

ВПЛИВ РІЗНИХ ГЕРБІЦИДНИХ СИСТЕМ ЗАХИСТУ НА АКТИВНІСТЬ МЕДОНОСНИХ БДЖІЛ ТА ОЛІЙНІСТЬ НАСІННЯ СОНЯШНИКУ

О. А. Добренський
аспірант

Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН (м. Харків, Україна)
e-mail: Alex@lennardag.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2632-4885>

Досліджено вплив ґрунтових і післясходових гербіцидних технологій вирощування соняшнику (*Helianthus annuus* L.) на активність медоносних бджіл (*Apis mellifera* L.) та вміст олії в насінні. Польові дослідження проводили у 2022–2024 рр. на дослідному полі ДУ “Інститут зернових культур” НААН (Дніпропетровська обл.) з гібридами Білоба КЛП, НК Неома та Сувекс. У досліді передбачено контроль (механічна прополка), ґрунтові гербіциди (Примекстра TZ Gold (4,5 л/га) + Яструб (2,0 л/га); Екліпс (2,0 л/га) + Філдер (2,0 л/га)) та післясходові препарати (Геліантекс (45 г/га), Стелс (0,35 л/га), Челенж (0,4 л/га), Пульсар Флекс (1,6 л/га)). Активність бджіл визначали за допомогою відеомоніторингу (24 камери GoPro) під час масового цвітіння; вміст олії — після обмолоту ділянок. Контрольний варіант забезпечив найвищу відвідуваність кошиків (6,11 відвідувань/кошик/10 хв). Ґрунтові гербіциди зменшували активність запилювачів у середньому на 29–56%, а післясходові — на 33–86%. Найменше зниження (–29%) зафіксовано у варіанті Примекстра TZ Gold + Яструб, найбільше (–82%) — після застосування Геліантексу. У посушливому 2024 р. середня активність бджіл знизилася до 1,28 відвідувань/кошик/10 хв. За вмістом олії контрольний варіант забезпечив 52,24%. Ґрунтові гербіциди спричиняли невелике зменшення показника (у середньому на 1,16–2,31%): найменше відхилення спостерігали за Примекстра TZ Gold + Яструб (–1,16%), найбільше — за Екліпс + Філдер (–2,31%). Післясходові гербіциди мали різноспрямований вплив: Геліантекс знижував олійність у середньому на 5,0%, Стелс — на 2,6%, тоді як Челенж підвищував показник у гібрида Сувекс на 2,26% порівняно з контролем. Гібрид НК Неома виявив найвищу стабільність за поєднання показників активності запилювачів та олійності насіння. Зроблено висновок, що ґрунтові програми гербіцидного захисту є більш сумісними з активністю запилювачів, тоді як використання післясходових гербіцидів, особливо Геліантексу, у посушливі роки призводило до недозапилення кошиків. Отримані результати свідчать про можливість оптимізації гербіцидних технологій вирощування соняшнику з урахуванням екологічної безпеки, запилювальної активності медоносних бджіл і збереження високого виходу олії з гектара.

Ключові слова: *Helianthus annuus* L., *Apis mellifera* L., відвідуваність кошиків, контроль бур'янів, вміст олії, дефіцит вологи.

ВСТУП

Соняшник (*Helianthus annuus* L.) є провідною олійною культурою України, а його продуктивність і якість насіння істотно залежать від ефективності запилення. За даними В. Ferguson та ін., відвідування суцвіть медоносною бджолою (*Apis mellifera* L.) підвищує частку зав'язування насіння, вирівнює масу насінин і може поліпшувати вміст олії [1].

Водночас сучасні технології вирощування базуються на інтенсивному контролі бур'янів, без якого зберегти врожайність соняшнику практично неможливо. Широке застосування ґрунтових і післясходових гербіцидів змінює середовище агроценозу: зменшує різноманіття нектароносів на полі та його межах, впливає на фізіологію культурної рослини, потенційно змінюючи нектаровиділення, пилкоутворення, аттрактанти суцвіть і тривалість цвітіння.

У результатах досліджень L. Mota, J. Loureiro, J. A. González і V. Hevia наголошується, що вплив гербіцидів на запилювачів є переважно опосередкованим і контекстно залежним: результати варіюють за активною речовиною, фазою внесення, погодними умовами та генотипом культури [2]. Значно краще вивчені ризики інсектицидів, тоді як гербіцидні програми, у зв'язку з поведінкою бджіл і якісними показниками соняшнику, аналізувалися обмежено, часто на невеликих вибірках, без урахування міжрічної мінливості гідротермічного режиму. Для зони Східного Степу України бракує польових досліджень, що одночасно й уніфіковано оцінюють відвідуваність кошиків бджолами та якість насіння за різних схем гербіцидного захисту і на різних гібридах. Додатковою прогалиною є нестача стандартизованих методів реєстрації активності запилювачів (безперервне

відеоспостереження, фіксовані часові інтервали) у поєднанні зі статистично коректним багатофакторним аналізом.

Таким чином, існує наукова й практична потреба кількісно оцінити, як конкретні гербіцидні технології впливають на принаду суцвіть для бджіл і чи трансформується цей вплив у зміни вмісту олії з урахуванням гібридних особливостей та міжрічної посухи.

Мета роботи — виявити вплив різних ґрунтових і післясходових схем контролю бур'янів на відвідуваність кошиків соняшнику медоносними бджолами; охарактеризувати пов'язані з цим зміни олійності насіння; з'ясувати модифікуючу роль гібрида та погодних умов; розробити практичні рекомендації щодо добору гербіцидних програм, сумісних зі збереженням привабливості для запилювачів.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

У роботах Р. Basu, L. Mota, J. R. Prasifka зі співавт. підтверджено істотну, але варіабельну залежність соняшнику (*Helianthus annuus* L.) від участі медоносної бджоли (*Apis mellifera* L.), що підвищує зав'язування насіння, вирівнює масу зернівки та може поліпшувати вміст олії, однак величина ефекту істотно залежить від генотипу й агроекологічного контексту. Зокрема, для різних гібридів ступінь “потреби” в запилювачах коливається, що зумовлює відмінності в очікуваній віддачі від розміщення пасік і керування чисельністю бджолосімей [2–4]. Окремий напрям досліджень присвячено впливу пестицидів на запилювачів. Узагальнюючі огляди останніх років наголошують: безпосередні токсичні ефекти для бджіл найчастіше пов'язані з інсектицидами, тоді як гербіциди проявляють переважно опосередковану дію через скорочення нектаро- і пилюконосної флори та зміни фітоценозів на узбіччях і в міжряддях [5; 8–9]. Водночас з'являються дані про сублетальні ефекти окремих гербіцидів (наприклад, гліфосату) на когнітивні функції джмелів, що потенційно впливають на їхню здатність до ефективного збирання нектару [6]. Просторово-масштабні аналізи також демонструють, що інтенсивність застосування пестицидів є суттєвим чинником зниження різноманіття диких бджіл, інколи сильнішим за інші фактори землекористування [7].

Для соняшнику окреслюється кілька ключових аспектів. По-перше, навіть за селекційно підвищеної здатності до самозапилення сучасні гібриди демонструють різну “віддачу” на зростання щільності запилювачів: у насінницьких посівах ефект істотніший, ніж у товарних [1–4; 11]. По-друге, фактори середовища (посуха,

температурні аномалії) змінюють інтенсивність нектаровиділення й поведінку бджіл, що впливає на реалізацію генетичного потенціалу олійності (та врожайності) гібридів соняшнику [4; 10]. По-третє, специфіка гербіцидних програм (фази й строки внесення, діючі речовини, рівень пригнічення фонові флори) здатна опосередковано змінювати доступність кормових ресурсів для апіофауни, однак систематичні багатфакторні польові оцінки для соняшнику все ще поодинокі [5–6; 8–9].

У вітчизняному науковому полі за останні роки зросла увага до ролі медоносних бджіл у формуванні продуктивності соняшнику, що відображено в спеціалізованих журналах із бджільництва та аграрної тематики; публікації акцентують як на агротехнічних аспектах використання бджолосімей, так і на економічних ефектах [12–14]. На тлі суттєвих кліматичних викликів для України (просторова мозаїка посухи, коливання площ соняшнику) є потреба в локалізованих дослідженнях взаємодії “генотип × погода × технологія захисту × активність запилювачів” [12]. Водночас бракує уніфікованих протоколів інструментальної реєстрації відвідуваності (безперервне відеоспостереження, фіксовані часові вікна) у поєднанні з оцінкою олійності, а також чіткої порівняльної характеристики ґрунтових і післясходових гербіцидних схем у контексті збереження привабливості для запилювачів [5; 6; 8–10].

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Ділянки було закладено на дослідному полі ДУ “Інститут зернових культур НААН” (с. Василівка Дніпропетровської області). Ділянки довжиною 21,5 м і шириною 2,8 м висівалися рандомізовано гібридами Білоба КЛП, Сувекс, НК Неома, забезпечуючи заплановану густоту на момент збирання 55 тис. насінин/га.

Дослідження проводилося за умов використання контрольного варіанту (ручна прополка) та застосування різних гербіцидів (ґрунтових і страхових), що були внесені згідно з рекомендаціями компанії-виробника (табл. 1).

На дослідному полі було розміщено бджолосім'ї з розрахунку 5 бджолосімей на 1 га. Їх установлювали таким чином, щоб забезпечити однакову відстань від пасіки до всіх дослідних ділянок.

З метою фіксації відвідувань бджолами на ділянках під час цвітіння соняшнику були розміщені відеокамери GoPro. Було встановлено 24 камери. Відеофіксація проводилася з 10:00 до 12:00 (по 30 хв на кожне повторення та 30 хв на переміщення обладнання) і тривала протягом чотирьох днів. Камери використовувались

Таблиця 1

Схема досліду із запилення бджолами квіток соняшнику за різних технологій гербіцидного захисту

Гербіцид	Гібрид
Контроль (ручна прополка)	Білоба КЛП
	НК Неома
	Сувекс
Ґрунтовий гербіцид Примекстра ТЗ Голд (4,5 л/га) + Яструб (2,0 л/га)	Білоба КЛП
	НК Неома
	Сувекс
Ґрунтовий гербіцид Екліпс (2,0 л/га) + Філдер (2,0 л/га)	Білоба КЛП
	НК Неома
	Сувекс
Страховий гербіцид Геліантекс (45 г/га)	Білоба КЛП
	НК Неома
	Сувекс
Страховий гербіцид Стелс (0,35 л/га)	Білоба КЛП
	НК Неома
	Сувекс
Страховий гербіцид Челенж (0,4 л/га)	Білоба КЛП
	НК Неома
	Сувекс
Страховий гербіцид Пульсар Флекс (1,6 л/га)	Білоба КЛП
	НК Неома
	Сувекс

Джерело: сформовано за результатами власних досліджень.

у трьох повтореннях. Після обробки даних відеофіксації було оцінено показники привабливості квіток для бджіл і розроблено систему оцінки за балами (середня кількість відвідувань на кошик за 10 хвилин, де 1 відвідування еквівалентне 1 балу, а 10 відвідувань — 10 балам) та олійності для трьох гібридів соняшнику: Білоба КЛП, НК Неома, Сувекс.

Експериментальний період (2022–2024 рр.) характеризувався значною варіабельністю кліматичних умов, зокрема кількістю та місячним розподілом опадів, що безпосередньо вплинуло на ріст і врожайність соняшнику (табл. 2).

У 2022 р. загальна кількість опадів протягом вегетаційного періоду (квітень–вересень) становила 209,3 мм, що значно нижче за середнє багаторічне значення (на 23,7 мм). Основний дефіцит опадів спостерігався в травні (19 мм) та червні (29 мм), що спричинило водний стрес на критичних етапах росту та розвитку, таких як ранній вегетативний ріст, цвітіння і налив насіння. Такі умови призвели до зниження врожайності та вмісту олії відповідно.

У 2023 році кількість опадів за той самий період становила 246 мм, що перевищило на 13 мм середнє багаторічне значення. Опади у квітні (102 мм) на 57 мм перевищили середнє багаторічне значення, що забезпечило достатню вологість для початкового розвитку рослин. Проте в травні та червні спостерігався значний дефіцит вологи. Опади в липні (42 мм) частково компенсували нестачу вологи, але водночас спричинили вилягання рослин на деяких ділянках, що негативно вплинуло на врожайність. У 2022 і 2023 роках (1559 та 1651°C/дні відповідно) суми активних температур були достатніми для середньоранніх гібридів (1700–2100°C/дні).

У 2024 році кількість опадів за вегетаційний період становила 111,6 мм, що на 121,4 мм нижче за середнє багаторічне значення. Дефіцит вологи був особливо вираженим у травні (12,0 мм) та серпні (1,6 мм), які є критичними фазами для вегетативного росту та наливу насіння. Сума активних температур досягла рівня, оптимального для середньостиглих гібридів (2100–2300°C/дні), що свідчить про несприятливі температурні умови для середньоранніх гібридів, використаних у досліді. Також нестача опадів суттєво вплинула на розвиток соняшнику, що призвело до зниження вмісту олії.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Контрольний варіант (ручна прополка) забезпечив найвищу середню привабливість для бджіл (6,11 відвідувань/кошик за 10 хв). Застосування гербіцидів призвело до зниження

цього показника в усіх варіантах, хоча рівень впливу залежав від препарату (табл. 3).

Так, ґрунтові гербіциди загалом спричиняли зниження відвідуваності кошиків соняшнику бджолами в середньому на 29–56%. Найменший негативний ефект мала бакова суміш з гербіцидів Примекстра ТЗ Голд + Яструб, за якої відвідуваність кошиків бджолами знижувалася в середньому на 29% порівняно з контролем. Водночас бакова суміш гербіцидів Екліпс + Філдер призвела до ще більш значного зниження привабливості для бджіл. За цього варіанту відвідуваність бджолами знижувалася в середньому на 56% порівняно з контролем.

Досліджувані страхові гербіциди показали ще більш негативний вплив, зменшуючи привабливість рослин соняшнику для бджіл на 33–86%. Найменший вплив серед страхових

Таблиця 2

Середньодобова температура (°C) та сума опадів (мм) за період досліджень у м. Дніпро, ДУ “Інститут зернових культур НААН”, 2022–2024 рр.

Рік	Місяць						Різниця із середнім
	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень	Сума активних температур, °C/дні
	Середньодобова температура, °C						
2022	11,8	16,4	21,6	24,3	23,8	17,2	+71 (1559)
2023	12,0	17,2	22,0	25,0	24,5	18,0	+163 (1651)
2024	15,5	16,4	23,2	26,6	24,6	21,0	+610 (2098)
Середнє за 3 роки	12,1	16,7	22,3	24,5	23,8	17,4	+281 (1769)
Середнє багаторічне значення	11,8	16,4	20,2	22,4	21,6	16,2	0 (1488)
Рік	Сума опадів, мм						Сума опадів до середнього, мм
	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень	
2022	45,3	19,0	29,0	35,0	46,0	35,0	−23,7
2023	102,0	29,0	29,0	42,0	30,0	14,0	+13
2024	14,0	12,0	29,0	44,0	1,6	11,0	−121,4
Середнє за 3 роки	53,8	20,0	29,0	40,3	39,2	29,7	−21
Середнє багаторічне значення	45	29	34	42	45	38	0

Джерело: сформовано за даними метеостанції аеропорту м. Дніпро.

Таблиця 3

Вплив гербіцидної технології на привабливість для бджіл, 2022–2024 рр.

Гербіцид (А)	Гібрид (В)	Привабливість для бджіл, шт./кошик (10 хв) в окремий рік (С)				Середня прибавка до контролю	
		2022	2023	2024	середня	Відвідувань/кошик	%
Контроль	Білоба КЛП	7,00	9,00	2,00	6,00	—	—
	НК Неома	7,00	9,00	5,00	7,00	—	—
	Сувекс	6,00	9,00	1,00	5,33	—	—
	Середнє	6,67	9,00	2,67	6,11	—	—
Примекстра ТЗ Голд + Яструб	Білоба КЛП	6,00	6,00	2,00	4,67	–1,33	–22
	НК Неома	5,00	8,00	2,00	5,00	–2,00	–29
	Сувекс	5,00	4,00	1,00	3,33	–2,00	–37
	Середнє	5,33	6,00	1,67	4,33	–1,78	–29
Екліпс + Філдер	Білоба КЛП	4,00	3,00	1,00	2,67	–3,33	–56
	НК Неома	4,00	3,00	1,00	2,67	–4,33	–62
	Сувекс	5,00	3,00	0,00	2,67	–2,66	–50
	Середнє	4,33	3,00	0,67	2,67	–3,44	–56
Геліантекс	Білоба КЛП	3,00	1,00	0,00	1,33	–4,67	–78
	НК Неома	2,00	1,00	0,00	1,00	–6,00	–86
	Сувекс	1,00	1,00	1,00	1,00	–4,33	–81
	Середнє	2,00	1,00	0,33	1,11	–5,00	–82

Закінчення таблиці 3

Гербіцид (А)	Гібрид (В)	Привабливість для бджіл, шт./кошик (10 хв) в окремий рік (С)				Середня прибавка до контролю	
		2022	2023	2024	середня	Відвідувань/кошик	%
Стелс	Білоба КЛП	4,00	4,00	1,00	3,00	–3,00	–50
	НК Неома	4,00	5,00	3,00	4,00	–3,00	–43
	Сувекс	4,00	4,00	0,00	2,67	–2,66	–50
	середнє	4,00	4,33	1,33	3,22	–2,89	–47
Челенж	Білоба КЛП	5,00	6,00	1,00	4,00	–2,00	–33
	НК Неома	4,00	8,00	1,00	4,33	–2,67	–38
	Сувекс	5,00	6,00	1,00	4,00	–1,33	–25
	Середнє	4,67	6,67	1,00	4,11	–2,00	–33
Середнє	Білоба КЛП	4,83	4,83	1,17	3,61	—	—
	НК Неома	4,33	5,67	2,00	4,00	—	—
	Сувекс	4,33	4,50	0,67	3,17	—	—
	Середнє	4,50	5,00	1,28	3,59	—	—
Пульсар Флекс	Білоба КЛП	4,00	6,00	0,00	3,33	–2,67	–44
	НК Неома	4,00	7,00	1,00	4,00	–3,00	–43
	Сувекс	3,00	7,00	0,00	3,33	–2,00	–37
НІР ₀₅	А — 0,24; В — 0,19; С — 0,21; АВ — 0,46; АС — 0,44; ВС — 0,41; АВС — 0,66						

Джерело: сформовано за результатами власних досліджень.

гербіцидів було зафіксовано у варіанті з внесенням Челенж, за якого відвідуваність кошиків бджолами зменшилася в середньому на 33% порівняно з контролем, а варіант із внесенням Геліантексу мав найгірший ефект — привабливість для бджіл зменшилася в середньому на 82%.

Варто відзначити, що відвідуваність рослин соняшнику бджолами значною мірою залежала від року вирощування. Так, у сприятливі 2022 та 2023 роки середня відвідуваність кошиків бджолами становила 4,5–5,0 відвідувань/10 хв, а в посушливому 2024 році цей показник становив у середньому 1,28 відвідувань/10 хв.

Встановлено, що найбільший вміст олії в насінні соняшнику — у середньому 52,24% — був на контролі, де не застосовували внесення гербіцидів. Серед ґрунтових гербіцидів найменше зниження вмісту олії порівняно з контролем спостерігалось при застосуванні бакової суміші гербіцидів Примекстра ТЗ Голд + Яструб.

Середнє зниження вмісту олії за цього варіанту становило 1,16%, що є найменшим показником серед усіх досліджуваних ґрунтових гербіцидів. Найменші втрати вмісту олії спостерігалися в гібрида Сувекс (–0,31%), а найбільші — у гібрида Білоба КЛП (табл. 4).

Натомість застосування бакової суміші гербіцидів Екліпс + Філдер спричинило суттєвіше зниження середнього вмісту олії — у середньому на 2,31% порівняно з контролем, що вказує на більш виражений негативний вплив цієї гербіцидної схеми на якість насіння.

Єдиний страховий гербіцид, що продемонстрував позитивний ефект на вміст олії порівняно з контролем, — це Челенж. На фоні внесення цього гербіциду середній вміст олії в гібрида Сувекс підвищився в середньому на 2,26% порівняно з контролем. Однак для інших гібридів спостерігалось зниження вмісту олії порівняно з контролем, що призвело до загального середнього від'ємного показника — 1,38%.

Найбільше зниження середнього вмісту олії відбулося при застосуванні гербіциду Геліантекс, що становило в середньому 5,00% порівняно з контролем, при цьому максимальні втрати були в гібрида соняшнику Білоба КЛП, які становили в середньому 6,85%. Значне зниження вмісту олії в насінні також відзначалося за використання гербіциду Стелс — у середньому 2,61% порівняно з контролем, а також за застосування гербіциду Пульсар Флекс — відповідно на 2,93% менше порівняно з контролем.

Таблиця 4

Вплив гербіцидної технології на вміст олії гібридів соняшнику, 2022–2024 рр.

Гербіцид (А)	Гібрид (В)	Показник вмісту олії в окремий рік (С)				Середня прибавка до контролю, %
		2022	2023	2024	середня	
Контроль	Білоба КЛП	51,30	57,00	52,50	53,60	—
	НК Неома	50,80	53,25	54,87	52,97	—
	Сувекс	50,00	51,80	48,62	50,14	—
	Середнє	50,70	54,02	52,00	52,24	—
Примекстра ТЗ Голд + Яструб	Білоба КЛП	49,50	54,87	51,41	51,93	–1,67
	НК Неома	48,80	54,87	50,80	51,49	–1,48
	Сувекс	48,60	52,50	48,38	49,83	–0,31
	Середнє	48,97	54,08	50,20	51,08	–1,16
Екліпс + Філдер	Білоба КЛП	48,60	52,26	52,50	51,12	–2,48
	НК Неома	48,70	51,22	50,80	50,24	–2,73
	Сувекс	48,40	48,89	47,96	48,42	–1,72
	Середнє	48,57	50,79	50,42	49,93	–2,31
Геліантекс	Білоба КЛП	46,50	45,29	48,47	46,75	–6,85
	НК Неома	46,60	48,26	47,94	47,60	–5,37
	Сувекс	48,50	46,56	46,98	47,35	–2,79
	Середнє	47,20	46,70	47,80	47,23	–5,00
Стелс	Білоба КЛП	49,70	51,40	48,60	49,90	–3,70
	НК Неома	49,80	50,60	49,95	50,12	–2,86
	Сувекс	46,30	50,60	49,68	48,86	–1,28
	Середнє	48,60	50,87	49,41	49,63	–2,61
Челенж	Білоба КЛП	48,10	55,03	48,97	50,70	–2,90
	НК Неома	48,40	51,60	48,47	49,49	–3,48
	Сувекс	50,10	53,84	53,25	52,40	2,26
	Середнє	48,87	53,49	50,23	50,86	–1,38
Середнє	Білоба КЛП	48,95	52,64	50,41	50,67	—
	НК Неома	48,85	51,63	50,47	50,32	—
	Сувекс	48,65	50,70	49,15	49,50	—
	Середнє	48,82	51,66	50,01	50,16	—
Пульсар Флекс	Білоба КЛП	50,10	51,41	48,86	50,12	–3,48
	НК Неома	49,50	53,84	48,47	50,60	–2,37
Гранстар	Сувекс	49,10	48,62	47,98	48,57	–1,57
НІР ₀₅	А — 1,96; В — 2,01; С — 2,45; АВ — 3,93; АС — 4,44; ВС — 4,47; АВС — 6,31					

Джерело: сформовано за результатами власних досліджень.

ВИСНОВКИ

Встановлено, що найкращі результати за показниками вмісту олії й активності бджіл забезпечував контрольний варіант (ручна прополка), що підкреслює важливість механічного контролю бур'янів у землеробстві. Ґрунтові гербіциди (зокрема Екліпс (2,0 л/га) + Філдер

(2,0 л/га) та Примекстра ТЗ Голд (4,5 л/га) + Яструб (2,0 л/га)) давали змогу підтримувати відносно середній рівень активності запилювачів. Найбільш ефективним серед ґрунтових гербіцидів щодо збереження активності запилювачів була бакова суміш Екліпс + Філдер, а серед страхових гербіцидів — Стелс (0,35 л/га).

Застосування страхового гербіциду Геліантекс значно знижувало активність бджіл, що могло бути пов'язано з токсичною дією препаратів або їхнім впливом на нектаровиділення. Гібрид соняшнику НК Неома демонстрував найкращу стійкість до різних технологій вирощування, що підтверджувалося статистично значущими відмінностями між гібридами. Було доведено, що найменший негативний вплив серед ґрунтових гербіцидів на вміст олії мав варіант Примекстра ТЗ Голд + Яструб, який забезпечив відносно незначне зниження вмісту олії (–1,16%).

Серед страхових гербіцидів найкращим був Челенж (0,4 л/га), який забезпечив підвищення вмісту олії в гібрида Сувекс на 2,26%.

Найбільш негативний вплив на вміст олії мав Геліантекс (45 г/га), спричинивши середнє зниження на –5%, з найбільшими втратами в гібрида Білоба КЛП (–6,85%). Таким чином, використання ґрунтового гербіциду Примекстра ТЗ Голд + Яструб і страхового гербіциду Челенж (0,4 л/га) було найбільш доцільним з точки зору мінімізації втрат вмісту олії в насінні соняшнику.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ferguson B., Prasifka J. R., Carroll M. J. et al. Honey bee (*Apis mellifera* L.) foraging rewards in sunflowers: effect of floral traits on visitation and variation in pollen quality over two consecutive years. *Journal of Apicultural Research*. 2024. Vol. 63, no. 4. P. 622–630. DOI: <https://doi.org/10.1080/00218839.2024.2364948>
2. Mota L., Loureiro J., González J. A. et al. Understanding pollinator contribution to inform agri-environment schemes in sunflowers. *Agricultural Systems*. 2024. Vol. 319. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2024.109651>
3. Prasifka J., Ferguson B., Fugate K. K. Genotype and environment effects on sunflower nectar and their relationships to crop pollination. *Journal of Pollination Ecology*. 2023. Vol. 33. P. 54–63. DOI: [https://doi.org/10.26786/1920-7603-\(2023\)719](https://doi.org/10.26786/1920-7603-(2023)719)
4. Basu P., Ngo H. T., Aizen M. A. et al. Pesticide impacts on insect pollinators: Current knowledge and future research challenges. *Science of the Total Environment*. 2024. Vol. 954. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.176656>
5. Kaakinen K., Ramula S., Loukola O. J., Helander M. Effects of glyphosate and glyphosate-based herbicide on learning and memory of the buff-tailed bumblebee (*Bombus terrestris*). *Ecological Entomology*. 2024. Vol. 172, no. 4. P. 324–333. DOI: <https://doi.org/10.1111/eea.13418>
6. Guzman L. M., Pandolfino J. E., Portman Z. M. et al. Impact of pesticide use on wild bee distributions across the United States. *Nature Sustainability*. 2024. Vol. 7, no. 10. P. 1324–1334. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41893-024-01413-8>
7. Knauer A., Naef C., Albrecht M. Pesticide hazard, floral resource availability and natural enemies interactively drive the fitness of bee species depending on their crop fidelity. *Science of the Total Environment*. 2024. Vol. 922. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.171058>
8. Добренський О. А., Авраменко С. В. Урожайність гібридів соняшнику залежно від позакореневого внесення водорозчинного бору. *Теоретичні засади інноваційного розвитку рослинництва: тези Міжнарод. наук.-практ. конф.* Харків, 2025. С. 28–31.
9. Husband S., Cankar K., Catrice O. et al. A guide to sunflowers: floral resource nutrition for bee products. *Frontiers in Plant Science*. 2025. Vol. 16. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1552335>
10. Ali Q., Ali M., Khan F. Z. A. et al. Water deprivation and sowing times alter plant morphology and yield of sunflower. *Plants*. 2024. Vol. 13, no. 22. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants13223194>
11. Гречка Г. М. Кореляційні зв'язки між окремими ознаками бджіл. *Бджільництво України*. 2015. Вип. 1. С. 33–37. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/bdjukr_2015_1_8 (дата звернення: 17.07.2025)
12. Кулинич І. М., Соловійова Т. М. Вплив бджолозапилення на насінневу продуктивність соняшнику. *Бджільництво України*. 2021. № 6. С. 44–48. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/bdjukr_2021_6_10 (дата звернення: 17.07.2025).
13. Сенчук Т. Ю., Шакалій С. М., Атарщикова А. М., Діденко В. І. Фуражні особливості поведінки медоносних бджіл в агрофітоценозах соняшнику в умовах Полтавської обл. *Агроекологічний журнал*. 2023. № 1. С. 58–64. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2023.276728>
14. Qadir A., Skakun S., Becker-Reshef I. et al. Estimation of sunflower planted areas in Ukraine during full-scale invasion using Sentinel-1 SAR. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 2024. Vol. 10. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.srs.2024.100139>

EFFECT OF DIFFERENT HERBICIDE PROTECTION SYSTEMS ON HONEY BEE ACTIVITY AND SEED OIL CONTENT IN SUNFLOWER

Dobrenkyi O.

Postgraduate student

Yuriev Plant Production Institute of NAAS (Kharkiv, Ukraine)

e-mail: alex@lennardag.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2632-4885>

The study investigated the effect of soil-applied and post-emergence herbicide technologies in sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivation on the activity of honey bees (*Apis mellifera* L.) and seed oil content. Field experiments were conducted in 2022–2024 at the experimental field of the State Institution “Institute of Grain Crops” of NAAS (Dnipropetrovsk region, Ukraine) using three hybrids – Biloba CLP, NK Neoma, and Suveex. Treat-

ments included hand weeding (control), soil-applied herbicides (Primextra TZ Gold (4.5 L/ha) + Yastrub 2.0 (L/ha); Eclipse (2.0 L/ha) + Fielder (2.0 L/ha)), and post-emergence herbicides (Helianthex (45 g/ha), Stels (0.35 L/ha), Challenge (0.4 L/ha), Pulsar Flex (1.6 L/ha)). Bee activity was recorded by video monitoring (24 GoPro cameras) during peak flowering; oil content was determined after plot threshing. The control ensured the highest attractiveness to bees (6.11 visits/head/10 min). Soil-applied herbicides reduced visitation by 29–56% on average, while post-emergence treatments caused greater decreases (33–86%). The smallest reduction (–29%) was observed under Primextra TZ Gold + Yastrub, and the greatest (–82%) under Helianthex. In the dry 2024 season, bee activity fell to 1.28 visits/head/10 min. Regarding oil content, the control provided 52.24%. Soil-applied herbicides caused only a minor decrease (by 1.16–2.31%), the least under Primextra TZ Gold + Yastrub (–1.16%), and the greatest under Eclipse + Fielder (–2.31%). Among post-emergence herbicides, Helianthex reduced oil content by 5.0%, Stels by 2.6%, whereas Challenge increased the oil content of the Suvex hybrid by 2.26% compared with the control. The NK Neoma hybrid exhibited the highest stability of both bee activity and seed oil content across years. It is concluded that soil-applied herbicide programs are more compatible with pollinator activity, while extensive use of post-emergence herbicides – particularly Helianthex – should be avoided in dry years. The results highlight the importance of balancing effective weed control with ecological safety and maintaining pollinator-friendly conditions to preserve high oil content in sunflower seed.

Keywords: *Helianthus annuus* L., *Apis mellifera* L., herbicides, pollination, visits/head/10 min, oil content, drought.

REFERENCES

1. Ferguson, B., Prasifka, J. R., Carroll, M. J., Corby-Harris, V., & DeGrandi-Hoffman, G. (2024). Honey bee (*Apis mellifera* L.) foraging rewards in sunflowers: effect of floral traits on visitation and variation in pollen quality over two consecutive years. *Journal of Apicultural Research*, 63(4), 622–630. doi: 10.1080/00218839.2024.2364948
2. Mota, L., Loureiro, J., González, J. A., Hevia, V., Ortega-Marcos, J. J., Rad, C., ... Castro, S. (2024). Understanding pollinator contribution to inform agri-environment schemes in sunflowers. *Field Crops Research*, 319. doi: 10.1016/j.fcr.2024.109651
3. Prasifka, J., Ferguson, B., & Fugate, K. K. (2023). Genotype and environment effects on sunflower nectar and their relationships to crop pollination. *Journal of Pollination Ecology*, 33, 54–63. doi: 10.26786/1920-7603(2023)719
4. Basu, P., Ngo, H. T., Aizen, M. A., Garibaldi, L. A., Gemmill-Herren, B., Imperatriz-Fonseca, V., ... Vanbergen, A. J. (2024). Pesticide impacts on insect pollinators: current knowledge and future research challenges. *Science of the Total Environment*, 954. doi: 10.1016/j.scitotenv.2024.176656
5. Kaakinen, K., Ramula, S., Loukola, O. J., & Helander, M. (2024). Effects of glyphosate and glyphosate-based herbicide on learning and memory of the buff-tailed bumblebee (*Bombus terrestris*). *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 172(4), 324–333. doi: 10.1111/eea.13418
6. Guzman, L. M., Pandolfino, J. E., Portman, Z. M., Kerr, J. T., & Kremen, C. (2024). Impact of pesticide use on wild bee distributions across the United States. *Nature Sustainability*, 7(10), 1324–1334. doi: 10.1038/s41893-024-01413-8
7. Knauer, A., Naef, C., & Albrecht, M. (2024). Pesticide hazard, floral resource availability and natural enemies interactively drive the fitness of bee species depending on their crop fidelity. *Science of the Total Environment*, 922. doi: 10.1016/j.scitotenv.2024.171058
8. Dobrenkyi, O. A., & Avramenko, S. V. (2025). Yield of sunflower hybrids depends on foliar application of water-soluble boron. *Theoretical Foundation of Innovative Development of Crop Production: Materials of the scientific conference with international participation* (pp. 28–31). Kharkiv: Yuriyev Plant Production Institute.
9. Husband, S., Cankar, K., Catrice, O., Chabert, S., & Erler, S. (2025). A guide to sunflowers: floral resource nutrition for bee health and key pollination syndromes. *Frontiers in Plant Science*, 16. doi: 10.3389/fpls.2025.1552335
10. Ali, Q., Ali, M., Khan, F. Z. A., Noureldeen, A., Alghamdi, A., Darwish, H., ... Saeed, S. (2024). Water deprivation and sowing times alter plant-pollination interactions and seed yield in sunflower. *Helianthus annuus* L. *Plants*, 13(22). doi: 10.3390/plants13223194
11. Hrechka, H. M., & Kulynych, I. M. (2015). Correlation relationships between individual traits of bees. *Beekeeping of Ukraine*, 1, 33–37. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/bdjukr_2015_1_8
12. Kulynych, I. M., & Soloviova, T. M. (2021). Impact of bee-pollination on seed productivity of sunflowers. *Beekeeping of Ukraine*, 6, 44–48. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/bdjukr_2021_6_10
13. Senchuk, T. Yu., Shakalii, S. M., Atarshchikova, A. M., & Didenko, V. I. (2023). Foraging behavior of honeybees in sunflower agro-phytocenoses in Poltava region. *Agroecological Journal*, 1, 58–64. doi: 10.33730/2077-4893.1.2023.276728
14. Qadir, A., Skakun, S., Becker-Reshef, I., Kussul, N., Shelestov, A., & Gallego, J. (2024). Estimation of sunflower planted areas in Ukraine during full-scale invasion using Sentinel-1 SAR. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 10, 124. doi: 10.1016/j.srs.2024.100139

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА

ДОБРЕНЬКИЙ Олександр Анатолійович — аспірант, Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН (пр. Героїв Харкова, 142, м. Харків, Україна, 61128; e-mail: Alex@lennardag.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2632-4885>).