

УДК 631.53:581.1

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.143.2.10>

БІОЛОГІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ: ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЙ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ ВПРОВАДЖЕННЯ

Соловійов О.В. – аспірант кафедри рослинництва та агроінженерії,
Херсонський державний аграрно-економічний університет
orcid.org/0009-0002-8220-8595

Сидякіна О.В. – к.с.-г.н., доцентка,
доцентка кафедри рослинництва та агроінженерії,
Херсонський державний аграрно-економічний університет
orcid.org/0000-0001-8812-6078

У статті наведено результати аналітичних досліджень щодо сучасного стану біологізації елементів технології вирощування сільськогосподарських культур, зокрема соняшнику. Інформаційною базою для здійснення наукового пошуку слугували статистичні дані FAOSTAT за 2018–2023 роки, а також дані Державної служби статистики України за відповідний період. Для досягнення поставленої мети використовували методи порівняльного аналізу, графічний, а також абстрактно-логічний метод. Аналіз статистичних даних засвідчив, що посівні площі соняшнику в Україні у 2022–2023 роках коливалися в межах 5,2–4,9 млн га, що становить приблизно 27,5% від загальної площі вирощування сільськогосподарських культур. Таке насичення сівозміни однією культурою, як стверджують окремі автори, значно перевищує науково обґрунтовані нормативи та призводить до втрат урожаю внаслідок поширення хвороб і погіршення якості продукції. За таких умов інтеграція препаратів біологічного походження в технологію вирощування є доцільною, оскільки вона може забезпечити як економічну вигоду, так і покращити фітосанітарний стан агроценозів. Згідно з результатами аналізу, площі, оброблювані препаратами біологічного походження, демонструють стабільну тенденцію до зростання: з 0,15 млн га у 2018 році до 0,26 млн га у 2022 році, з максимумом 0,57 млн га у 2020 році. У роботі наведено класифікацію та конкретні приклади застосування біологічних препаратів у технології вирощування соняшнику. Окрему увагу приділено новій перспективній групі біопрепаратів, основним призначенням яких є забезпечення рослин окремими елементами живлення. Визначено, що дана група є актуальною для подальших досліджень на соняшнику, зважаючи на результати статистичного аналізу застосування мінеральних добрив, а також на необхідність оптимізації їх використання у напрямі зниження екологічного навантаження на агроєкосистеми.

Ключові слова: біологізація, соняшник, біологічні препарати, бактеріальні препарати, добрива, інтегровані технології вирощування.

Solovyov O.V., Sydiakina O.V. Biologization of sunflower cultivation technology: overview of technologies and prospects for their implementation

The article presents the results of analytical research on the current state of biologization of the elements of agricultural crop cultivation technology, particularly sunflower. The information base for conducting scientific research included statistical data from FAOSTAT for the years 2018–2023, as well as data from the State Statistics Service of Ukraine for the corresponding period. To achieve the set goals, methods of comparative analysis, graphic representation, and abstract-logical methods were employed. The analysis of statistical data indicated that sunflower planting areas in Ukraine in 2022–2023 ranged from 5.2 to 4.9 million hectares, which constitutes approximately 27.5% of the total area under agricultural crops. Such saturation of crop rotation with a single crop, as some authors argue, significantly exceeds scientifically justified norms and leads to yield losses due to the spread of diseases and deterioration in product quality. Under these conditions, the integration of biologically-based products into the cultivation technology is advisable, as it can provide both economic benefits and improve the phytosanitary condition of agroecosystems. According to the analysis results, areas treated with biologically-based products

demonstrate a stable growth trend: from 0.15 million hectares in 2018 to 0.26 million hectares in 2022, with a peak of 0.57 million hectares in 2020. The paper provides a classification and specific examples of the application of biological products in sunflower cultivation technology. Special attention is given to a new promising group of biopreparations, whose main purpose is to supply plants with specific nutrients. It has been determined that this group is relevant for further research on sunflowers, considering the results of statistical analysis on the use of mineral fertilizers and the need to optimize their use towards reducing the ecological burden on agroecosystems.

Key words: *biologization, sunflower, biological products, bacterial preparations, fertilizers, integrated cultivation technologies.*

Постановка проблеми. Глобальні зміни в агрономічних практиках, обумовлені зосередженням на сталому розвитку сільського господарства, дедалі частіше передбачають використання препаратів біологічного походження як альтернативи або доповнення до синтетичних (хімічних) пестицидів та добрив. Сфера застосування таких препаратів охоплює захист рослин від шкідливих організмів, зменшення впливу абіотичних стресових факторів, збереження та покращення родючості ґрунтів, а також підвищення загальної продуктивності агроєкосистем.

Використання біологічних препаратів в інтегрованих технологіях вирощування основних сільськогосподарських культур дає змогу знизити пестицидне навантаження на агроєкосистеми та отримувати безпечну продукцію належної якості в умовах зростаючих потреб людства.

Однак різноманіття наявних рішень, переваги та недоліки біологічних препаратів порівняно із синтетичними, поява нових технологій та їхня недостатня апробація на окремих культурах створюють підґрунтя для подальших наукових досліджень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Україна займає провідне місце у світі за показниками виробництва та експорту соняшникової олії. З огляду на це, вирощування соняшнику є важливою складовою загальної прибутковості сільськогосподарських виробників, що, в свою чергу, відкриває можливості для подальшого розвитку та технологічного переоснащення аграрних підприємств [1].

Адаптація сільськогосподарських підприємств до сучасних умов аграрного ринку призвела до зростання залежності виробників від результатів їхньої економічної діяльності, що, в свою чергу, стало причиною звуження спектра культур у сівозміні до найбільш прибуткових [2].

Збереження високої частки соняшнику в структурі посівів та його економічна привабливість зумовлюють підвищену увагу до вдосконалення елементів технології вирощування цієї культури, що створює передумови для пошуку нових підходів і рішень, спрямованих на збереження та підвищення її продуктивності [3].

Одним із таких рішень може стати біологізація окремих елементів технології вирощування соняшнику, що є особливо актуальним з огляду на інтеграційні процеси та гармонізацію законодавства України з європейськими нормами. Це є однією з умов набуття членства в Європейському Союзі [4], яке, зокрема, передбачає скорочення використання синтетичних пестицидів у країнах – членах ЄС на 50% до 2030 року [5].

Постановка завдання. Метою наукового дослідження є узагальнення статистичних даних та огляд літературних джерел з метою проведення аналітичного дослідження щодо динаміки посівних площ, інтенсивності використання пестицидів і добрив, а також аналізу шляхів біологізації елементів технології вирощування соняшнику.

У процесі наукового пошуку для досягнення поставленої мети було використано метод порівняльного аналізу – для зіставлення статистичних даних за окремі роки; графічний метод – для наочного представлення результатів дослідження; а також абстрактно-логічний метод – для формування теоретичних узагальнень і формулювання висновків.

Інформаційною базою дослідження слугували: статистичні дані FAOSTAT (Food and Agriculture Organization of the United Nations); дані Державної служби статистики України за 2018–2023 роки; періодичні та довідкові наукові публікації, а також результати власних розрахунків.

Виклад основного матеріалу дослідження. Виробництво соняшнику є важливою складовою в загальній економічній прибутковості для більшості сільськогосподарських підприємств. За даними FAOSTAT [6], у 2023 р. за показником вартості експорту сільськогосподарської продукції з України, соняшникова олія посіла перше місце (5,0 млрд дол.), випередивши за цим показником зерно кукурудзи (4,96 млрд дол.) та пшениці (2,96 млрд дол.). Варто зауважити, що за показником загального обсягу сільськогосподарської продукції, що була експортована за межі України у 2023 р., перше місце посіла кукурудза з показником 26,36 млн тонн проти 5,74 млн тонн олії соняшнику (рис. 1), що разом із показником вартості експортованої продукції, який ми вказували раніше, дає підстави говорити про переваги в логістиці, які мають соняшник і соняшникова олія порівняно з іншими культурами.

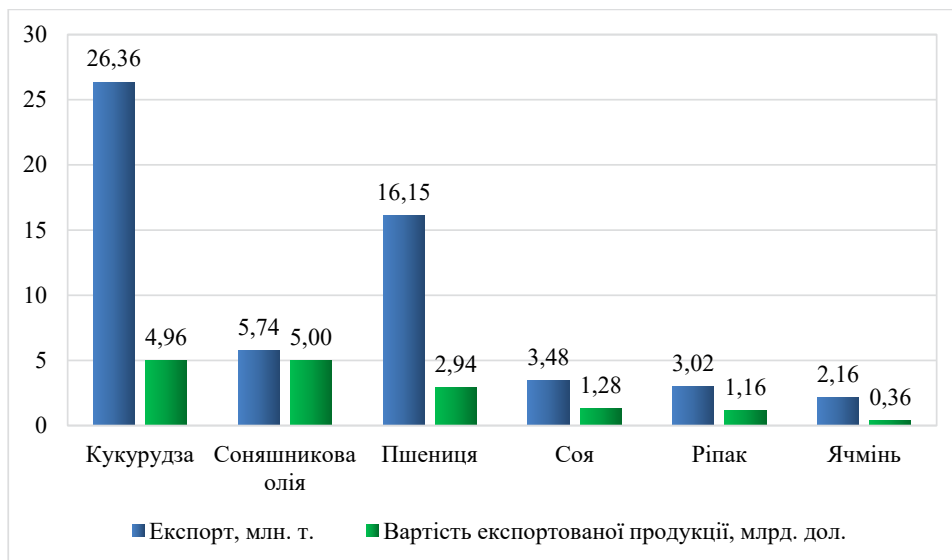


Рис. 1. Обсяг і вартість експорту основної сільськогосподарської продукції з України
Джерело: FAOSTAT, 2023

Згідно з даними Державної служби статистики України [7], соняшник лідував з-поміж усіх сільськогосподарських культур за показником посівних площ – 4947,4 тис. га або 27,59% від загальної їх кількості у 2024 р., незважаючи на певне зниження проти 2023 р. (табл. 1).

Таблиця 1

Динаміка посівних площ по культурах за 1991–2023 рр.

Рік	Площа посівна уточнена сільськогосподарських культур, тис. га				
	культури зернові та зернобобові	бурак цукровий фабричний	соняшник	картопля	культури овочеві
1991	14671	1558	1601	1533	477
1992	13903	1498	1641	1702	500
1993	14305	1530	1637	1552	474
1994	13527	1485	1784	1532	461
1995	14152	1475	2020	1532	507
1996	13248	1359	2107	1547	479
1997	15051	1104	2065	1579	483
1998	13718	1017	2531	1513	461
1999	13154	1022	2889	1552	499
2000	13646	856	2943	1629	541
2001	15586	970	2502	1604	492
2002	15448	897	2834	1590	482
2003	12495	773	4001	1585	483
2004	15434	732	3521	1556	478
2005	15005	652	3743	1514	467
2006	14515	815	3964	1464	471
2007	15115	610	3604	1453	454
2008	15636	380	4306	1413	460
2009	15837	322	4232	1409	453
2010	15090	501	4572	1408	465
2011	15724	532	4739	1439	501
2012	15449	458	5194	1440	498
2013	16 210	280	5051	1388	488
2014	14 801	331	5257	1348	467
2015	14 739	237	5105	1291	446
2016	14 401	292	6073	1312	447
2017	14 624	316	6034	1323	445
2018	14 839	276	6117	1319	439
2019	15 318	222	5928	1309	452
2020	15 392	220	6457	1325	464
2021	15 995	227	6622	1283	460
2022	12 171	184	5293	1208	378
2023	10 985	250	5220	1210	397
2024	11 116	258	4947	1204	401

Джерело: Державна служба статистики України

Надмірне насичення сівозміни та порушення правил періодичності вирощування соняшнику ведуть до низки небезпечних наслідків, зокрема, погіршення фітосанітарного стану агроценозів: збільшення забур'янення, поширення вовчка, зростання інтенсивності ураження шкідниками та хворобами відповідно до збільшення частки культури в сівозміні [8]. Крім того, боротьбу зі шкідливими організмами можуть ускладнити біологічні особливості патогенів, а саме різні вимоги до температурного та режиму вологозабезпечення, від чого буде залежати видовий склад хвороб, а отже, і засоби та методи боротьби з ними [9].

Ступінь впливу частини з вказаних факторів може бути зменшений за допомогою підвищення інтенсифікації як технології вирощування загалом, так і системи захисту зокрема. Проте за період активного росту частки соняшнику в сівозміні ми накопили низку проблем, що не можуть бути вирішені за допомогою конвенційних засобів або їх вирішення шляхом інтенсифікації захисту шаблонними методами може не виправдатися з економічної точки зору.

Отже, впровадження у технологію вирощування соняшнику біологічних препаратів у комплексі з синтетичними є вельми перспективним, зважаючи на активний розвиток та наукові відкриття останніх років у цій сфері [10].

За результатами звіту про світовий ринок сільськогосподарських біопрепаратів [11] очікується, що обсяги продажів біологічних продуктів зростуть з 20,7 млрд дол. у 2024 р. до 41,8 млрд дол. у 2030 р., а середньорічний приріст (CAGR) становитиме 12,4%.

Відповідно до аналізу динаміки площ, на яких застосовувалися пестициди та препарати біологічного походження в Україні протягом 2018–2023 рр. (дані Державної служби статистики України), відмічалось поступове зростання площ, оброблюваних біологічними препаратами (рис. 2), до 2022 р.

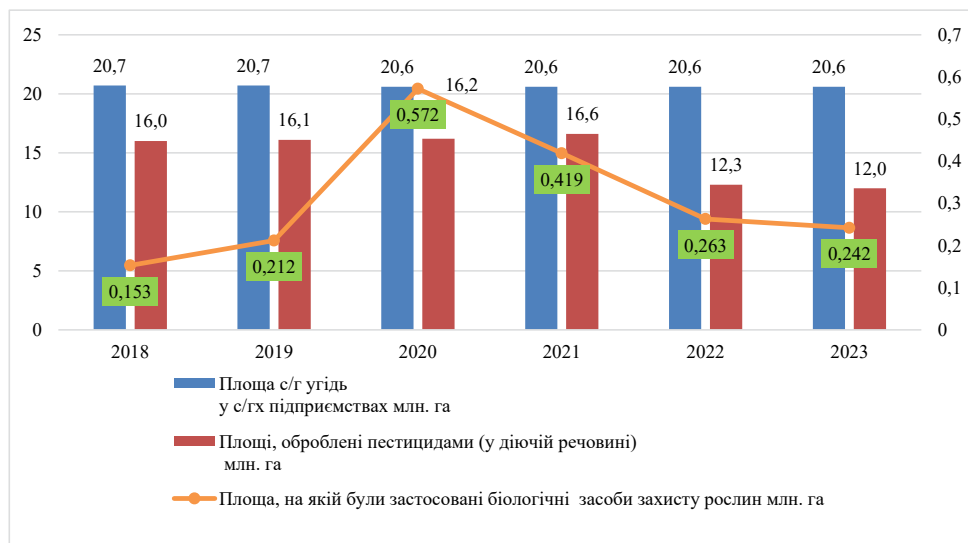


Рис. 2. Динаміка застосування пестицидів та біологічних засобів захисту рослин в Україні протягом 2018–2023 рр., млн га

Джерело: Державна служба статистики України

За даними автора [12], динаміка та структура застосування біологічного методу захисту рослин можуть істотно різнитися залежно від культури. Найчастіше практикується використання біологічних препаратів для контролю популяцій мишоподібних гризунів, підгризаючих і листогризучих совок, стеблового метелика й комплексу шкідників в овочевих і зернових агроценозах і плодових насадженнях. Зокрема, досить поширеною є практика застосування трихограми як біологічного методу контролю чисельності лускокрилих шкідників.

Прикладами біофунгіцидів є препарати на основі штамів бактерій роду *Bacillus*, видів *amyloliquefaciens*, *subtilis*, *velezensis* та ін., біоінсектицидів – бактеріальні препарати (*Bacillus thuringiensis* var. *Kurstaki* та ін.).

Використання біофунгіцидів досягло суттєвого прогресу [13], особливо на культурах, де важливий максимально короткий термін очікування (від обробки до збирання врожаю). Найчастіше це овочеві та плодово-ягідні культури. Застосування біофунгіцидів має високий потенціал і в захисті соняшнику. Наприклад, види *Trichoderma* добре відомі як ефективні антагоністи різноманітних ґрунтових грибкових патогенів. За результатами досліджень [14], ефективність восьми ізолятів *Trichoderma* spp. у захисті проростків соняшнику від *Sclerotinia Sclerotiorum*, що є одним із основних фітопатогенів соняшнику, склала понад 50% та була статистично достовірною.

Аналіз державного реєстру пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні [15] за 2024 р. підтверджує зростаючу кількість препаратів біологічного походження. Найбільшу частку серед препаратів (близько 80%) займає група продуктів, яку можна класифікувати як стимулятори росту біологічного походження (біостимулятори). Проте класифікація препаратів за напрямом дії в розрізі біологічних продуктів є досить ускладненою, оскільки такі препарати переважно комбіновані за складом, а в деяких випадках одна і та ж сама складова таких препаратів може справляти комбіновану дію.

Загалом препарати біологічного походження за способом дії прийнято розділяти на три основні групи: біопестициди (фунгіциди, інсектициди, гербіциди), біостимулятори та біодобрива [16].

Біостимулятори наразі є найчисленнішою групою препаратів та застосовуються для підвищення стійкості рослин до впливу абіотичного стресу завдяки стимулюванню природних захисних механізмів рослин, унаслідок чого зменшуються втрати врожаю і зберігається його якість. Найчастіше біостимулятори поділяють на такі категорії: мікробні інокулянти, гумінові речовини (гумінові та фульвокислоти), білкові гідролізати та інші азотовмісні сполуки (амінокислоти), хітозан та інші біополімери, екстракти рослин і морських водоростей, бактеріальні препарати [17].

Гумінові та фульвокислоти – це природні складові органічної речовини ґрунту, що утворюються в результаті розкладання рослинних, тваринних і мікробних залишків, а також метаболічної активності ґрунтових мікробів, які використовують ці субстрати. Більшість біостимулюючих ефектів гумінових речовин пов'язані з покращенням кореневого живлення через різні механізми.

Суміші амінокислот і пептидів отримують шляхом хімічного та ферментативного гідролізу білків з побічних продуктів агропромислового виробництва як із рослинних джерел (поживні рештки), так і з відходів тваринного походження (наприклад колаген, епітеліальні тканини) [18].

У кожному конкретному випадку було доведено, що ці сполуки можуть впливати на перебіг різних фізіологічних процесів у рослині [19]. Прямий вплив на

рослини включає модуляцію поглинання та засвоєння азоту шляхом регуляції ферментів, що беруть участь у цьому процесі. Повідомляється і про хелатуючий ефект деяких амінокислот (наприклад проліну), які можуть захищати рослини від важких металів, а також сприяти засвоєнню мікроелементів. Антиоксидантна активність забезпечується шляхом поглинання вільних радикалів деякими азотистими сполуками, у тому числі гліцин-бетаїном і проліном, що сприяє пом'якшенню фізіологічного стресу.

Екстракти морських водоростей (*Ascophyllum nodosum*) є джерелом полісахаридів, полінасичених жирних кислот, ферментів та пептидів [20]. Використання екстрактів морських водоростей під час вегетації може стимулювати ріст, а також допомагати рослинам легше переносити періоди з дефіцитом вологи, засолення ґрунту. При цьому препарати на основі *Ascophyllum nodosum* (як найбільш вивчені) можуть значно відрізнятися за складом, біоактивністю та, відповідно, ефективністю залежно від методу екстракції, що використовувався в ході їх виготовлення.

Хітозани – природні компоненти грибів, нематод, комах і ракоподібних. Вони регулюють захисні механізми рослин, пов'язані з біосинтезом фітоалексинів, активними формами кисню та білками, що беруть участь у патогенезі, покращуючи стійкість рослин до біотичних та абіотичних стресів [21].

Мікоризні гриби є гетерогенною групою таксонів, які вступають у симбіоз з понад 90% усіх видів рослин. Зацікавленість у цій групі препаратів зростає через загальновизнані переваги симбіозу для підвищення ефективності живлення (як макроелементів, особливо фосфору, так і мікроелементів), водного балансу, захисту рослин від біотичних та абіотичних стресів [22].

Бактерії можуть взаємодіяти з рослинами різними способами [23], наприклад, колонізувати ризосферу та ризоплан і мати симбіотичні зв'язки, беручи участь у процесі фіксації атмосферного азоту, й опосередковано також можуть мати стимулюючу дію. Цей напрям лише починає розвиватися і в майбутньому може мати неабиякі перспективи, оскільки витрати на використання мінеральних добрив є однією з важливих складових у загальній технології вирощування сільськогосподарських культур.

Так, результати аналізу динаміки застосування азотних добрив (дані Державної служби статистики України) за 2018–2023 рр. засвідчують тенденцію інтенсифікації їх використання до 2022 р. включно (табл. 2), після чого відбувся спад, що пов'язано з проблемами логістики та зростанням вартості самих добрив як наслідок початку повномасштабного вторгнення. Варто відзначити, що соняшник за обсягами використання азотних добрив по роках стабільно посідав третє місце після кукурудзи та пшениці озимої.

Отже, вивчення та підтвердження ефективності описаних вище бактеріальних препаратів дають змогу стверджувати, що конвенційна система удобрення азотом, у тому числі соняшнику, може бути доповнена препаратами біологічного походження, здатними фіксувати азот з атмосфери та надавати його рослині в доступній формі. Прикладами можуть бути препарати на основі азотфіксуючих бактерій роду *Methylobacterium* та *Azotobacter*.

Використання препаратів біологічного походження, здатних забезпечити частину потреб рослини в елементах живлення (азоту), несе подвійну користь, оскільки їх застосування, по-перше, може бути більш економічно вигідним, а по-друге, дасть змогу значно скоротити викиди парникових газів, що утворюються в процесі виробництва азотних добрив (рис. 3), та заощадити енергоносії (природний газ).

Таблиця 2

**Унесення мінеральних азотних добрив під урожай
сільськогосподарських культур, тис. т**

Показники	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Під урожай звітного року	1107,3	1215,0	1716,1	1769,9	1214,4	993,6
Культури сільськогосподарські	1106,0	1213,4	1713,0	1767,6	1211,9	991,8
Пшениця	402,2	437,6	551,5	591,7	364,9	257,2
Кукурудза на зерно	290,2	323,5	470,7	492,6	326,2	299,7
Решта зернових і зернобобових культур	87,4	94,0	135,5	144,6	71,1	45,9
Соя	30,7	27,7	43,6	41,0	45,6	39,1
Ріпак і кольза	101,6	127,6	149,7	130,8	145,7	136,3
Соняшник	140,3	157,4	294,5	303,8	216,0	168,5
Буряк цукровий	28,6	20,2	32,3	32,4	24,0	23,1
Решта технічних культур	2,3	1,9	2,4	2,2	1,4	4,4
Коренеплоди та бульбоплоди, овочі та баштанні продовольчі	4,3	4,9	7,4	7,4	3,5	4,2

Джерело: Державна служба статистики України

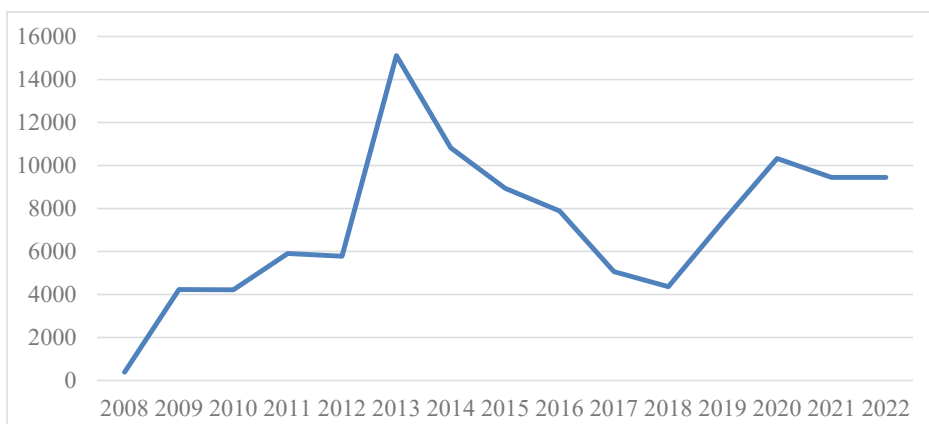


Рис. 3. Динаміка викидів парникових газів під час виробництва мінеральних добрив в Україні, тис. т.

Джерело: FAOSTAT, 2023 р.

Висновки і пропозиції. Площі соняшнику та інших культур, що обробляються препаратами біологічного походження в Україні та світі, демонструють стійку тенденцію до зростання. За останні роки не лише значно збільшився асортимент найменувань препаратів в існуючих сегментах (біопестициди та біостимулятори), а й з'явилися нові технології, що потребують подальшого дослідження. У разі підтвердження їх ефективності, комплексного вивчення та розробки механізмів впровадження в інтегровані технології вирощування, зокрема такої стратегічно важливої культури, як соняшник, ці препарати можуть істотно підвищити біоенергетичну та економічну ефективність виробництва, що, в свою чергу, сприятиме розвитку сталого землеробства в Україні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Економічне значення соняшнику для України. URL: <https://nakupilo.ua/promo/ekonomichne-znachennya-sonyashniku-dlya-ukrayini/>
2. Ткачук О. П., Бондарук Н. В. Фактори інтенсифікації та екологізації вирощування соняшнику. *Аграрні інновації*. 2023. № 18. С. 120–127. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.18.17>
3. Сидякіна О. В., Гамаюнова В. В. Сучасний стан та перспективи виробництва насіння соняшнику. *Таврійський науковий вісник*. 2023. Вип. 131. С. 196–204. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.131.25>
4. Гармонізація законодавства України як умова членства в ЄС: прогрес і перспективи. <https://yur-gazeta.com/publications/practice/inshe/garmonizaciya-zakonodavstva-ukrayini-yak-umova-chlenstva-v-es-progres-i-perspektivi.html>
5. У Єврокомісії ініціюють скорочення використання пестицидів удвічі до 2030 року. <https://superagronom.com/news/15808-u-yevrokomisiyi-initsiyuyut-skorochennya-vikoristannya-pestitsidiv-udvichi-do-2030-roku>
6. Official site of Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2023. URL: https://www.fao.org/faostat/ru/#rankings/commodities_by_country_exports
7. Державна служба статистики України. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/>
8. Кохан А. В., Лень О. І., Цилюрик О. І. Наслідки насичення сівозмін соняшником. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2016. № 23. С. 131–136.
9. На що хворів соняшник минулого сезону та які хвороби будуть актуальними в цьому році. URL: <https://www.syngenta.ua/news/sonyashnik/na-shcho-hvoriv-sonyashnik-minulogo-sezonu-ta-yaki-hvorobi-budut-aktualnimi-v-comu>
10. Жуйков О. Г., Бурдюг О. О. Елементи біологізації технології вирощування соняшнику в контексті їх впливу на кількісно-якісні показники врожаю в умовах Південного Степу. *Таврійський науковий вісник*. 2018. № 104. С. 52–59.
11. Agricultural Biologicals – Global Strategic Business Report. URL: <https://www.researchandmarkets.com/reports/5301731/agricultural-biologicals-global-strategic>
12. Біологічний метод захисту рослин в Україні: реалії і перспективи. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/25041-biolohichniy-metod-zakhystu-roslyn-v-ukraini-realii-i-perspektyvy.html>
13. Використання біологічних препаратів зростає, тому що це ефективно і вигідно для аграрія. URL: <https://latifundist.com/spetsproekt/866-vikoristannya-biologichnih-preparatv-zrosta-tomu-shcho-tse-efektivno--vigdno-dlya-agrarya--tetyana-homenko>
14. Zivanov S. T., Jovic S., Miklic V. Efficacy of *Trichoderma* spp. isolates against *Sclerotinia sclerotiorum* on sunflower seedlings. *19th International Sunflower Conference. Edirne, Turkey*. 2016.
15. Державний реєстр пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні. URL: https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2025/03/pesticides_28.03.2025.xlsx
16. Докладніше про біопрепарати. URL: <https://ifarming.ua/itehnologii/biofarming/dokladnishe-pro-biopreparaty>
17. Shahrajabian M. H., Chaski C., Polyzos N., Petropoulos S. A. Biostimulants Application: A Low Input Cropping Management Tool for Sustainable Farming of Vegetables. *Biomolecules*. 2021. 11(5). 698. DOI: <https://doi.org/10.3390/biom11050698>
18. Calvo P., Nelson L., Kloepper J. W. Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant Soil*. 2014. Vol. 383. P. 3–41. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-014-2131-8>
19. Halpern M., Bar-Tal A., Ofek M., Minz D., Muller T., Yermiyahu U. The use of biostimulants for enhancing nutrient uptake. *Advances in Agronomy*. 2015. Vol. 130. P. 141–174. DOI: <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2014.10.001>
20. Craigie J. S. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. *J Appl Phycol*. 2011. Vol. 23. P. 371–393. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10811-010-9560-4>

21. Pichyangkura R., Chadchawan S. Biostimulant activity of chitosan in horticulture. *Scientia Horticulturae*. 2015. Vol. 196. P. 49–65. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.031>
 22. Augé R. M. Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Mycorrhiza*. 2001. Vol. 11. P. 3–42. DOI: <https://doi.org/10.1007/s005720100097>
 23. Ahmad I., Pichtel J., Hayat S. Plant-Bacteria Interactions. Strategies and Techniques to Promote Plant Growth. *Biotechnology journal*. 2009. Vol. 4(1). P. 137. DOI: <https://doi.org/10.1002/biot.200800349>
-