,7
Хармоні (–40 %) + Селект (–33 %)	28,4	31,6	25,5	28,5
Півот (–33 %) + Селект (–33 %)	29,3	32,4	26,3	29,3
Базагран (–33 %) + Хармоні (–33 %) + Селект (–40 %)	30,1	33,2	27,1	30,1
$НІР_{0,05}$	0,6	0,8	0,6	0,5

Найменше значення площі листкової поверхні на кінець вегетації було зафіксовано у варіанті Базагран + Селект – 24,6 тис. м^2/га. У системі Хармоні + Селект цей показник зростав до 25,4 тис. м^2/га, а у варіанті Півот + Селект – до 26,2 тис. м^2/га, що на 1,6 тис. м^2/га перевищувало базовий варіант. Найвищі значення без застосування ПАР відмічено у трикомпонентній системі Базагран + Хармоні + Селект – 27,0 тис. м^2/га, що свідчить про кращу збереженість листкового апарату за умов мультисайтової дії гербіцидів.

Застосування ПАР Скаба КЕ істотно підвищувало збереженість листкової поверхні сої у генеративний період. Зокрема, у варіанті Базагран + Селект + ПАР площа листкової поверхні на кінець вегетації зростала до 27,8 тис. м^2/га, що на 3,2 тис. м^2/га перевищувало відповідний показник без ПАР. У системі Хармоні + Селект + ПАР цей показник становив 28,6 тис. м^2/га, а у варіанті Півот + Селект + ПАР – 29,5 тис. м^2/га. Максимальне значення на цьому фоні було зафіксовано у трикомпонентній системі Базагран + Хармоні + Селект + ПАР – 30,3 тис. м^2/га, що на 3,3 тис. м^2/га перевищувало мінімальні значення варіантів без ПАР.

За зменшення норми гербіцидів до 75 % у поєднанні з ПАР площа листкової поверхні на кінець вегетації залишалася стабільно високою і коливалася в межах 27,1–29,6 тис. м^2/га. У двокомпонентному варіанті Базагран + Селект вона становила 27,1 тис. м^2/га, що практично відповідало рівню повної норми гербіцидів у поєднанні з ПАР. У системах Хармоні + Селект та Півот + Селект цей показник зростав відповідно до 27,9 та 28,8 тис. м^2/га, тоді як у трикомпонентному варіанті Базагран + Хармоні + Селект досягав 29,6 тис. м^2/га, що лише на 0,7 тис. м^2/га поступалося варіанту з повною нормою + ПАР і перебувало в межах експериментальної похибки.

Застосування оптимізованих норм гербіцидів у поєднанні з підвищеною нормою ПАР забезпечувало формування листкової поверхні на рівні 27,7–30,1 тис. м^2/га. У двокомпонентному варіанті Базагран + Селект її площа становила 27,7 тис. м^2/га, у системі Хармоні + Селект – 28,5 тис.

м^2/га, а у варіанті Півот + Селект – 29,3 тис. м^2/га. Найвищі показники знову були зафіксовані у трикомпонентній системі Базагран + Хармоні + Селект (оптимізована норма + ПАР) – 30,1 тис. м^2/га, що практично відповідало максимальним значенням варіантів із повною нормою + ПАР і перевищувало показники систем без ПАР на 3,1 тис. м^2/га.

Фотосинтетичний потенціал (ФП) є інтегральним показником, що відображає сумарну величину асиміляційної поверхні посівів у часі та тривалість її активного функціонування протягом вегетації. Саме цей показник якнайповніше характеризує потенційні можливості агроценозу сої щодо накопичення сухої речовини та формування врожаю і водночас є чутливим індикатором рівня конкурентного впливу бур'янів та ефективності систем гербіцидного захисту (табл. 4).

Таблиця 4

Фотосинтетичний потенціал сої 'Муза' (середнє за роки), млн м^2·доба/га

Варіант захисту	Вегетативний період	Генеративний період
Без ПАР (100 % норма)		
Базагран + Селект	0,82	1,19
Хармоні + Селект	0,85	1,23
Півот + Селект	0,88	1,27
Базагран + Хармоні + Селект	0,91	1,31
100 % норма + ПАР Скаба КЕ (0,2 л/га)		
Базагран + Селект + ПАР	0,93	1,34
Хармоні + Селект + ПАР	0,96	1,38
Півот + Селект + ПАР	0,99	1,42
Базагран + Хармоні + Селект + ПАР	1,02	1,46
75 % норма + ПАР Скаба КЕ (0,3 л/га)		
Базагран + Селект	0,92	1,31
Хармоні + Селект	0,94	1,35
Півот + Селект	0,97	1,39
Базагран + Хармоні + Селект	1,00	1,43
Оптимізована норма + ПАР Скаба КЕ (0,4 л/га)		
Базагран (–33 %) + Селект (–33 %)	0,94	1,33
Хармоні (–40 %) + Селект (–33 %)	0,97	1,37
Півот (–33 %) + Селект (–33 %)	1,00	1,41
Базагран (–33 %) + Хармоні (–33 %) + Селект (–40 %)	1,03	1,46

У вегетативний період розвитку сої фотосинтетичний потенціал чітко залежав від рівня ефективності системи захисту і, відповідно, ступеня зниження конкурентного впливу бур'янів. За фону 100 % норми без ПАР ФП послідовно зростав від 0,82 у варіанті Базагран + Селект до 0,91 млн м^2·доба/га у трикомпонентній системі Базагран + Хармоні + Селект. Двокомпонентні системи займали проміжне положення: Хармоні + Селект – 0,85, Півот + Селект – 0,88 млн м^2·доба/га. Таким чином, навіть без ПАР максимальний ФП забезпечувала саме мультисайтова (трикомпонентна) система, що узгоджується з її вищою здатністю стабілізувати розвиток листкового апарату на ранніх етапах формування продуктивності.

Додавання ПАР Скаба КЕ (0,2 л/га) за 100 % норми спричиняло системне підвищення ФП у вегетативний період у всіх комбінаціях: Базагран + Селект + ПАР – 0,93, Хармоні + Селект + ПАР – 0,96 млн м^2·доба/га, Півот + Селект + ПАР – 0,99, Базагран + Хармоні + Селект + ПАР – 1,02 млн м^2·доба/га. Важливо, що приріст ФП від застосування ПАР щодо відповідних варіантів без ПАР був однаковим для всіх систем і становив +0,11 (0,93–0,82; 0,96–0,85; 0,99–0,88; 1,02–0,91). Це свідчить, що технологічний ефект ПАР проявлявся не точково, а як стабільний чинник підвищення фотосинтетичного потенціалу посіву в ранній період росту.

За використання 75 % норми гербіцидів + ПАР (0,3 л/га) ФП у вегетативний період залишався високим і становив: 0,92 млн м^2·доба/га (Базагран + Селект), 0,94 (Хармоні + Селект), 0,97 (Півот + Селект), 1,00 (Базагран + Хармоні + Селект). Порівняно з варіантами 100 % + ПАР (0,2 л/га) відмінності були мінімальними та мали чітко фіксоване значення: у всіх чотирьох системах ФП був нижчим лише на 0,01–0,02 (0,92 проти 0,93; 0,94 проти 0,96; 0,97 проти 0,99; 1,00 проти 1,02). Отже, зменшення норми гербіцидів до 75 % у поєднанні з підвищенням норми ПАР до 0,3 л/га не

призводило до різкого «просідання» ФП у вегетативний період і зберігало ранню фотосинтетичну активність на близькому рівні.

За оптимізованої норми гербіцидів + ПАР (0,4 л/га) у вегетативний період отримано: 0,94 млн м^2·доба/га (Базагран + Селект), 0,97 (Хармоні + Селект), 1,00 (Півот + Селект), 1,03 (Базагран + Хармоні + Селект). Порівняно з 100% + ПАР (0,2 л/га) цей фон демонстрував або рівнозначні, або вищі значення (наприклад, 0,94 проти 0,93; 0,97 проти 0,96; 1,00 проти 0,99; 1,03 проти 1,02), що підкреслює: у вегетативний період найвищий ФП забезпечував варіант із трикомпонентною системою та ПАР, причому саме за оптимізації норм ФП досягав максимального значення 1,03.

У генеративний період величини ФП були вищими за вегетативні, що закономірно відображає тривалішу та інтенсивнішу роботу сформованого листкового апарату в період цвітіння – налив насіння. За фону 100 % норма без ПАР ФП становив 1,19 млн м^2·доба/га у варіанті Базагран + Селект, 1,23 – Хармоні + Селект, 1,27 – Півот + Селект, 1,31 млн м^2·доба/га – Базагран + Хармоні + Селект. Тобто і в генеративний період трикомпонентна система формувала найбільший ФП (1,31 млн м^2·доба/га) проти мінімального (1,19 млн м^2·доба/га) у двокомпонентній схемі.

Застосування ПАР 0,2 л/га на фоні 100 % норми забезпечувало чітке підсилення ФП у генеративний період: 1,34 млн м^2·доба/га (Базагран + Селект + ПАР), 1,38 (Хармоні + Селект + ПАР), 1,42 (Півот + Селект + ПАР), 1,46 млн м^2·доба/га (Базагран + Хармоні + Селект + ПАР). Приріст від ПАР порівняно з відповідними варіантами без ПАР був абсолютно стабільним і становив +0,15 у кожній системі (1,34–1,19; 1,38–1,23; 1,42–1,27; 1,46–1,31 млн м^2·доба/га). Це демонструє, що в критичний для формування врожаю період ПАР посилювала реалізацію фотосинтетичного потенціалу посівів незалежно від комбінації гербіцидів.

За 75 % норми + 0,3 л/га ПАР ФП у генеративний період становив 1,31 млн м^2·доба/га (Базагран + Селект), 1,35 (Хармоні + Селект), 1,39 (Півот + Селект), 1,43 млн м^2·доба/га (Базагран + Хармоні + Селект). У зіставленні з 100 % + 0,2 л/га ПАР значення були нижчими рівно на 0,03 у кожному відповідному варіанті (1,31 проти 1,34 млн м^2·доба/га; 1,35 проти 1,38; 1,39 проти 1,42; 1,43 проти 1,46 млн м^2·доба/га). Отже, зменшення норми гербіцидів до 75 % у генеративний період призводило до невеликого (але точного) зниження ФП, однак структура ранжування систем зберігалася: найбільший ФП стабільно формувався у трикомпонентній системі.

За оптимізованої норми + 0,4 л/га ПАР ФП у генеративний період дорівнював 1,33 млн м^2·доба/га (Базагран + Селект), 1,37 (Хармоні + Селект), 1,41 (Півот + Селект) і 1,46 млн м^2·доба/га (Базагран + Хармоні + Селект). Показово, що для трикомпонентної системи значення 1,46 було ідентичним варіанту 100 % + 0,2 л/га ПАР, тобто оптимізація норм у поєднанні з ПАР давала змогу зберігати максимальний ФП у генеративний період без його зниження саме в найбільш результативній схемі.

Чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) характеризує інтенсивність накопичення сухої речовини одиницею асиміляційної поверхні за одиницю часу та відображає ефективність функціонування фотосинтетичного апарату посівів. На відміну від фотосинтетичного потенціалу, який є структурно-часовим показником, ЧПФ дає змогу оцінити функціональну віддачу листкового апарату і є особливо чутливою до рівня конкурентного тиску бур'янів та фізіологічного стану рослин (табл. 5).

Чиста продуктивність фотосинтезу у вегетативний період відображала інтенсивність накопичення сухої речовини на одиницю асиміляційної поверхні та чітко реагувала на склад системи захисту. За 100 % норми без ПАР ЧПФ становила 3,4 г/м^2·доба (Базагран + Селект), 3,5 (Хармоні + Селект), 3,6 (Півот + Селект) і 3,7 г/м^2·доба (Базагран + Хармоні + Селект). Отже, навіть за відсутності ПАР найбільша ЧПФ у вегетативний період формувалася у трикомпонентній системі (3,7), що узгоджується з максимальним ФП у цьому варіанті.

На фоні 100 % + 0,2 л/га ПАР ЧПФ підвищувалася до 3,8; 3,9; 4,0 та 4,1 г/м^2·доба відповідно для систем Базагран + Селект, Хармоні + Селект, Півот + Селект, Базагран + Хармоні + Селект. Величина приросту порівняно з відповідними варіантами без ПАР була однаковою в усіх системах і становила +0,4 г/м^2·доба (3,8–3,4; 3,9–3,5; 4,0–3,6; 4,1–3,7 г/м^2·доба). Отже, ПАР у вегетативний період забезпечувала стабільне підвищення інтенсивності фотосинтетичного «виходу» посіву на одиницю площі.

За 75 % норми + 0,3 л/га ПАР ЧПФ у вегетативний період залишалася на тому самому рівні, що і за 100% + 0,2 л/га ПАР: 3,8; 3,9; 4,0 та 4,1 г/м^2·доба для відповідних систем. Це означає, що за умови використання ПАР зменшення норми гербіцидів до 75 % не знижувало ЧПФ у вегетативний період у жодній із комбінацій.

Таблиця 5

Чиста продуктивність фотосинтезу сої 'Муза' (середнє за роки), г/м²·доба

Варіант захисту	Вегетативний період	Генеративний період
Без ПАР (100 % норма)		
Базагран + Селект	3,4	4,2
Хармоні + Селект	3,5	4,3
Півот + Селект	3,6	4,4
Базагран + Хармоні + Селект	3,7	4,5
100 % норма + ПАР Скаба КЕ (0,2 л/га)		
Базагран + Селект + ПАР	3,8	4,6
Хармоні + Селект + ПАР	3,9	4,7
Півот + Селект + ПАР	4,0	4,8
Базагран + Хармоні + Селект + ПАР	4,1	4,9
75 % норма + ПАР Скаба КЕ (0,3 л/га)		
Базагран + Селект	3,8	4,6
Хармоні + Селект	3,9	4,7
Півот + Селект	4,0	4,8
Базагран + Хармоні + Селект	4,1	4,9
Оптимізована норма + ПАР Скаба КЕ (0,4 л/га)		
Базагран (–33 %) + Селект (–33 %)	3,9	4,7
Хармоні (–40 %) + Селект (–33 %)	4,0	4,8
Півот (–33 %) + Селект (–33 %)	4,1	4,9
Базагран (–33 %) + Хармоні (–33 %) + Селект (–40 %)	4,2	5,0

За оптимізованої норми + 0,4 л/га ПАР ЧПФ зростала до 3,9; 4,0; 4,1 та 4,2 г/м²·доба відповідно, тобто порівняно з 100 % + 0,2 л/га ПАР у кожному варіанті фіксувалося підвищення рівно на 0,1 г/м²·доба (3,9 проти 3,8; 4,0 проти 3,9; 4,1 проти 4,0; 4,2 проти 4,1 г/м²·доба). Максимальне значення у вегетативний період знову сформувала трикомпонентна система (4,2 г/м²·доба).

У генеративний період ЧПФ була вищою, що відповідає підвищеному рівню продукційних процесів у фазах формування і наливу насіння. За 100 % норми без ПАР ЧПФ становила 4,2 г/м²·доба (Базагран + Селект), 4,3 (Хармоні + Селект), 4,4 (Півот + Селект) і 4,5 г/м²·доба (Базагран + Хармоні + Селект). Таким чином, як і у вегетативний період, трикомпонентна схема забезпечувала найвищу ЧПФ (4,5 г/м²·доба) порівняно з мінімальною (4,2 г/м²·доба) у двокомпонентній системі.

Включення 0,2 л/га ПАР за 100 % норми підвищувало ЧПФ до 4,6; 4,7; 4,8 та 4,9 г/м²·доба відповідно. Приріст щодо фону без ПАР був рівним +0,4 г/м²·доба у кожній системі (4,6–4,2; 4,7–4,3; 4,8–4,4; 4,9–4,5 г/м²·доба), що свідчить про системний характер посилення продукційних процесів у посівах за рахунок покращення дії гербіцидів у присутності ПАР.

За 75 % норми + 0,3 л/га ПАР ЧПФ залишалася на рівні 4,6; 4,7; 4,8 та 4,9 г/м²·доба, тобто була ідентичною до варіантів 100 % + 0,2 л/га ПАР. Це є принципово важливим з позицій ресурсозбереження: зменшення норми гербіцидів до 75 % за наявності ПАР не погіршувало інтенсивність фотосинтетичного накопичення сухої речовини в генеративний період.

За оптимізованої норми + 0,4 л/га ПАР ЧПФ у генеративний період становила 4,7; 4,8; 4,9 і досягала 5,0 г/м²·доба у трикомпонентній системі. Порівняно з 100 % + 0,2 л/га ПАР це означало приріст рівно на 0,1 г/м²·доба у кожній схемі (4,7 проти 4,6; 4,8 проти 4,7; 4,9 проти 4,8; 5,0 проти 4,9 г/м²·доба), а максимум 5,0 г/м²·доба підкреслює перевагу трикомпонентної системи за оптимізованих норм у поєднанні з підвищеною нормою ПАР.

Висновки

Площа листкової поверхні у фазі завершення вегетативного росту (BBCH 39–49) була максимальною за застосування ПАР та мультисайтових систем захисту й досягала 42,2–43,0 тис. м²/га, що на 6,0–8,2 тис. м²/га перевищувало показники варіантів без ПАР. Аналогічна тенденція зберігалася і на кінець вегетації, де площа листкового апарату у кращих варіантах становила 29,6–30,3 тис. м²/га, забезпечуючи пролонговану фотосинтетичну активність.

Фотосинтетичний потенціал у вегетативний період у середньому за роки досліджень чітко зростав із підвищенням ефективності системи захисту: за 100 % норми без ПАР він становив 0,82–0,91 млн м²·доба/га, тоді як за 100% норми з ПАР (0,2 л/га) – 0,93–1,02, за 75 % норми з ПАР (0,3 л/га) – 0,92–1,00, а за оптимізованих норм з ПАР (0,4 л/га) – 0,94–1,03 млн м²·доба/га. Натомість

ФП у генеративний період був вищим за вегетативний у всіх варіантах, що відображає більшу тривалість та інтенсивність роботи сформованого листкового апарату: за 100 % норми без ПАР ФП дорівнював 1,19–1,31 млн м^2·доба/га, за 100 % + ПАР (0,2 л/га) – 1,34–1,46, за 75 % + ПАР (0,3 л/га) – 1,31–1,43, за оптимізованих норм + ПАР (0,4 л/га) – 1,33–1,46 млн м^2·доба/га.

Ефект впливу ПАР на показник ФП був стабільним і відтворюваним: порівняно з відповідними системами без ПАР приріст у вегетативний період становив +0,11 млн м^2·доба/га (наприклад, 0,82→0,93; 0,85→0,96; 0,88→0,99; 0,91→1,02 млн м^2·доба/га), а в генеративний – +0,15 млн м^2·доба/га (1,19→1,34; 1,23→1,38; 1,27→1,42; 1,31→1,46 млн м^2·доба/га). Трикомпонентна система (Базагран + Хармоні + Селект) формувала максимальні значення ФП в обох періодах на всіх фонах: без ПАР – 0,91 (вегетативний) і 1,31 млн м^2·доба/га (генеративний); за 100 % + ПАР – 1,02 і 1,46; за 75 % + ПАР – 1,00 і 1,43; за оптимізованих норм + ПАР – 1,03 і 1,46 млн м^2·доба/га.

Чиста продуктивність фотосинтезу у вегетативний період за 100 % норми без ПАР становила 3,4–3,7 г/м^2·доба, за 100 % + ПАР (0,2 л/га) – 3,8–4,1, за 75 % + ПАР (0,3 л/га) – 3,8–4,1, а за оптимізованих норм + ПАР (0,4 л/га) – 3,9–4,2 г/м^2·доба. А ЧПФ у генеративний період стабільно перевищувала значення вегетативного і становила: за 100 % норми без ПАР – 4,2–4,5 г/м^2·доба, за 100 % + ПАР (0,2 л/га) – 4,6–4,9, за 75 % + ПАР (0,3 л/га) – 4,6–4,9, за оптимізованих норм + ПАР (0,4 л/га) – 4,7–5,0 г/м^2·доба.

Вплив ПАР на ЧПФ був однаковим у всіх системах і становив +0,4 г/м^2·доба як у вегетативний (3,4→3,8; 3,5→3,9; 3,6→4,0; 3,7→4,1 г/м^2·доба), так і в генеративний період (4,2→4,6; 4,3→4,7; 4,4→4,8; 4,5→4,9 г/м^2·доба). Ресурсозбереження за рахунок зменшення норми гербіцидів до 75 % у поєднанні з ПАР (0,3 л/га) не погіршувало ЧПФ (значення були ідентичними до 100 % + ПАР: 3,8–4,1 г/м^2·доба у вегетативний та 4,6–4,9 г/м^2·доба у генеративний період), а для ФП різниця була незначною і становила –0,01…–0,02 г/м^2·доба (вегетативний) та –0,03 г/м^2·доба (генеративний) відносно 100 % + ПАР. А оптимізовані норми гербіцидів у поєднанні з підвищеною нормою ПАР (0,4 л/га) забезпечували найвищі або рівнозначні максимальним показники ФП і ЧПФ, з абсолютними максимумами ФП 1,03 (вегетативний) і 1,46 млн м^2·доба/га (генеративний) та ЧПФ 4,2 (вегетативний) і 5,0 г/м^2·доба (генеративний) у трикомпонентній системі.

Використана література

1. Arregui M. C., Scotta R., Sánchez D. Improved weed control with broadleaved herbicides in glyphosate-tolerant soybean (*Glycine max*). *Crop Protection*. 2006. Vol. 25, Iss. 7. P. 653–656. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2005.09.006

2. Bennett A. C., Shaw D. R. Effect of *Glycine max* cultivars and weed control on weed seed characteristics. *Weed Science*. 2000. Vol. 48, Iss. 4. P. 431–435. https://doi.org/10.1614/0043-1745(2000)048[0431:EOGMCA]2.0.CO;2

3. Charudattan R., Dinoor A. Biological control of weeds using plant pathogens: accomplishments and limitations. *Crop Protection*. 2000. Vol. 19, Iss. 8–10. P. 691–695. https://doi.org/10.1016/S0261-2194(00)00092-2

4. Deytieux V., Nemecek T., Knuchel R. F. et al. Is the weed management efficient for reducing environmental impacts of crop systems? A case study based on life cycle assessment. *European Journal of Agronomy*. 2012. Vol. 36, Iss. 1. P. 55–65. https://doi.org/10.1016/j.eja.2011.08.004

5. Jannink J. K., Orf J. H., Jordan N. R., Shaw R. G. Index selection for weed suppressive ability in soybean. *Crop Science*. 2000. Vol. 40, Iss. 4. P. 1087–1094. https://doi.org/10.2135/cropsci2000.4041087x

6. Kelley K. W., Long Jr. J. H., Todd T. C. Long-term crop rotations affect soybean yield, seed weight, and soil chemical properties. *Field Crops Research*. 2003. Vol. 83, Iss. 1. P. 41–50. https://doi.org/10.1016/S0378-4290(03)00055-8

7. Moore M. J., Gillespie T. J., Swanton C. J. Effect of cover crop mulches on weed emergence, weed biomass, and soybean (*Glycine max*) development. *Weed Technology*. 1994. Vol. 8, Iss. 3. P. 512–518. https://doi.org/10.1017/S0890037X00039609

8. Procópio S. O., Pires F. R., Menezes C. C. E. et al. Efeitos de dessecantes no controle de plantas daninhas na cultura da soja. *Planta Daninha*. 2006. Vol. 24, Iss. 1. P. 193–197. https://doi.org/10.1590/S0100-83582006000100025

9. Thakur V. S. Effect of time of application and concentration of Imazethapyr on weed control in soybean : M.Sc. thesis (unpublished) / Dr. Panjabrao Deshmukh Krishi Vidyapeeth. Akola, 2008. 67 c.

10. West T. D., Griffith D. R., Steinhardt G. C. et al. Effect of tillage and rotation on agronomic performance of corn and soybean: twenty-year study on dark silty clay loam soil. *Journal of Production Agriculture*. 1996. Vol. 9, Iss. 2. P. 241–248. https://doi.org/10.2134/jpa1996.0241

11. Wilson R. S., Hooker N., Tucker M. et al. Targeting the farmer decision making process: A pathway to increased adoption of integrated weed management. *Crop Protection*. 2009. Vol. 28, Iss. 9. P. 756–764. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2009.05.013

12. Yadav V. K., Shaikh A. A. Effect of integrated weed management on productivity of soybean (*Glycine max* L.). *Haryana Journal of Agronomy*. 2009. Vol. 25. P. 84–85.

13. Присяжнюк О. І., Климович Н. М., Полуніна О. В. та ін. Методологія і організація наукових досліджень в сільському господарстві та харчових технологіях. Київ : Нілан-ЛТД, 2021. 300 с. https://doi.org/10.47414/978-966-924-927-2

14. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica 6.0 : методичні вказівки. Київ : Поліграф Консалтинг, 2007. 56 с.

15. Методики випробування і застосування пестицидів / за ред. С. О. Трибеля. Київ : Світ, 2001. 448 с.

References

1. Arregui, M. C., Scotta, R., & Sánchez, D. (2006). Improved weed control with broadleaved herbicides in glyphosate-tolerant soybean (*Glycine max*). *Crop Protection*, *25*(7), 653–656. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2005.09.006

2. Bennett, A. C., & Shaw, D. R. (2000). Effect of *Glycine max* cultivars and weed control on weed seed characteristics. *Weed Science*, *48*(4), 431–435. https://doi.org/10.1614/0043-1745(2000)048[0431:EOGMCA]2.0.CO;2

3. Charudattan, R., & Dinoor, A. (2000). Biological control of weeds using plant pathogens: Accomplishments and limitations. *Crop Protection*, *19*(8–10), 691–695. https://doi.org/10.1016/S0261-2194(00)00092-2

4. Deytieux, V., Nemecek, T., Freiermuth Knuchel, R., Gaillard, G., & Munier-Jolain, N. M. (2012). Is the weed management efficient for reducing environmental impacts of crop systems? A case study based on life cycle assessment. *European Journal of Agronomy*, *36*(1), 55–65. https://doi.org/10.1016/j.eja.2011.08.004

5. Jannink, J. K., Orf, J. H., Jordan, N. R., & Shaw, R. G. (2000). Index selection for weed suppressive ability in soybean. *Crop Science*, *40*(4), 1087–1094. https://doi.org/10.2135/cropsci2000.4041087x

6. Kelley, K. W., Long Jr, J. H., & Todd, T. C. (2003). Long-term crop rotations affect soybean yield, seed weight, and soil chemical properties. *Field Crops Research*, *83*(1), 41–50. https://doi.org/10.1016/S0378-4290(03)00055-8

7. Moore, M. J., Gillespie, T. J., & Swanton, C. J. (1994). Effect of cover crop mulches on weed emergence, weed biomass, and soybean (*Glycine max*) development. *Weed Technology*, *8*(3), 512–518. https://doi.org/10.1017/S0890037X00039609

8. Catunda, M. G., Freitas, S. P., Silva, C. M. M., Carvalho, A. J. R. C., & Soares, L. M. S. (2006). Efeitos de dessecantes no controle de plantas daninhas na cultura da soja. *Planta Daninha*, *24*(1), 193–197. https://doi.org/10.1590/S0100-83582006000100025

9. Thakur, V. S. (2008). *Effect of time of application and concentration of Imazethapyr on weed control in soybean* [Unpublished master's thesis]. Dr. Panjabrao Deshmukh Krishi Vidyapeeth.

10. West, T. D., Griffith, D. R., Steinhardt, G. C., Kladivko, E. J., & Parsons, S. D. (1996). Effect of tillage and rotation on agronomic performance of corn and soybean: Twenty-year study on dark silty clay loam soil. *Journal of Production Agriculture*, *9*(2), 241–248. https://doi.org/10.2134/jpa1996.0241

11. Wilson, R. S., Hooker, N., Tucker, M., LeJeune, J., & Doohan, D. (2009). Targeting the farmer decision making process: A pathway to increased adoption of integrated weed management. *Crop Protection*, *28*(9), 756–764. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2009.05.013

12. Yadav, V. K., & Shaikh, A. A. (2009). Effect of integrated weed management on productivity of soybean (*Glycine max* L.). *Haryana Journal of Agronomy*, *25*, 84–85.

13. Prysiazhniuk, O. I., Klymovych, N. M., Polunina, O. V., Yevchuk, Ya. V., Tretiakova, S. O., Kononenko, L. M., Voitovska, V. I., & Mykhailovyn, Yu. M. (2021). *Methodology and organization of scientific research in agriculture and food technologies*. Nilan-LTD. https://doi.org/10.47414/978-966-924-927-2 [In Ukrainian]

14. Ermantraut, E. R., Prysiazhniuk, O. I., & Shevchenko, I. L. (2007). *Statistical analysis of agronomic research data in the Statistica 6.0 package: guidelines*. PolihrafKonsaltynh. [In Ukrainian]

15. Trybel, S. O. (Ed.). (2001). *Methods of testing and application of pesticides.* Svit. [In Ukrainian]

UDC 632.5:632.934/935

Konopolskyi, O. P. (2025). Leaf area and efficiency of the photosynthetic apparatus in soybean under different weed control systems in the Forest Steppe of Ukraine. *Advanced Agritechnologies*, *13*(2). https://doi.org/10.47414/na.13.2.2025.348189 [In Ukrainian]

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 15 Heroiv Oborony St., Kyiv, 03041, Ukraine, e-mail: konop@ukr.net

Purpose. To determine the peculiarities of leaf area development and the efficiency of the soybean photosynthetic apparatus under different weed control systems in the Right-Bank Forest Steppe of Ukraine. **Methods.** Field experiments were conducted in 2023–2025 at the Agronomic Research Station (Kyiv region) on typical low-humus chernozem. The experimental design involved the application of two- and three-component tank mixtures of herbicides (Basagran + Select, Harmony + Select, Pivot + Select, and Basagran + Harmony + Select) in four

modifications: full dose without surfactant (adjuvant); full dose with Scaba EC surfactant (0.2 l/ha); 75% dose with surfactant (0.3 l/ha); optimised dose (reduced by 33–40%) with surfactant (0.4 l/ha). Leaf area index (LAI) was determined at the BBCH 39–49 stages and at the end of the vegetation season. Photosynthetic potential (PP) and net photosynthetic productivity (NPP) were assessed using standard methodologies. **Results.** Without surfactant, LAI at BBCH 39–49 was minimal (35.0–38.4 thousand m^2/ha). The addition of Scaba EC surfactant to the full herbicide dose increased LAI to 42.8 thousand m^2/ha in the three-component system (Basagran + Harmony + Select), which was 23% higher than the baseline. Optimisation of herbicide rates (–33…–40%) with an increased surfactant dose (0.4 l/ha) ensured LAI of 39.4–43.0 thousand m^2/ha, which is equivalent to full doses. By the end of the growing season, LAI under multisite protection with surfactant was 30.1–30.3 thousand m^2/ha compared with 24.6–27.0 thousand m^2/ha in variants without surfactant. The three-component system (Basagran + Harmony + Select) produced maximum PP values (million m^2·day/ha) in both periods across all backgrounds: without surfactant 0.91 (vegetative) and 1.31 (generative); at 100% + surfactant – 1.02 and 1.46; at 75% + surfactant 1.00 and 1.43; at optimised rates + surfactant 1.03 and 1.46. Optimised herbicide rates combined with an increased surfactant dose (0.4 l/ha) ensured the highest or equivalent maximum PP and NPP values, with absolute maxima of PP being 1.03 (vegetative) and 1.46 million m^2·day/ha (generative), and NPP 4.2 (vegetative) and 5.0 g/m^2·day (generative) in the three-component system. **Conclusions.** The use of surfactant in multisite herbicide systems significantly increases soybean leaf area, photosynthetic potential, and net photosynthetic productivity. The most effective was the three-component system Basagran + Harmony + Select with surfactant, which ensured high indicators even under reduced and optimised herbicide doses.

Keywords: *Glycine max; herbicide weed control systems; post-emergence herbicides; tank mixtures; Scaba EC surfactant; photosynthetic potential; net photosynthetic productivity.*

Надійшла / Received 02.09.2025
Погоджено до друку / Accepted 22.09.2025