



Генетика, селекція, біотехнологія

УДК 631.4:631.8

© 2025

БІОТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ДЛЯ АГРОЦЕНОЗУ СОНЯШНИКУ В УМОВАХ МІЛІТАРНО ПОРУШЕНОГО ҐРУНТУ

*С.Г. Корсун¹, В.В. Болоховський², Т.О. Хоменко³,
А.О. Лунгул⁴, Н.М. Майданович⁵, Т.В. Гайдай⁶*

¹доктор сільськогосподарських наук

²⁻⁴кандидати сільськогосподарських наук

⁵кандидат географічних наук

⁶кандидат технічних наук

¹ТОВ «Інститут прикладної біотехнології»

Кловський узвіз, 13, м. Київ, 01021, Україна

^{2, 3}ТОВ «БТУ-ЦЕНТР»

вул. Хлібозаводська, 1, м. Ладизин Вінницької обл., 24321, Україна

⁴ТОВ «Кернел-Трейд»

пров. Тараса Шевченка, 3, м. Київ, 01001, Україна

^{5, 6}ДНУ «УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого»

вул. Інженерна, 5, смт Дослідницьке Білоцерківського р-ну

Київської обл., 08654, Україна

e-mail: ¹korsuns@i.ua, ²vlad@btu-center.com, ³volyata@gmail.com,

⁴agronauka74@gmail.com, ⁵vchsekr_ndipvt@ukr.net, ⁶gaidai.t@ndipvt.com.ua

ORCID: ¹0000-0001-8753-9356, ²0009-0007-0074-6362, ³0000-0003-4095-3706,

⁴0009-0002-0501-0497, ⁵0000-0002-0361-8215, ⁶0000-0001-9141-4820

Надійшла 29.10.2024

Мета. З'ясувати ефективність біотехнологічного заходу в агротехнології вирощування соняшнику на основі результатів експертизи ґрунту мілітарно порушеного агроценозу. **Методи.** *Вегетаційний* — для встановлення ефективної композиції компонентів у комплексі агротехнічних заходів, застосовуваних на ґрунтових фонах локації, порушеної вибухом; *польовий* — для верифікації результатів вегетаційного дослідження та виявлення ефективності біологічного препарату *Ecostern detox* в агроценозі соняшнику; *лабораторний* — визначення вмісту рухомої форми біогенних елементів і важких металів у ґрунті, оцінювання мікробіологічного та фітопатологічного станів ґрунту; *математико-статистичний* — для проведення дисперсійного аналізу та статистичної обробки отриманих

результатів досліджень. Результати. З урахуванням результатів досліджень стану фітоценозу соняшнику, урожайності культури, агрохімічного і біологічного аналізів чорнозему типового встановлено доцільність внесення в ґрунт біологічного деструктора з функціями детоксиканта в агроценозі соняшнику на мілітарно порушеному ґрунті. Висновки. В умовах вегетаційного дослідження внесення біологічного препарату *Ecostern detox* у ґрунт, порушений вибухом, сприяло пришвидшенню розвитку рослин соняшнику та збільшенню їх надземної маси порівняно з контролем на 32,4%, кореневої маси — 25% на стадії розвитку 13–15 за ВВСН. В умовах польового дослідження з використанням препарату *Ecostern detox* у технологічному процесі вирощування соняшнику на мілітарно порушеній території врожайність культури підвищилася на 0,11 т/га порівняно з урожайністю на непорушеній вибухом ділянці та на 0,26 т/га порівняно з таким самим показником на порушеній вибухом ділянці без внесення біопрепарату. Це також сприяло зниженню частки патогенних грибів у ґрунті з 21–26 до 4% і зменшенню кількості представників від двох родів (*Alternaria* і *Fusarium*) до одного — *Fusarium*.

Ключові слова: агроценоз, біологічний препарат, агрохімічні показники, біологічний стан ґрунту, соняшник, біометричні показники, урожайність.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202503-06>

Упродовж усієї історії людства воєнні конфлікти призводили до масштабних змін навколишнього природного середовища в цілому і ґрунтів зокрема [1, 2]. Унаслідок повномасштабного вторгнення російських військ і тривалих бойових дій на території України істотних змін зазнали водне й ґрунтове середовища, порушено цілісність ландшафтів та екосистем, зазнали забруднення, руйнування і знищення цінні природні ресурси, а також сільськогосподарські угіддя України [3–6]. Автори [1, 4, 7–9] відзначають різкі зміни стану ґрунтового покриву в зонах бомбардування, унаслідок чого відбувається переміщення нижніх горизонтів на поверхню та їх перевідкладення, змішування генетичних горизонтів, ущільнення й деформування ґрунту. Так, скажімо, лише в Київській громаді Чернігівської області виявлено 4914 кратерів від вибухів, 908 га ріллі мають потенційний ризик ущільнення, 3136 м³ ґрунту зміщено через бомбардування [10]. Значно більше

постраждали території південного сходу України.

Погіршення фізичних, фізико-хімічних, агрохімічних властивостей ґрунту та забруднення сільськогосподарських угідь унаслідок бойових дій викликає занепокоєння через потенційний негативний вплив на ріст і розвиток сільськогосподарських рослин, якість основної продукції рослинництва, отриманих з неї продуктів харчування та здоров'я людей [11, 12].

Науковці разом із представниками державних інституцій з урахуванням специфіки порушення території та особливостей забруднення розробляють стратегію рекультивації мілітарно порушених ґрунтів [7–9, 13]. Оскільки для значної частини населення України саме агробізнес є джерелом існування, тому господарі ділянок одразу після розмінування починають освоювати значну частину порушених війною земель, які без належної експертизи залучають до формування культурних агроценозів.

Проблема сьогодення — відсутність своєчасного обстеження та виявлення характеру і масштабів порушень у ґрунтах агроценозів під час воєнних дій, що стримує ухвалення адекватних рішень стосовно вдосконалення агротехнологій для відновлення їх ефективності.

Мета досліджень — з'ясувати ефективність біотехнологічного заходу в агротехнології вирощування соняшнику на основі результатів експертизи ґрунту мілітарно порушеного агроценозу.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проведено в Старокостянтинівському районі Хмельницької області на території ТОВ «Енселко Агро» в агроценозі кукурудзи на чорноземі типовому, порушеному вибухом боеприпасів, улітку 2023 р. Згідно з проведеними вимірюваннями, найбільшого ушкодження зазнала територія площею майже 1 га. На початок експерименту вирва від вибуху була загорнута. Наступною культурою в сівозміні передбачено соняшник.

Для вирішення поставлених завдань було проведено вегетаційний і польовий досліді на базі та за участі науковців ТОВ «Інститут прикладної біотехнології» і ТОВ «БТУ-Центр», ТОВ «Кернел-Трейд» та ДНУ «УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого».

За нашою гіпотезою, для оздоровлення ґрунту, порушеного вибухами боеприпасів, і відновлення ефективності агроценозу слід підсилити агротехнологію заходами, які сприятимуть розширенню ємності вбирного комплексу, зростанню частки органічної речовини в ґрунті, забезпечать активність агрономічно цінної мікробіоти й регулюватимуть поживний режим ґрунту. З урахуванням високої природної родючості чорноземів основними доступними і дієвими засобами для вирішення цих завдань є повернення до ґрунту побічної продукції рослинництва в комплексі із застосуванням мікробних препаратів та внесення відповідних мінеральних

добрив. Запровадження цих заходів сприятиме зменшенню впливу на агроценоз елементів і речовин, зміна концентрації яких у ґрунті спровокована мілітарними діями; забезпеченню активізації аборигенної та інтродукованої з біологічним препаратом мікрофлори для швидшої деструкції токсичних органічних речовин і обмеження розвитку патогенних мікроорганізмів; зв'язуванню токсичних важких металів у малорозчинні сполуки з фосфором.

Саме тому у вегетаційному досліді вплив застосування агротехнологічних заходів на агроценоз соняшнику досліджували за варіантами: 1 — без добрив і препаратів (контроль); 2 — біологічний препарат Ecostern detox, 1,5 л/га; 3 — біологічний препарат Ecostern detox (1,5 л/га) + $N_{60}P_{150}$; 4 — Ecostern detox (1,5 л/га) + $N_{60}P_{150}$ + солома пшениці озимої (2 т/га). Мінеральне добриво вносили у формі розчинної солі $(NH_4)_2HPO_4$. Ecostern detox, застосований у досліді, — це біодеструктор із функціями детоксиканту ґрунту, рекомендований у разі накопичення шкідливих органічних сполук природного чи штучного походження і призначений для збагачення ґрунту агрономічно корисною мікробіотою, поліпшення фітосанітарного стану ґрунту, пришвидшення руйнування токсинів органічної природи та сприяння ефективному перетворенню рослинних решток.

У вегетаційному досліді було використано 2 ґрунтових фони: відібраний у локації вибуху та в локації непорушеного агроценозу (шар 0–20 см). Під час експерименту визначали основні біометричні показники стану рослин соняшнику (надземну та кореневу масу, кількість пар справжніх листків), який вирощували до стадії ВВСН 13–15, та агрохімічні й біологічні показники стану ґрунту.

Польові дослідження проводили у 2023–2024 рр. в агроценозі кукурудзи, який постраждав від вибуху, з наступною культурою — соняшником. Для

цього в полі після збирання кукурудзи було виділено ділянки площею по 0,2 га, на яких закладено варіанти досліду: 1 — ділянка з порушеним ґрунтом, на якій внесено препарат Ecostern detox (1,5 л/га); 2 — ділянка з порушеним ґрунтом, на якій не внесено біопрепарат; 3 — ділянка з непорушеним ґрунтом, на якій не застосовували біопрепарат (контроль). За технологією, впровадженою в господарстві, передбачено внесення 150 кг/га APBI-NPK (8 : 24 : 24), восени під час дискування на глибину 13–15 см після луцення стерні кукурудзи, а розпушування на глибину 20–25 см було поєднано із застосуванням 140 кг карбаміду. Як передпосівне удобрення вносили сульфат амонію (120 кг/га), під час сівби — 25 кг/га рідкого комплексного добрива Квантум Діафан (5 : 20 : 5). Біопрепарат Ecostern detox вносили восени на поверхню ґрунту безпосередньо перед зароблянням подрібнених стебел кукурудзи в ґрунт.

У дослідженнях використовували насіння гібрида Карлос 115. Після досягання соняшнику врожай обліковували, визначали його якість, проводили агрохімічні та біологічні дослідження ґрунту. Ґрунт аналізували за методиками, що відповідають нормативній базі України: рН — за ДСТУ ISO10390:1994, уміст гумусу — ДСТУ 4289:2004, гідролізованого азоту — ДСТУ 7863:2015, мінерального азоту — ДСТУ 4229-1:2007, рухомих сполук фосфору і калію (за Чиріковим) — ДСТУ 4115:2002. Уміст рухомої форми важких металів і мікроелементів визначали за ДСТУ 4770.6:2007, ДСТУ 4770.2:2007, ДСТУ 4770.7:2007, ДСТУ 4770.8:2007, ДСТУ 4770.3:2007, ДСТУ 4770.9:2007 у буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8 методом атомно-абсорбційної спектроскометрії.

Чисельність мікроорганізмів основних фізіологічних і таксономічних груп визначали згідно з ДСТУ 7847:2015 методом поверхневого (бактерії) і гли-

бинного (мікроміцети) посіву ґрунтової суспензії відповідного 10-разового розведення на тверді живильні середовища [14], а показник біогенності ґрунту — як суму мікроорганізмів усіх досліджуваних груп. Мікроскопіювання виділених ізолятів проводили з використанням тринокулярного біологічного мікроскопа ZEISS Primo Star з фотофіксацією зі збільшенням 400x, ідентифікацію патогенів — згідно з методиками [15–17].

Спрямованість мікробіологічних процесів у ґрунті характеризували за відповідними коефіцієнтами згідно з нормативними документами і науковими джерелами [18–20]: коефіцієнт мінералізації — іммобілізації азоту (K_{M-i}) розраховували за співвідношенням кількості мікроорганізмів, що засвоюють мінеральний і органічний азот; коефіцієнт педотрофності — як співвідношення чисельності педотрофних та амоніфікувальних мікроорганізмів; коефіцієнт оліготрофності — як співвідношення чисельності оліготрофних й амоніфікувальних мікроорганізмів; коефіцієнт трансформації органічної речовини ґрунту — за співвідношенням суми колоній мікроорганізмів, які засвоюють мінеральний і органічний азот, і коефіцієнтом мінералізації. Статистичну обробку отриманих експериментальних даних проведено згідно з методикою [21].

Результати досліджень. Перед закладанням вегетаційного досліду було проведено аналіз ґрунту. Агрохімічні показники орного шару ділянок були різними (табл. 1). Якщо вміст гумусу у відібраних пробах характеризувався як середній, мінерального азоту — дуже високий, то вміст рухомого фосфору змінювався від середнього до дуже високого, калію — від високого до дуже високого. Попри наявну в науковій літературі гіпотезу про різке погіршення агрохімічних властивостей мілітарно порушеного ґрунту [7, 22] усі показники були кращими саме на ділянці з порушеним ґрунтом: кислотність — близькою

1. Агрохімічна характеристика ґрунтів агроценозу, який зазнав мілітарного впливу

Локація відбору ґрунту	Обмінна кислотність, рН _{KCl}	Гумус, %	Азот, мг/кг		Рухомі форми, мг/кг	
			гідролізований	мінеральний	Фосфор, P ₂ O ₅	Калій, K ₂ O
Ґрунт ділянки: непорушеної	5,4	4,44	140,0	40,1	85,0	125,0
порушеної вибухом	6,0	4,67	142,8	48,8	245,0	185,0

до нейтральної, тоді як непорушений ґрунт був слабокислим; уміст рухомого фосфору у 2,9 раза, а обмінного калію в 1,5 раза перевищував ці показники на неушкоджених ділянках, кількість гідролізованого і мінерального азоту мала чітку тенденцію до зростання порівняно з ґрунтом непорушеного агроценозу. Такий ефект отримано у зв'язку зі змішуванням шарів генетичних горизонтів чорнозему типового і переміщенням на поверхню тих шарів ґрунту, де за роки інтенсивного землеробства відбулося накопичення рухомих форм азоту, фосфору, калію та, очевидно, кальцію. В аграрній науці є відомості про інтенсифікацію низхідної міграції елементів і речовин до нижніх горизонтів, характерну для тривалих агроценозів [23]. Крім того, можливо, у результаті «стихийного» загортання вирви з використанням орного шару сусідніх ділянок відбулося збагачення ґрунту порушених ділянок нутрієнтами за одночасного збіднення суміжних територій.

Аналіз ґрунту на вміст важких металів не показав значних відмінностей між

локаціями (табл. 2). Кількість мікроелементів і важких металів у зразках ґрунту з локацій, порушених вибухом, та на непорушених територіях була близькою за значеннями й не перевищувала фону, визначеного нормативними документами України за вмістом міді, цинку, нікелю, марганцю і заліза. За вмістом свинцю і кадмію забруднення було слабким на обох ділянках. Якщо оцінювати кількість металів як мікроелементів, то забезпеченість міддю була низькою, цинком і марганцем — дуже низькою.

Отже, попри слабку тенденцію до збільшення вмісту марганцю і заліза в порушеному ґрунті, забруднення значеними металами не спостерігалося. Проте проведена експертиза ґрунту не відкидає наявності інших токсичних елементів і речовин, що потрапили до агроценозу з вибуховим об'єктом.

Результати моніторингу стану рослин соняшнику у вегетаційному досліді до стадії розвитку ВВСН 13–15 свідчать про кращий стан рослин, вирощуваних на порушеному ґрунті, ніж на непорушеному (табл. 3). Це стосувалося

2. Уміст важких металів і мікроелементів у ґрунтах агроценозу, що зазнав мілітарного впливу

Локація відбору ґрунту	Рухомі форми, мг/кг ґрунту						
	Мідь	Цинк	Свинець	Нікель	Кадмій	Марганець	Залізо
Ґрунт ділянки: непорушеної	0,14	0,3	1,5	0,9	0,10	1,8	1,7
порушеної вибухом	0,13	0,4	1,4	0,7	0,10	7,6	2,3

3. Біометричні показники рослин соняшнику за використання біопрепарату та добрив у вегетаційному досліді (у середньому на 1 рослину)

Варіант	Кількість листків, шт.	Сира маса, г		Суха маса, г	
		Надземна	Коріння	Надземна	Коріння
<i>Ґрунт ділянки, не порушеної вибухом</i>					
Контроль	3,2	2,89	1,17	0,35	0,086
Ecostern detox	3,3	2,42	0,94	0,30	0,069
Ecostern detox + N ₆₀ P ₁₅₀	4,0	6,32	1,18	0,67	0,093
Ecostern detox + N ₆₀ P ₁₅₀ + солома	3,8	5,84	2,01	0,66	0,155
<i>Ґрунт ділянки, порушеної вибухом</i>					
Контроль	3,7	4,49	1,50	0,42	0,112
Ecostern detox	3,9	5,95	1,87	0,55	0,135
Ecostern detox + N ₆₀ P ₁₅₀	4,0	7,46	3,13	0,76	0,221
Ecostern detox + N ₆₀ P ₁₅₀ + солома	4,2	6,91	2,61	0,79	0,202
HIP ₀₅	–	1,44	0,51	0,15	0,04

контролю та варіантів із внесенням біологічного препарату, органічних і мінеральних добрив. Отримані біометричні показники відповідали агрохімічній характеристиці ґрунтів, оскільки на ділянці, порушеній вибухом, ґрунт був краще забезпечений рухомими формами нутрієнтів (див. табл. 1).

У такій ситуації важливо оцінити вплив біологічного препарату, призначеного для детоксикації ґрунту, на стан агроценозу соняшнику. Виявлено, що інтенсивність розвитку рослин, яку визначали за кількістю пар листків, у варіанті із застосуванням Ecostern detox підвищувалася на ґрунтах обох видів. Додавання мінеральних добрив і соломи сприяло посиленню позитивного впливу Ecostern detox на розвиток наступних пар листків.

Чіткий приріст надземної маси до контролю (32,4%) отримано від внесення Ecostern detox на ґрунті порушеної ділянки. Із застосуванням разом із біопрепаратом мінеральних нутрієнтів і соломи на цьому ґрунтового фоні підвищився позитивний вплив на формування фотосинтетичного апарату, забезпечивши перевищення контролю, відповідно, на 66 і 54%.

Проте за внесення Ecostern detox на ґрунті непорушеної ділянки не отримано приросту надземної маси до контролю. Це можна пояснити нижчим рівнем родючості цих ділянок і особливостями рівня екологічної рівноваги в тривалих агроценозах. Підтвердженням зазначеного вище було різке збільшення темпів наростання надземної маси за внесення мінеральних нутрієнтів і соломи. Кількість надземної маси порівняно з контролем зроста, відповідно, на 119 і 102%. Попри такі високі прирости, все ж найбільше сирової надземної маси в досліді накопичено на порушених ґрунтах за використання Ecostern detox і мінеральних нутрієнтів — 7,5 г/рослину (на контролі — 4,5 г/рослину).

Слід зауважити, що з додаванням соломи до Ecostern detox і мінерального добрива кількість надземної маси на обох ґрунтових фонах знижувалася порівняно з її кількістю у варіанті без додавання соломи. Це пов'язано з нетривалим періодом експозиції від початку внесення засобів для поліпшення ґрунтів до сівби культури — усього 21 доба. За цей період у ґрунті почалися активні процеси мікробного перетворення соломи з частковою

4. Продуктивність соняшнику залежно від застосування препарату *Ecostern detox*

Варіант дослідю	Кількість рослин, шт./м	Діаметр кошиків, см	Маса насіння з кошика, г	Урожайність, т/га
Ділянка з порушеним ґрунтом, внесено <i>Ecostern detox</i>	4,7 ± 0,11	17,5 ± 0,37	64,4 ± 0,28	4,29 ± 0,16
Ділянка з порушеним ґрунтом, без біопрепарату	4,7 ± 0,44	17,16 ± 0,29	60,3 ± 0,84	4,03 ± 0,16
Контроль, поза вирвою	4,7 ± 0,11	17,16 ± 0,31	62,8 ± 1,43	4,18 ± 0,09

імобілізацією доступних рослинам нутрієнтів, що й спричинило деяке сповільнення темпів формування фотосинтетичного апарату рослин. За показниками сухої надземної маси основні тенденції змін збереглися.

Розвиток кореневої системи відповідав інтенсивності формування фотосинтетичного апарату. На порушеному ґрунті корені вирізнялися більшою розгалуженістю, ніж на ґрунті безпечної локації, і їх маса за внесення лише *Ecostern detox* збільшилася на 25% порівняно з контролем. У варіантах із внесенням добрив частка приросту маси коренів щодо контролю зроста, відповідно, до 109 та 74%. На непорушеному ґрунті помітний приріст коренів (71%) спостерігався лише у варіанті із застосуванням біологічного препарату, соломи та

мінерального добрива. Подібна закономірність зберігалася й для показників сухої маси коріння.

Крім вегетаційного дослідю, проведено верифікацію в умовах поля: на порушеній вибухом ділянці при зароблянні решток стебел кукурудзи в ґрунт було застосовано біологічний препарат *Ecostern detox*. Моніторинг стану посівів соняшнику як наступної культури не виявив значних відмінностей у розвитку рослин зазначених варіантів. Проте під час збирання врожаю соняшнику на ділянці з внесенням препарату *Ecostern detox* спостерігалася тенденція до збільшення діаметра кошика та маси насіння в ньому порівняно з контролем і ділянкою, порушеною вибухом, на якій біопрепарат не вносили (табл. 4). Закономірно, що й урожайність у цьому варіанті була

5. Зміна біологічного стану ґрунту залежно від його мілітарної порушеності та впливу біологічного препарату в польовому дослідю

Показники біологічного стану ґрунту		Варіант дослідю		
		ґрунт, порушений вибухом		Контроль, поза вирвою
		Внесено <i>Ecostern detox</i>	Без біопрепарату	
Біогенність ґрунту, млн КУО/г ґрунту		74,5	71,1	62,0
Мікроміцети	Усього, тис. КУО/г ґрунту	87,0	124,3	86,2
	Патогенні види, %	4,3	21,2	26,1
Коефіцієнт	мініралізації — іммобілізації (K_{m-i})	0,31	0,26	0,22
	оліготрофності (K_o)	1,05	1,01	1,47
	педотрофності (K_n)	1,32	1,71	2,98
	мікробної трансформації органічної речовини (КТОР)	62,0	67,0	47,5

вищою, відповідно, на 2,8% (0,11 т/га) та 6,5% (0,26 т/га) ніж в інших двох.

За даними аналізу біологічного стану ґрунту після збирання врожаю соняшнику, порушений ґрунт за загальною біогенністю, активністю трансформації органічної речовини та гармонійністю мікробіологічних процесів, які характеризуються коефіцієнтами оліготрофності і педотрофності, не поступався ґрунту ділянки, що перебувала на значній відстані від вирви (табл. 5). Отримані результати

відповідають агрохімічним показникам родючості ґрунтів (див. табл. 1). Важливою перевагою технологічного процесу вирощування соняшнику із застосуванням препарату Ecostern detox у локації порушеного вибухом ґрунту була істотна зміна в пулі мікроміцетів порівняно з іншими двома варіантами: спостерігається зниження частки патогенних грибів з 21–26 до 4% і зменшення кількості представників від двох родів (*Alternaria* і *Fusarium*) до одного — *Fusarium*.

Висновки

Мілітарне порушення агроценозів на чорноземі типовому, спричинене лише одним вибухом боєприпасів, не погіршило агрохімічних характеристик верхнього шару ґрунту (0–20 см). На ділянці із загорнутою вирвою забрудненості ґрунтового покриву важкими металами не виявлено, обмінна кислотність була близькою до нейтральної, уміст рухомого фосфору у 2,9, а обмінного калію в 1,5 раза перевищував ці показники в зразках ґрунту з неушкоджених ділянок, кількість гідролізованого і мінерального азоту мала чітку тенденцію до зростання.

Внесення в ґрунт локації, порушеної вибухом, біологічного препарату Ecostern detox в умовах вегетаційного дослідження сприяло пришвидшенню розвитку рослин соняшнику й збільшенню їх надземної маси порівняно з контролем на 32,4%, кореневої маси — на 25%. Застосування комплексу агротехнічних заходів: Ecostern

detox, $N_{60}P_{150}$, соломи пшениці озимої (2 т/га) забезпечило найкращі в досліді біометричні показники рослин соняшнику. Їх розвиток пришвидшився з 13–14 до 14–15 стадії за ВВСН, за накопиченням наземної маси контроль перевищено, відповідно, на 66 і 54%, кореневої маси — на 109 і 74%.

В умовах польового дослідження на мілітарно порушеній території доведено перевагу застосування агротехнології із залученням препарату Ecostern detox в агроценозі соняшнику. Урожайність зросла на 0,11 т/га порівняно з урожайністю на ділянці з непорушеним ґрунтом та на 0,26 т/га порівняно з урожайністю на ділянці, порушеній вибухом, де біопрепарат не вносили. Частка патогенних грибів у ґрунті знизилася з 21–26 до 4%, а кількість представників від двох родів (*Alternaria* і *Fusarium*) зменшилася до одного — *Fusarium*.

Korsun S.¹, Bolokhovskiy V.², Khomenko T.³, Lunhul A.⁴, Maidanovych N.⁵, Haidai T.⁶

¹Institute of Applied Biotechnologies, 13 Klovs'kyi Uzviz Str., Kyiv, 01021, Ukraine; ²BTU-Center, 1 Khlіbozavodska Str., Ladyzhyn, Vinnytsia oblast, 24321, Ukraine; ³Kernel-Trade Ltd., 3 Taras Shevchenko lane, Kyiv, 01001, Ukraine; ⁵, ⁶L. Pohorilyi UkrNDIPVT, 5 Inzhenerna Str.,

vil. Doslidnytske, Bilotserkivskiyi district, Kyiv oblast, 08654, Ukraine; e-mail: ¹korsuns@i.ua, ²vlad@btu-center.com, ³volyata@gmail.com, ⁴agronauka74@gmail.com, ⁵vchsekr_ndipvt@ukr.net, ⁶gaidai.t@ndipvt.com.ua; ORCID: ¹0000-0001-8753-9356, ²0009-0007-0074-6362, ³0000-0003-4095-3706, ⁴0009-0002-0501-0497, ⁵0000-0002-0361-8215, ⁶0000-0001-9141-4820

Biotechnological solutions for sunflower agroecosis in conditions of militarily disturbed soil

Goal. To find out the effectiveness of the biotechnological measures in the agrotechnology of growing sunflowers based on the results of soil examination of militarily disturbed agroecosis. **Methods.** Vegetation — to establish an effective composition of components in a complex of agrotechnical measures applied on the soil backgrounds of the location disturbed by the explosion; field — to verify the results of the vegetation experiment and to identify the effectiveness of the biological preparation Ecostern detox in sunflower agroecosis; laboratory — to determine the content of the mobile form of biogenic elements and heavy metals in the soil, assess the microbiological and phytopathological conditions of the soil; mathematical and statistical — to conduct variance analysis and statistical processing of the obtained research results. **Results.** Taking into account the results of studies of the state of sunflower phytocenosis, crop yield, agrochemical, and biological soil analysis, the feasibility of introducing a biological destructor with detoxicant functions into the soil in sunflower agroecosis

on militarily disturbed soil was established. **Conclusions.** In the conditions of the vegetation experiment, the introduction of the biological preparation Ecostern detox into the soil disturbed by the explosion contributed to the acceleration of the development of sunflower plants and an increase in their above-ground mass compared to the control by 32.4%, the root mass — 25% at the stage of development 13–15 according to the BBCH-scale. Under the conditions of a field experiment using Ecostern detox in the technological process of growing sunflower in a militarily disturbed area, the crop yield increased by 0.11 t/ha compared to the yield in an undisturbed area, and by 0.26 t/ha compared to the same indicator in an area disturbed by an explosion without the introduction of a biological product. It also contributed to a decrease in the proportion of pathogenic fungi in the soil from 21–26 to 4%, and a decrease in the number of representatives from two genera (*Alternaria* and *Fusarium*) to one — *Fusarium*.

Key words: agroecosis, biological preparation, agrochemical indicators, biological state of soil, sunflower, biometric indicators, yield.
DOI: <https://doi.org/10.31073/agroviznyk202503-06>

Бібліографія

1. Broomandi P., Guney M., Kim J.R., Karaca F. Soil Contamination in Areas Impacted by Military Activities: A Critical Review. *Sustainability*. 2020. 12(21). 9002. P. 1–35. doi: 10.3390/su12219002

2. Lawrence M.J., Stemberger H.L., Zolderdo A.J. et al. The effects of modern war and military activities on biodiversity and the environment. *Environmental Reviews*. 2015. 23(4). P. 443–460. doi: 10.1139/er-2015-003

3. Благополучна А., Ляховська Н., Паракненко В. Еколого-економічні збитки від повномасштабного військового вторгнення росії в Україну. *Економічні горизонти*. 2022. 3(21). P. 53–61. doi: 10.31499/2616-5236.3(21).2022.263572

4. Макаренко Н.А., Строкаль В.П., Бережняк Є.М. та ін. Вплив російської воєнної агресії на природні ресурси України: аналіз ситуації, методологія оцінювання. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2022. 4(98). С. 1–31. doi: 10.31548/dopovid2022.04.003

5. Rawtani D., Gupta G., Khatri N. et al. Environmental damages due to war in Ukraine: A perspective. *Sci Total Environ*. 2022. 850. 157932. doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.157932

6. Solokha M., Pereira P., Symochko L. et al. Russian-Ukrainian war impacts on the environment. Evidences from the field and remote sensing. *Science of the Total Environment*. 2023. 902. 166122. doi: 10.1016/j.scitotenv.2023.166122

7. Сплодитель А., Голубцов О., Чумаченко С., Сорокіна Л. Вплив війни росії проти України на стан українських ґрунтів. Результати аналізу. Київ: ГО Центр екологічних ініціатив «Екодія», 2023. 155 с.

8. Балюк С.А., Кучер А.В., Солоха М.О., Соловей В.Б. Оцінювання впливу збройної агресії рф на ґрунтовий покрив України. *Український географічний журнал*. 2024. 1. С. 7–18. doi: 10.15407/ugz2024.01.007

9. Балюк С.А., Кучер А.В., Солоха М.О. та ін. Вплив збройної агресії та воєнних дій

на сучасний стан ґрунтового покриву, оцінка шкоди та збитків, заходи з відновлення: наукова доповідь. Харків: ФОП Бровін О.В., 2022. 102 с.

10. *Bonchkovskiy O.S., Ostapenko P.O., Shvaiko V.M., Bonchkovskiy A.S.* Remote sensing as a key tool for assessing war-induced damage to soil cover in Ukraine (the case study of Kyivska territorial hromada). *J. of Geology, Geography and Geoecology*. 2023. 32(3). P. 474–487. doi: 10.15421/112342

11. *Pichtel J.* Distribution and fate of military explosives and propellants in soil: a review. *Applied and Environmental Soil Science*. 2012. 617236. doi: 10.1155/2012/617236

12. *Gorecki S., Nesslany F., Hube D.* et al. Human health risks related to the consumption of foodstuffs of plant and animal origin produced on a site polluted by chemical munitions of the First World War. *Science of the Total Environment*. 2017. 599. P. 314–323. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.04.213

13. *Кучер А.* Методика оцінювання збитків, завданих збройною агресією земельному фонду та ґрунтам: проблеми та напрями вдосконалення. *J. of Innovations and Sustainability*. 2022. 6(2). 10. doi: 10.51599/is.2022.06.02.10

14. *Якість ґрунту.* Визначення чисельності мікроорганізмів у ґрунті методом посіву на тверде (агаризоване) живильне середовище: ДСТУ 7847:2015. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. 11 с. (Державний стандарт України).

15. *Leslie J.F., Summerell B.A.* The Fusarium Laboratory Manual. First Edition. Blackwell Publishing, 2006. 388 p.

16. *Tsuneo Watanabe.* Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi. Morphologies of Cultured Fungi and Key to Species. *Second Edition*. CRC PRES. 484 p.

17. *Билай В.И., Гвоздяк Р.И., Скрипаль И.Г.* и др. Микроорганизмы — возбудители болезней растений; под ред. И.В. Билай. Киев: Наукова думка, 1988. 552 с.

18. *Волкогон В.В., Надкернична О.В., Томакова Л.М.* та ін. Експериментальна ґрунтова мікробіологія: монографія; за наук. ред. В.В. Волкогона. Київ: Аграрна наука, 2010. 464 с.

19. *Мікробіологія ґрунту.* Терміни та визначення: ДСТУ 3750–98. Київ: Держспоживстандарт України, 1999. 38 с. (Державний стандарт України).

20. *Муха В.Д.* О показателях, отражающих интенсивность и направленность почвенных процессов. *Сборник трудов Харьковского сельскохозяйственного института*. 1980. 273. С. 13–16.

21. *Основи наукових досліджень в агрономії;* за ред. В.О. Єщенко. Київ: Дія, 2005. 286 с.

22. *Солоха М.О., Смірнова К.Б., Винокурова Н.В., Семенцова К.О.* Варіабельність геохімічного та гранулометричного складу ґрунтів Лісостепу України під впливом бойових дій. *Аграрні інновації*. 2022. 14. С. 109–116.

23. *Мілютенко Т.Б., Демидов О.А., Шерстобоева О.В.* Міграція біогенних елементів з ґрунту за різних систем удобрення. *Агроекологічний журнал*. 2014. С. 60–64.