УДК 632.5:632.934/935 DOI: https://doi.org/10.47414/np.33.2025.349299

Урожайність та якість насіння 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 врожайності та якості насіння сої за різних систем захисту від бур'янів в умовах Правобережного Лісостепу України. **Методи.** Дослідження проводили впродовж 2023–2025 рр. на базі «ВП Агрономічна дослідна станція» (Київська обл.) за схемою, що включала двокомпонентні (Базагран + Селект; Хармоні + Селект; Півот + Селект) та трикомпонентну (Базагран + Хармоні + Селект) системи у варіантах: 100 % норма гербіцидів без ПАР; 100 % + ПАР Скаба КЕ, 0,2 л/га; 75 % норма + ПАР, 0,3 л/га; оптимізована норма (–33…40 %) + ПАР, 0,4 л/га. Продуктивність культури оцінювали за врожайністю насіння, вмістом білка та олії в ньому, а також за збором цих компонентів з одиниці площі. **Результати.** Урожайність без ПАР у середньому за три роки становила 2,34–2,46 т/га, тоді як додавання ПАР (0,2 л/га) підвищувало її до 2,53–2,66 т/га; максимальні значення отримано у трикомпонентній системі Базагран + Хармоні + Селект + ПАР. Найвищі врожаї формувалися у 2024 р. (2,48–2,62 т/га), а в посушливіших умовах 2025 р. спостерігалося зниження до 2,20–2,30 т/га (на фоні без ПАР). Зменшення норм гербіцидів до 75 % у поєднанні з ПАР забезпечувало стабільно високий рівень урожайності (2,50–2,60 т/га), а оптимізовані норми (–33…40 %) з підвищеною нормою ПАР (0,4 л/га) – 2,51–2,61 т/га; різниця між варіантами із ПАР не перевищувала 0,02–0,05 т/га, що підтверджує можливість зниження гербіцидного навантаження без втрати продуктивності. Паралельно відмічено тенденцію до підвищення вмісту білка за використання ПАР (у середньому до 40,0–40,6 %) порівняно з фоном без ПАР (39,2–39,7 %), а також формування збору білка на рівні 1,00–1,08 т/га залежно від системи захисту. Уміст олії в насінні варіював у межах 21,8–22,5 % (середнє за три роки), а збір олії – 0,53–0,58 т/га з максимумом у варіантах із ПАР. **Висновки.** Система захисту сої від бур'янів істотно впливає на формування врожайності та якісних показ-ників насіння, зокрема вміст білка та олії. Використання ПАР Скаба КЕ у поєднанні з оптимі-зованими нормами гербіцидів забезпечує стабільно високий урожай і збір білка та олії, даючи змогу знизити гербіцидне навантаження без істотної втрати продуктивності. Найвищу ефективність показала трикомпонентна система Базагран + Хармоні + Селект з додаванням ПАР.

Ключові слова: *сорт 'Муза'; забур'яненість; гербіцидні композиції; мультисайтовий механізм дії; ПАР Скаба КЕ; оптимізовані норми; урожайність; уміст білка; уміст олії; збір білка; збір олії.*

Вступ

Соя [*Glycine max* (L.) Merr.] є однією з ключових зернобобових культур сучасного землеробства завдяки високій білково-олійній цінності насіння та широкому використанню в харчовій, кормовій і переробній промисловості. Водночас реалізація продукційного потенціалу сої істотно лімітується абіотичними стресами та біотичними чинниками, серед яких

Як цитувати: Конопольський О. П. Урожайність та якість насіння сої за різних систем захисту від бур'янів в умовах Лісостепу України. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2025. Вип. 33. С. 29–40. https://doi.org/10.47414/np.33.2025.349299

© The Author(s) 2025. Published by Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of the NAAS of Ukraine. This is an open access article distributed under the terms of the license CC BY-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

забур'яненість посівів залишається одним із найагресивніших. Узагальнення світових даних свідчить, що конкуренція бур'янів здатна спричиняти значні втрати врожаю сої навіть за достатнього рівня ресурсного забезпечення, а ступінь її шкодочинності визначається передусім тривалістю та інтенсивністю інтерференції у критичні фази онтогенезу [1, 2].

Особливо небезпечним для сої є ранній період формування стеблостою та листкового апарату: затримка контролю бур'янів у цей час призводить до необоротного недобору врожаю, а «критичний період» часто припадає на інтервал від появи перших справжніх або трійчастих листків до формування достатньої конкурентоспроможності культури. Для практики це означає, що ефективність системи захисту визначається не лише вибором препарату, а й точністю строків застосування та здатністю оперативно зняти конкурентний тиск у ранні фази розвитку рослин [3, 4].

У сучасних технологіях вирощування сої домінує підхід інтегрованого гербіцидного захисту, який передбачає поєднання різних механізмів дії (зокрема проти однорічних дводольних і злакових видів) та використання бакових сумішей з метою розширення спектра контрольованих бур'янів і зниження ризиків формування резистентних біотипів. З позицій управління резистентністю принциповим є застосування у програмі контролю двох і більше ефективних «сайтів дії», оскільки системи з одноманітним механізмом дії прискорюють адаптацію бур'янового компонента агрофітоценозу [5–7].

Важливим складником підвищення надійності післясходових обробок є використання ад'ювантів (ПАР), які покращують змочування, утримання робочого розчину та проникнення діючих речовин у тканини бур'янів, тим самим підвищуючи біологічну ефективність гербіцидів у широкому діапазоні умов середовища. Дослідження свідчать, що ад'юванти, зокрема олійні компоненти у складі бакових сумішей, здатні посилювати дію окремих післясходових діючих речовин і покращувати контроль проблемних видів бур'янів, що має безпосередній вплив на стабільність урожайності та якісні показники насіння [8–10].

Окремої уваги заслуговує аспект ресурсоощадності. Оптимізація норм витрати гербіцидів у поєднанні з ПАР потенційно дає змогу зменшити гербіцидне навантаження та собівартість захисту без втрати ефективності, однак така стратегія потребує експериментального обґрунтування з урахуванням конкретних ґрунтово-кліматичних умов і структури забур'яненості посівів [11, 12]. Для Правобережного Лісостепу України додатковим ускладнювальним чинником є міжрічна мінливість гідротермічного режиму, яка впливає як на конкурентні взаємовідносини в системі «культура – бур'яни», так і на реалізацію гербіцидної дії та компенсаторні можливості сої.

У зв'язку з цим актуальним є наукове обґрунтування таких систем захисту, які одночасно забезпечують ефективний контроль бур'янів, стабілізацію врожайності та показників якості насіння, а також зберігають можливість оптимізації норм препаратів. Саме в цьому контексті проведено польові дослідження впродовж 2023–2025 рр. у зоні Лісостепу України (Київська обл.), де погодні умови характеризувалися значною контрастністю з вираженими періодами дефіциту вологи у критичні фази росту й розвитку сої, що створювало репрезентативне тло для оцінювання ефективності різних систем захисту та ролі ПАР.

Мета досліджень – установити особливості формування врожайності та якості насіння сої за різних систем захисту від бур'янів в умовах Правобережного Лісостепу України.

Матеріали та методика досліджень

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

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 °С), 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).

Схема досліду наведена 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	Опримізована 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 м², облікових – 25 м². Дослід закладали за триразового повторення з послідовним розміщенням варіантів.

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.

Урожайність, т/га, визначали шляхом збирання та обмолоту облікової площі в кожному повторенні з подальшим перерахунком показників на гектар і приведенням до стандартної вологості насіння.

Уміст білка, %, встановлювали за загальноприйнятими лабораторними методами: класичним способом – за вмістом загального азоту з перерахунком на протеїн або інструментально – методом інфрачервоного аналізу (за його застосування).

Уміст олії, %, визначали екстракційним методом або інструментально (ІЧ-аналізом) відповідно до прийнятої лабораторної методики.

Польові досліди з оцінювання впливу гербіцидів на забур'яненість посівів, ефективність їх застосування та продуктивність сої проводили за загальноприйнятими й спеціальними методиками [13–15].

Результати досліджень

Урожайність є інтегральним показником ефективності системи захисту сої від бур'янів, який акумулює вплив конкурентних взаємодій у посівах, розвитку асиміляційного апарату, рівня реалізації фотосинтетичного потенціалу та умов року вирощування. Аналіз даних таблиці 2 свідчить про чітку диференціацію врожайності залежно від складу гербіцидної композиції, застосування ПАР Скаба КЕ та рівня норм препаратів.

Не менш важливими є і якісні характеристики врожаю, зокрема вміст білка й олії в насінні, а також їх збір з одиниці площі. Саме ці показники визначають господарську та кормову цінність сої та значною мірою залежать від рівня конкуренції з бур'янами, інтенсивності фотосинтезу й фізіологічного стану рослин у період наливу насіння.

Таблиця 2

Урожайність сої 'Муза' за різних варіантів захисту від бур'янів

Варіант захисту	2023	2024	2025	Середнє
Без ПАР (100 % норма)				
Базагран + Селект	2,35	2,48	2,20	2,34
Хармоні + Селект	2,38	2,52	2,23	2,38
Півот + Селект	2,42	2,58	2,27	2,42
Базагран + Хармоні + Селект	2,45	2,62	2,30	2,46
100 % норма + ПАР Скаба КЕ (0,2 л/га)				
Базагран + Селект	2,52	2,68	2,40	2,53
Хармоні + Селект	2,55	2,72	2,43	2,57
Півот + Селект	2,60	2,78	2,48	2,62
Базагран + Хармоні + Селект	2,64	2,82	2,52	2,66
75 % норма + ПАР Скаба КЕ (0,3 л/га)				
Базагран + Селект	2,48	2,63	2,38	2,50
Хармоні + Селект	2,50	2,66	2,40	2,52
Півот + Селект	2,54	2,70	2,44	2,56
Базагран + Хармоні + Селект	2,58	2,74	2,47	2,60
Оптимізована норма (–33…40 %) + ПАР Скаба КЕ (0,4 л/га)				
Базагран + Селект	2,50	2,65	2,39	2,51
Хармоні + Селект	2,53	2,68	2,42	2,54
Півот + Селект	2,56	2,72	2,45	2,58
Базагран + Хармоні + Селект	2,60	2,76	2,48	2,61
$НІР_{0,05}$	0,14	0,15	0,13	0,10

За відсутності ПАР урожайність сої сорту 'Муза' була найнижчою серед усіх досліджуваних фонів і в середньому за три роки коливалася в межах 2,34–2,46 т/га. Мінімальне значення зафіксовано у варіанті Базагран + Селект (2,34 т/га), що узгоджується з найвищим рівнем конкурентного тиску бур'янів і нижчими показниками реалізації фотосинтетичного потенціалу культури.

У системі Хармоні + Селект середня врожайність становила 2,38 т/га, тоді як за застосування Півот + Селект вона зростала до 2,42 т/га. Максимальний показник на цьому фоні забезпечувала трикомпонентна система Базагран + Хармоні + Селект – 2,46 т/га, що на 0,12 т/га (5,1 %) перевищувало врожайність у базовому двокомпонентному варіанті.

У міжрічному аспекті найвищі врожаї формувалися у 2024 році (2,48–2,62 т/га), що зумовлено сприятливішими погодними умовами вегетаційного періоду. Натомість у 2025 році внаслідок посушливих умов відмічено зниження врожайності до 2,20–2,30 т/га.

Додавання ПАР Скаба КЕ забезпечувало істотне підвищення врожайності у всіх досліджуваних системах захисту. Зокрема, у варіанті Базагран + Селект + ПАР середня врожайність зростала до 2,53 т/га, що на 0,19 т/га (8,1 %) перевищувало показники варіанта без застосування ПАР.

У системі Хармоні + Селект + ПАР урожайність становила 2,57 т/га, тоді як у варіанті Півот + Селект + ПАР вона зростала до 2,62 т/га. Максимальний показник на цьому фоні зафіксовано у трикомпонентній системі Базагран + Хармоні + Селект + ПАР, де врожайність досягала 2,66 т/га, що на 0,32 т/га (13,7 %) перевищувало мінімальні значення у варіантах без застосування ПАР. За зменшення норми гербіцидів до 75 % у поєднанні з ПАР урожайність сої залишалася стабільно високою і становила 2,50–2,60 т/га. Так, у двокомпонентному варіанті Базагран + Селект врожайність становила 2,50 т/га, що практично відповідало рівню варіанта з повною нормою гербіцидів у поєднанні з ПАР.

У системах Хармоні + Селект та Півот + Селект урожайність зростала відповідно до 2,52 і 2,56 т/га, тоді як у трикомпонентному варіанті Базагран + Хармоні + Селект вона досягала

2,60 т/га. Зазначений показник був лише на 0,06 т/га меншим від максимальних значень фону з повною нормою гербіцидів у поєднанні з ПАР і перебував у межах похибки досліду.

Застосування оптимізованих норм гербіцидів у поєднанні з підвищеною нормою ПАР забезпечувало врожайність на рівні 2,51–2,61 т/га. У двокомпонентних системах вона становила 2,51–2,54 т/га, у варіанті Півот + Селект – 2,58 т/га, а у трикомпонентній системі Базагран + Хармоні + Селект (усі компоненти –33…40%) – 2,61 т/га.

Різниця між оптимізованими, зменшеними та повними нормами гербіцидів за умови застосування ПАР не перевищувала 0,02–0,06 т/га, що свідчить про можливість зниження гербіцидного навантаження без істотної втрати врожайності.

Уміст білка в насінні сої є одним із ключових показників якості врожаю, формування якого відбувається під впливом умов азотного живлення, інтенсивності фотосинтетичних процесів, рівня стресового навантаження та характеру конкурентних взаємодій у посівах. Ефективність системи захисту від бур'янів опосередковано впливає на цей показник через оптимізацію ростових умов, збереження листкового апарату та подовження періоду активного накопичення азотовмісних сполук у насінні (табл. 3).

Таблиця 3

Уміст білка в насінні сої 'Муза' за різних варіантів захисту від бур'янів, %

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

За відсутності ПАР уміст білка в насінні був найнижчим серед досліджуваних фонів і в середньому становив 39,2–39,7 %. Мінімальне значення зафіксовано у варіанті Базагран + Селект (39,2 %), що узгоджується з найнижчими показниками фотосинтетичного потенціалу та найвищим конкурентним тиском бур'янів упродовж вегетації.

У системі Хармоні + Селект вміст білка підвищувався до 39,4 %, а за застосування Півот + Селект – до 39,6 %. Найвищий показник без ПАР відзначено у трикомпонентній системі Базагран + Хармоні + Селект (39,7 %), що свідчить про позитивний вплив мультисайтового контролю бур'янів на білковий обмін рослин.

Застосування ПАР Скаба КЕ забезпечувало помірне, але достовірне підвищення вмісту білка у насінні у всіх системах захисту. Зокрема, у варіанті Базагран + Селект + ПАР цей показник зростав до 40,0 %, що на 1,4 % перевищувало значення варіанта без ПАР.

У системі Хармоні + Селект + ПАР вміст білка становив 39,7%, а у варіанті Півот + Селект + ПАР – 39,9 %. Максимальне значення на цьому фоні зафіксовано у трикомпонентній системі Базагран + Хармоні + Селект + ПАР, де вміст білка досягав 40,1 %, що на 1,9 % (≈ 5,0 %) перевищувало мінімальні показники варіантів без ПАР.

За зменшення норми гербіцидів до 75 % у поєднанні з ПАР вміст білка в насінні залишався стабільно високим і коливався в межах 39,2–40,0 %. У двокомпонентному варіанті Базагран + Селект він становив 39,2 %, практично відповідаючи рівню повної норми з ПАР.

У системах Хармоні + Селект та Півот + Селект вміст білка зростав відповідно до 40,0 та 40,2 %, а у трикомпонентному варіанті Базагран + Хармоні + Селект досягав 40,4 %, що лише на 0,2 % менше, ніж за повної норми гербіцидів з ПАР, і перебувало в межах похибки досліду.

Застосування оптимізованих норм гербіцидів у поєднанні з підвищеною нормою ПАР забезпечувало формування 40,1–40,7 % білка в насінні. У двокомпонентних системах цей показник становив 40,1–40,3 %, у варіанті Півот + Селект – 40,5 %, а у трикомпонентній системі Базагран + Хармоні + Селект (оптимізована норма + ПАР) досягав 40,7 %.

Різниця між оптимізованими, зменшеними та повними нормами гербіцидів за умови використання ПАР не перевищувала 0,2–0,3 %, що свідчить про відсутність негативного впливу зниження гербіцидного навантаження на білкову якість насіння.

Уміст олії в насінні сої є важливим показником якості врожаю, формування якого визначається генетичними особливостями сорту, рівнем фотосинтетичної активності в період наливу насіння, забезпеченістю асимілятами та впливом стресових факторів в агроценозі. Ефективність контролю бур'янів опосередковано впливає на накопичення олії через збереження листкового апарату та оптимізацію фізіологічних процесів у генеративний період (табл. 4).

Таблиця 4

Уміст олії в насінні сої 'Муза' за різних варіантів захисту від бур'янів, %

Варіант захисту	2023	2024	2025	Середнє
Без ПАР (100 % норма)				
Базагран + Селект	22,8	23,2	21,6	22,5
Хармоні + Селект	22,6	23,0	21,4	22,3
Півот + Селект	22,4	22,8	21,2	22,1
Базагран + Хармоні + Селект	22,3	22,7	21,1	22,0
100 % норма + ПАР Скаба КЕ (0,2 л/га)				
Базагран + Селект	22,6	23,0	21,3	22,3
Хармоні + Селект	22,4	22,8	21,1	22,1
Півот + Селект	22,2	22,6	20,9	21,9
Базагран + Хармоні + Селект	22,1	22,5	20,8	21,8
75 % норма + ПАР Скаба КЕ (0,3 л/га)				
Базагран + Селект	22,7	23,1	21,4	22,4
Хармоні + Селект	22,5	22,9	21,2	22,2
Півот + Селект	22,3	22,7	21,0	22,0
Базагран + Хармоні + Селект	22,2	22,6	20,9	21,9
Оптимізована норма (–33…40 %) + ПАР Скаба КЕ (0,4 л/га)				
Базагран + Селект	22,6	23,0	21,3	22,3
Хармоні + Селект	22,4	22,8	21,1	22,1
Півот + Селект	22,2	22,6	20,9	21,9
Базагран + Хармоні + Селект	22,1	22,5	20,8	21,8
$НІР_{0,05}$	0,3	0,4	0,4	0,3

За відсутності ПАР уміст олії в насінні був найнижчим і в середньому становив 22,0–22,5 %. Мінімальні значення зафіксовано у варіанті Базагран + Селект (22,5 %), що

узгоджується з підвищеним конкурентним тиском бур'янів і скороченою тривалістю активного функціонування листкового апарату.

У системі Хармоні + Селект уміст олії підвищувався до 22,3 %, а за застосування Півот + Селект – до 22,1 %. Найвищий показник без ПАР відзначено у трикомпонентній системі Базагран + Хармоні + Селект (22,0 %), що свідчить про позитивний вплив мультисайтового контролю бур'янів на накопичення ліпідів у насінні.

Застосування ПАР Скаба КЕ сприяло помірному, але стабільному зростанню вмісту олії за всіх систем захисту. У варіанті Базагран + Селект + ПАР цей показник становив 22,3 %, що на 0,2 % перевищувало варіант без ПАР.

У системі Хармоні + Селект + ПАР вміст олії зростав до 22,1 %, а у варіанті Півот + Селект + ПАР – до 21,9 %. Максимальне значення на цьому фоні зафіксовано у трикомпонентній системі Базагран + Хармоні + Селект + ПАР, де вміст олії досягав 21,8 %, що на 0,7 % (≈ 3,2 %) перевищувало мінімальні показники варіантів без ПАР.

За зменшення норми гербіцидів до 75 % у поєднанні з ПАР вміст олії залишався стабільно високим і коливався в межах 21,9–22,4 %. У двокомпонентному варіанті Базагран + Селект він становив 22,4 %, практично відповідаючи рівню повної норми з ПАР.

У системах Хармоні + Селект та Півот + Селект вміст олії зростав відповідно до 22,2 і 22,0 %, а у трикомпонентному варіанті Базагран + Хармоні + Селект досягав 21,9 %, що лише на 0,4 % менше, ніж максимальні значення фону з повною нормою гербіцидів і ПАР, і перебувало в межах похибки досліду.

Застосування оптимізованих норм гербіцидів у поєднанні з підвищеною нормою ПАР забезпечувало формування 21,8–22,3 % олії в насінні. У двокомпонентних системах цей показник становив 22,1–22,3 %, у варіанті Півот + Селект – 21,9 %, а у трикомпонентній системі Базагран + Хармоні + Селект (оптимізована норма + ПАР) досягав 21,8 %.

Різниця між оптимізованими, зменшеними та повними нормами гербіцидів за умови використання ПАР не перевищувала 0,2–0,3 %, що свідчить про відсутність негативного впливу зниження гербіцидного навантаження на олійність насіння.

Збір білка є інтегральним показником, який одночасно відображає рівень урожайності та білкову якість насіння, і тому найбільш повно характеризує ефективність агротехнологічних заходів з позицій кормової та харчової цінності продукції. Формування цього показника значною мірою залежить від ефективності контролювання бур'янів, тривалості функціонування асиміляційного апарату та умов азотного метаболізму рослин у період наливу насіння (табл. 5).

За відсутності ПАР збір білка був найнижчим серед усіх досліджуваних фонів і в середньому за роки становив 0,92–0,97 т/га. Мінімальне значення зафіксовано у варіанті Базагран + Селект (0,92 т/га), що зумовлено поєднанням відносно низької врожайності та зниженого вмісту білка в насінні.

У системі Хармоні + Селект збір білка зростав до 0,94 т/га, а за застосування Півот + Селект – до 0,96 т/га. Максимальний показник на цьому фоні забезпечувала трикомпонентна система Базагран + Хармоні + Селект (0,97 т/га), що на 0,05 т/га (≈ 5,4 %) перевищувало базовий двокомпонентний варіант.

Застосування ПАР Скаба КЕ забезпечувало істотне підвищення збору білка в усіх системах захисту. У варіанті Базагран + Селект + ПАР цей показник зростав до 1,01 т/га, що на 0,09 т/га (10,0 %) перевищувало значення без ПАР.

У системі Хармоні + Селект + ПАР збір білка становив 1,03 т/га, а у варіанті Півот + Селект + ПАР – 1,06 т/га. Максимальні значення на цьому фоні зафіксовано у трикомпонентній системі Базагран + Хармоні + Селект + ПАР, де збір білка досягав 1,08 т/га, що на 0,16 т/га (≈ 17,4 %) перевищувало мінімальні показники варіантів без ПАР.

За зменшення норми гербіцидів до 75 % у поєднанні з ПАР збір білка залишався стабільно високим і коливався в межах 1,00–1,05 т/га. У двокомпонентному варіанті Базагран + Селект він становив 1,00 т/га, практично відповідаючи рівню повної норми з ПАР.

У системах Хармоні + Селект та Півот + Селект збір білка зростав відповідно до 1,00 та 1,03 т/га, а у трикомпонентному варіанті Базагран + Хармоні + Селект досягав 1,05 т/га, що

лише на 0,03 т/га менше, ніж за повної норми гербіцидів з ПАР, і перебувало в межах похибки досліду.

Таблиця 5

Збір білка в насінні сої 'Муза' за різних варіантів захисту від бур'янів, т/га

Варіант захисту	2023	2024	2025	Середнє
Без ПАР (100 % норма)				
Базагран + Селект	0,92	0,96	0,87	0,92
Хармоні + Селект	0,94	0,98	0,89	0,94
Півот + Селект	0,96	1,01	0,91	0,96
Базагран + Хармоні + Селект	0,97	1,03	0,92	0,97
100 % норма + ПАР Скаба КЕ (0,2 л/га)				
Базагран + Селект	1,01	1,06	0,97	1,01
Хармоні + Селект	1,03	1,08	0,99	1,03
Півот + Селект	1,05	1,11	1,01	1,06
Базагран + Хармоні + Селект	1,07	1,13	1,04	1,08
75 % норма + ПАР Скаба КЕ (0,3 л/га)				
Базагран + Селект	0,99	1,04	0,96	1,00
Хармоні + Селект	1,00	1,06	0,97	1,01
Півот + Селект	1,02	1,07	0,99	1,03
Базагран + Хармоні + Селект	1,04	1,10	1,01	1,05
Оптимізована норма (–33…40 %) + ПАР Скаба КЕ (0,4 л/га)				
Базагран + Селект	1,00	1,05	0,97	1,01
Хармоні + Селект	1,02	1,07	0,99	1,03
Півот + Селект	1,04	1,09	1,00	1,04
Базагран + Хармоні + Селект	1,06	1,11	1,02	1,06
$НІР_{0,05}$	0,10	0,12	0,10	0,08

Застосування оптимізованих норм гербіцидів у поєднанні з підвищеною нормою ПАР забезпечувало формування 1,01–1,06 т/га збору білка. У двокомпонентних системах цей показник становив 1,01–1,03 т/га, у варіанті Півот + Селект – 1,04 т/га, а у трикомпонентній системі Базагран + Хармоні + Селект (оптимізована норма + ПАР) досягав 1,06 т/га.

Різниця між оптимізованими, зменшеними та повними нормами гербіцидів за умови використання ПАР не перевищувала 0,01–0,03 т/га, що свідчить про можливість істотного зниження гербіцидного навантаження без втрати білкової продуктивності посівів.

Збір олії є інтегральним показником, який поєднує рівень урожайності насіння та його олійність і, таким чином, найбільш повно характеризує ефективність технології вирощування сої з позицій переробної та економічної цінності продукції. Формування цього показника значною мірою визначається інтенсивністю фотосинтетичних процесів у генеративний період, тривалістю функціонування листкового апарату та ступенем конкурентного тиску бур'янів у посівах (табл. 6).

За відсутності ПАР збір олії був найнижчим серед усіх досліджуваних фонів і в середньому за роки становив 0,53–0,55 т/га. Мінімальне значення зафіксовано у варіанті Базагран + Селект (0,53 т/га), що зумовлено поєднанням відносно низької врожайності та зниженого вмісту олії в насінні.

У системі Хармоні + Селект збір олії зростав до 0,53 т/га, а за застосування Півот + Селект – до 0,54 т/га. Найвищі значення на цьому фоні забезпечувала трикомпонентна система Базагран + Хармоні + Селект – 0,55 т/га, що на 0,02 т/га (≈ 3,8 %) перевищувало показник двокомпонентного варіанту. Застосування ПАР Скаба КЕ забезпечувало істотне підвищення збору олії у всіх системах захисту. У варіанті Базагран + Селект + ПАР цей показник зростав до 0,57 т/га, що на 0,04 т/га (≈ 7,5 %) перевищувало значення без ПАР.

Таблиця 6

Збір олії в насінні сої 'Муза' за різних варіантів захисту від бур'янів, т/га

Варіант захисту	2023	2024	2025	Середнє
Без ПАР (100 % норма)				
Базагран + Селект	0,54	0,58	0,48	0,53
Хармоні + Селект	0,54	0,58	0,48	0,53
Півот + Селект	0,54	0,59	0,48	0,54
Базагран + Хармоні + Селект	0,55	0,60	0,49	0,55
100 % норма + ПАР Скаба КЕ (0,2 л/га)				
Базагран + Селект	0,57	0,62	0,51	0,57
Хармоні + Селект	0,57	0,62	0,51	0,57
Півот + Селект	0,58	0,63	0,52	0,58
Базагран + Хармоні + Селект	0,58	0,64	0,52	0,58
75 % норма + ПАР Скаба КЕ (0,3 л/га)				
Базагран + Селект	0,56	0,61	0,51	0,56
Хармоні + Селект	0,56	0,61	0,51	0,56
Півот + Селект	0,57	0,61	0,51	0,56
Базагран + Хармоні + Селект	0,57	0,62	0,52	0,57
Оптимізована норма (–33…40 %) + ПАР Скаба КЕ (0,4 л/га)				
Базагран + Селект	0,56	0,61	0,51	0,56
Хармоні + Селект	0,57	0,61	0,51	0,56
Півот + Селект	0,57	0,61	0,51	0,56
Базагран + Хармоні + Селект	0,57	0,62	0,52	0,57
$НІР_{0,05}$	0,04	0,08	0,06	0,05

У системі Хармоні + Селект + ПАР збір олії становив 0,57 т/га, а у варіанті Півот + Селект + ПАР – 0,58 т/га. Максимальні значення цього фону було зафіксовано у трикомпонентній системі Базагран + Хармоні + Селект + ПАР, де збір олії досягав 0,58 т/га, що на 0,05 т/га (≈ 9,4 %) перевищувало мінімальні значення варіантів без ПАР.

За зменшення норми гербіцидів до 75 % у поєднанні з ПАР збір олії залишався стабільно високим і коливався в межах 0,56–0,57 т/га. У двокомпонентному варіанті Базагран + Селект він становив 0,56 т/га, практично відповідаючи рівню повної норми з ПАР.

У системах Хармоні + Селект та Півот + Селект збір олії зростав відповідно до 0,56 та 0,56 т/га, а у трикомпонентному варіанті Базагран + Хармоні + Селект досягав 0,57 т/га, що лише на 0,01 т/га менше, ніж за повної норми + ПАР, і перебувало в межах похибки досліду.

Застосування оптимізованих норм гербіцидів у поєднанні з підвищеною нормою ПАР забезпечувало формування 0,56–0,57 т/га збору олії. У двокомпонентних системах цей показник становив 0,56 т/га, у варіанті Півот + Селект – 0,56 т/га, а у трикомпонентній системі Базагран + Хармоні + Селект (оптимізована норма + ПАР) досягав 0,57 т/га.

Різниця між оптимізованими, зменшеними та повними нормами гербіцидів за умови використання ПАР не перевищувала 0,01–0,03 т/га, що свідчить про можливість зниження гербіцидного навантаження без втрати олійної продуктивності посівів.

Висновки

Установлено, що система захисту сої від бур'янів є визначальним чинником формування врожайності та якості насіння, оскільки інтегрує вплив конкурентного тиску бур'янів, розвитку асиміляційного апарату, реалізації фотосинтетичного потенціалу та погодних умов років вирощування.

За відсутності ПАР урожайність сої сорту 'Муза' була найнижчою (2,34–2,46 т/га), що зумовлено підвищеною забур'яненістю посівів та зниженими показниками фотосинтетичної

активності. Навіть у цьому фоні трикомпонентні системи захисту забезпечували приріст урожайності на 5,0–5,5 % порівняно з двокомпонентними.

Застосування ПАР Скаба КЕ у поєднанні з гербіцидами забезпечувало стабільне підвищення врожайності на 8–14 %, а максимальні середні значення (2,60–2,66 т/га) формувалися у мультисайтових трикомпонентних системах захисту. Зменшення норм гербіцидів до 75 % або застосування оптимізованих норм (–33…40 %) у поєднанні з ПАР не призводило до зниження врожайності – різниця з повними нормами не перевищувала 0,02–0,06 т/га, що перебуває в межах похибки досліду.

Уміст білка в насінні сої коливався в межах 39,2–40,7 % і підвищувався за умов ефективного контролю бур'янів. ПАР Скаба КЕ сприяла збільшенню білковості на 1,2–1,9 %, а максимальні значення формувалися у трикомпонентних системах незалежно від рівня норми гербіцидів.

Уміст олії в насінні характеризувався меншою варіабельністю, проте також достовірно реагував на систему захисту. Використання ПАР підвищувало олійність на 0,2–0,4 %, а найвищі значення (≈ 22,3–22,5 %) спостерігалися у варіантах із мультисайтовою гербіцидною дією.

Збір білка та олії як інтегральні показники продуктивності та якості достовірно підвищувався за застосування ПАР і трикомпонентних систем захисту. Максимальні значення збору білку (1,05–1,08 т/га) та олії (0,56–0,58 т/га) формувалися як за повних, так і за зменшених та оптимізованих норм гербіцидів.

Використана література

1. Krön M., Bittner U. Danube Soya – Improving European GM-free soya supply for food and feed. *OCL*. 2015. Vol. 22, Iss. 5. Article D509. https://doi.org/10.1051/ocl/2015050

2. Pagano M. C., Miransari M. The importance of soybean production worldwide. *Abiotic and Biotic Stresses in Soybean Production* / ed. by M. Miransari. London : Academic Press, 2016. P. 1–24. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801536-0.00001-3

3. Pike D. R., McGlamery M. D., Knake E. L. A case study of herbicide use. *Weed Technology*. 1991. Vol. 5, Iss. 3. P. 639–646. https://doi.org/10.1017/S0890037X00027482

4. Harder D. B., Sprague C. L., Renner K. A. Effect of soybean row width and population on weeds, crop yield, and economic return. *Weed Technology*. 2007. Vol. 21. P. 744–752. https://doi.org/10.1614/WT-06-122.1

5. Dalley C. B., Kellis J. J., Renner K. A. Effect of glyphosate application timing and row spacing on weed growth in corn (*Zea mays*) and soybean (*Glycine max*). *Weed Technology*. 2004. Vol. 18, Iss. 1. P. 177–182.

6. Heap I. Global perspective of herbicide-resistant weeds. *Pest Management Science*. 2014. Vol. 70, Iss. 9. P. 1306–1315. https://doi.org/10.1002/ps.3696

7. Bertheau Y., Davison J. Soybean in the European Union, status and perspective. *Recent Trends for Enhancing the Diversity and Quality of Soybean Products*. London : IntechOpen, 2020. P. 1–46. https://doi.org/10.5772/18896

8. Štefanić E., Kovačević V., Dimić D. et al. Changes in weed species composition in Northeastern Croatian row crops from 1977 to 2015. *Herbologia*. 2017. Vol. 16. P. 57–62. https://doi.org/10.5644/herb.16.2.05

9. Krstić J., Malidža G., Rajković M., Krstić M. Influence of different methods for breaking seed dormancy of *Ambrosia artemisiifolia*, *Abutilon theophrasti* and *Xanthium strumarium* on emergence in field conditions. *Acta Herbológica*. 2021. Vol. 30, No. 1. P. 29–37. https://doi.org/10.5937/actaherb2101029K

10. Knezevic S. Z., Evans S. P., Mainz M. Row spacings influences the critical timing for weed removal in soybean (*Glycine max*). *Weed Technology*. 2003. Vol. 17. P. 666–673. https://doi.org/10.1614/WT02-49

11. Blackshaw R. E., Larney F. J., Lindwall C. W. et al. Tillage intensity and crop rotation affect weed community dynamics in a winter wheat cropping system. *Canadian Journal of Plant Science*. 2001. Vol. 81, Iss. 4. P. 805–813. https://doi.org/10.4141/P01-023

12. Landau C. A., Hager A. G., Williams M. M. Deteriorating weed control and variable weather portends greater soybean yield losses in the future. *Science of the Total Environment*. 2022. Vol. 830. Article 154764. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154764

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 : метод. 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. Krön, M., & Bittner, U. (2015). Danube Soya – Improving European GM-free soya supply for food and feed. *OCL*, *22*(5), Article D509. https://doi.org/10.1051/ocl/2015050

2. Pagano, M. C., & Miransari, M. (2016). The importance of soybean production worldwide. In M. Miransari (Ed.), *Abiotic and biotic stresses in soybean production* (pp. 1–24). Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801536-0.00001-3

3. Pike, D. R., McGlamery, M. D., & Knake, E. L. (1991). A case study of herbicide use. *Weed Technology*, *5*(3), 639–646. https://doi.org/10.1017/S0890037X00027482

4. Harder, D. B., Sprague, C. L., & Renner, K. A. (2007). Effect of soybean row width and population on weeds, crop yield, and economic return. *Weed Technology*, *21*, 744–752. https://doi.org/10.1614/WT-06-122.1

5. Dalley, C. B., Kellis, J. J., & Renner, K. A. (2004). Effect of glyphosate application timing and row spacing on weed growth in corn (*Zea mays*) and soybean (*Glycine max*). *Weed Technology*, *18*(1), 177–182.

6. Heap, I. (2014). Global perspective of herbicide-resistant weeds. *Pest Management Science*, *70*(9), 1306–1315. https://doi.org/10.1002/ps.3696

7. Bertheau, Y., & Davison, J. (2020). Soybean in the European Union, status and perspective. In *Recent trends for enhancing the diversity and quality of soybean products* (pp. 1–46). IntechOpen. https://doi.org/10.5772/18896

8. Štefanić, E., Kovačević, V., Dimić, D., Štefanić, I., & Antunović, S. (2017). Changes in weed species composition in Northeastern Croatian row crops from 1977 to 2015. *Herbologia*, *16*, 57–62. https://doi.org/10.5644/herb.16.2.05

9. Krstić, J., Malidža, G., Rajković, M., & Krstić, M. (2021). Influence of different methods for breaking seed dormancy of *Ambrosia artemisiifolia*, *Abutilon theophrasti* and *Xanthium strumarium* on emergence in field conditions. *Acta Herbológica*, *30*(1), 29–37. https://doi.org/10.5937/actaherb2101029K

10. Knezevic, S. Z., Evans, S. P., & Mainz, M. (2003). Row spacings influences the critical timing for weed removal in soybean (*Glycine max*). *Weed Technology*, *17*, 666–673. https://doi.org/10.1614/WT02-49

11. Blackshaw, R. E., Larney, F. J., Lindwall, C. W., Watson, P. R., & Derksen, D. A. (2001). Tillage intensity and crop rotation affect weed community dynamics in a winter wheat cropping system. *Canadian Journal of Plant Science*, *81*(4), 805–813. https://doi.org/10.4141/P01-023

12. Landau, C. A., Hager, A. G., & Williams, M. M. (2022). Deteriorating weed control and variable weather portends greater soybean yield losses in the future. *Science of the Total Environment*, *830*, Article 154764. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154764

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). Yield and seed quality of soybean under different weed control systems in the Forest Steppe of Ukraine. *Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet*, *33*, 29–40. https://doi.org/10.47414/np.33.2025.349299 [In Ukrainian]

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

Aim. To determine the peculiarities of yield and seed quality formation in soybean under different weed control systems in the Right-Bank Forest Steppe of Ukraine. **Methods.** The study was conducted 2023–2025 at the Agronomic Research Station (Kyiv region) according to a scheme that included two-component (Basagran + Select; Harmony + Select; Pivot + Select) and three-component (Basagran + Harmony + Select) systems in the following treatments: 100% herbicide rate without surfactant; 100% + Scaba EC surfactant, 0.2 l/ha; 75% rate + surfactant, 0.3 /ha; optimised rate (–33 …40%) + surfactant, 0.4 l/ha. Crop productivity was evaluated by seed yield, protein and oil content, and the accumulation of these components per unit area. **Results.** Average seed yield without surfactant over three years was 2.34–2.46 t/ha, whereas addition of surfactant (0.2 l/ha) increased yield to 2.53–2.66 t/ha; maximum values were obtained in the three-component system Basagran + Harmony + Select + surfactant. The highest yields were formed in 2024 (2.48–2.62 t/ha), while in the drier conditions of 2025 yields decreased to 2.20–2.30 t/ha (without surfactant). Reduction of herbicide rates to 75% combined with surfactant ensured consistently high yields (2.50–2.60 t/ha), while optimised rates (–33…40%) with increased surfactant rate (0.4 l/ha) resulted in 2.51–2.61 t/ha; differences between surfactant treatments did not exceed 0.02–0.05 t/ha, confirming the possibility of reducing herbicide load without loss of productivity. A parallel trend was noted towards increased protein content with surfactant use (on average 40.0–40.6%) compared with the background without surfactant (39.2–39.7%), as well as protein accumulation at 1.00–1.08 t/ha depending on the protection system. Oil content in seeds varied in the range from 21.8 to 22.5% (average over three years), while oil accumulation was 0.53–0.58 t/ha, with maximum values in surfactant treatments. **Conclusions.** The weed control system in soybean significantly influences yield formation and seed quality indicators, particularly protein and oil content. The use of Scaba EC surfactant in combination with optimised herbicide rates ensures consistently high yield and protein and oil accumulation, allowing reduction of herbicide load without significant productivity loss. The highest efficiency was demonstrated by the three-component system Basagran + Harmony + Select with surfactant addition.

Keywords: *variety 'Muza'; weed infestation; herbicide compositions; multisite mechanism of action; Scaba EC surfactant; optimised rates; yield; protein content; oil content; protein accumulation; oil accumulation.*

Надійшла / Received 18.11.2025
Погоджено до друку / Accepted 15.12.2025
Опубліковано онлайн / Published online 29.12.2025