

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології

ПОГОДЖЕНО

Декан факультету захисту рослин,
біотехнологій та екології

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри загальної екології,
радіобіології та безпеки
життєдіяльності

_____ **Юлія КОЛОМІЄЦЬ**

«___» _____ 2026 р.

_____ **Алла КЛЕПКО**

«___» _____ 2026р.

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему **«Екологічна оцінка нових біопрепаратів порошкоподібної форми»**

Спеціальність _____ **101 «Екологія»**

Освітня програма _____ **«Екологія»**

Орієнтація освітньої програми _____ **освітньо-професійна**

Гарант освітньої програми

доктор педагогічних наук, професор _____ **Володимир БОГОЛЮБОВ**

Керівник бакалаврської роботи

Кандидат сільськогосподарських наук, доцент _____ **Валерія БОНДАРЬ**

Виконав _____

_____ **Гліб КОРЕЦЬКИЙ**

КИЇВ-2026

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**
Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології

ЗАТВЕРДЖУЮ

**Завідувач кафедри загальної екології,
радіобіології та безпеки життєдіяльності**

_____ **Алла КЛЕПКО**

«__» _____ **2026р.**

**З А В Д А Н Н Я
ДО ВИКОНАННЯ БАКАЛАВРСЬКОЇ
КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ЗДОБУВАЧУ**

_____ **Корецького Гліба Артемовича**

(прізвище, ім'я по батькові)

Спеціальність _____ **101 «Екологія»**

Освітня програма _____ **«Екологія»**

Орієнтація освітньої програми _____ **освітньо-професійна**

Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи: ««Екологічна оцінка нових біопрепаратів порошкоподібної форми»

Затверджена наказом від « 27 » жовтня 2025 р. № 2537 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру _____ **2026. 05.14**

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи Перелік питань, що підлягають дослідженню:

встановити показник гострої токсичності (14-денну LC_{50}) препарату для модельних тест-об'єктів ґрунтової макробіоти (дощових черв'яків *Eisenia foetida*); визначити клас токсичності препарату відповідно до чинних гігієнічних класифікацій пестицидів для нецільових об'єктів; оцінити вплив максимальної норми внесення препарату на функціональну активність ґрунтових мікроорганізмів через інтенсивність емісії діоксиду вуглецю (цикл вуглецю) та швидкість утворення нітратів (цикл азоту); обґрунтувати ефективну і безпечну норму застосування препарату для польових умов.

Дата видачі завдання « 30 » жовтня 2024 р

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи _____ **Бондарь В.І.**

Завдання прийняв до виконання _____ **Корецький Г.А.**

РЕФЕРАТ

Сучасне ведення сільського господарства вимагає впровадження високоефективних біологічних препаратів, які не лише стимулюють ріст рослин, але й мають мінімальний негативний вплив на навколишнє середовище. Оцінка безпеки нових засобів для нецільових об'єктів ґрунтової біоти є обов'язковим етапом їхньої екологічної сертифікації та реєстрації.

Мета дослідження - визначити характер та ступінь екотоксикологічного впливу препарату МІКОРИЗА Seeds, п. на мікро- та макрокомпоненти ґрунтової екосистеми для оцінки його безпечності та обґрунтування оптимальних норм застосування.

Об'єкт дослідження - процеси функціонування ґрунтової екосистеми та життєдіяльності її біоти (макро- та мікроорганізмів) під впливом антропогенного навантаження. Предмет дослідження - показники гострої токсичності, інтенсивність дихання та нітрифікації ґрунту, а також польова ефективність препарату МІКОРИЗА Seeds, п.

Завдання дослідження: встановити показник гострої токсичності (14-денну LC_{50}) препарату для модельних тест-об'єктів ґрунтової макробіоти (дощових черв'яків *Eisenia foetida*); визначити клас токсичності препарату відповідно до чинних гігієнічних класифікацій пестицидів для нецільових об'єктів; оцінити вплив максимальної норми внесення препарату на функціональну активність ґрунтових мікроорганізмів через інтенсивність емісії діоксиду вуглецю (цикл вуглецю) та швидкість утворення нітратів (цикл азоту); обґрунтувати ефективну і безпечну норму застосування препарату для польових умов.

МІКОРИЗА Seeds, п, ТОКСИЧНІСТЬ, ДОЗИ, ГРУНТ, БІОЛОГІЧНІ ТЕСТИ, ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА

ЗМІСТ

РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	7
1.1. Процедура проведення реєстрації препаратів	7
1.2. Екологічні ризики при використанні препаратів в агроекосистемах	15
1.3. Вплив препаратів на здоров'я людини.....	20
1.4. Використання біологічних тестів для оцінки препаратів.....	22
РОЗДІЛ 2 УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ	25
2.1. Умови проведення дослідження	25
2.2. Методика проведення дослідження.....	26
РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ	31
3.1 Визначення гострої токсичності для дощових черв'їв <i>Eisenia foetida</i> ...	31
3.2 Вплив препарату МІКОРИЗА Seeds, п. на цикл вуглецю ґрунтових мікроорганізмів.....	35
3.3 Біологічна ефективність препарату МІКОРИЗА Seeds, п.....	39
ВИСНОВКИ.....	41
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	42

РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Процедура проведення реєстрації препаратів

Поряд з токсиколого-гігієнічною в останній час важливого значення набуває екотоксикологічна оцінка токсичних елементів. Дана оцінка передбачає вивчення поведінки хімічних речовин у ґрунтовій, водній і наземній екосистемах, для яких розроблено свої методичні підходи. Критеріями екологічної оцінки, які визначають поведінку і небезпеку хімічних речовин в екосистемі є: стійкість в ґрунті, рослині, воді; біокумуляція при міграції в водній екосистемі (коефіцієнт накопичення), біокумуляція при міграції в наземних трофічних ланцюгах (коефіцієнт накопичення); коефіцієнти міграції (ґрунт-рослина, ґрунт-повітря, ґрунт-вода); фітотоксична дія; дія на ґрунтовий біоценоз; токсичність [1, 2, 3]. За кожним показником розроблено шкалу оціночних балів рівня небезпеки, що характеризує вплив на біоту. Загальним критерієм, що визначає клас небезпеки є сума балів.

В якості тест-об'єктів у ґрунтовій, водній і наземній екосистемах використовують біологічні об'єкти. Як тест-об'єкти при вивченні впливу токсичних елементів на водну екосистему використовуються гідробіонти – риби (сом, короп, райдужна форель та ін.), дафнії, водорості. Основними критеріями для оцінки небезпеки у водній екосистемі є: розчинність, ГДК, персистентність, коефіцієнти біокумуляції, тощо. Вплив хімічних речовин на біоту наземних екосистем оцінюють за показниками LD_{50} , LC_{50} , як тест-об'єкти використовують птахів та корисних комах [4, 5, 6].

Головними показниками рівня небезпеки на ґрунтову екосистему є дія на біоту ґрунту (зміна загальної кількості мезофауни, сапрофітної мікрофлори, ферментативної активності ґрунту). За рекомендаціями ВООЗ вплив хімічних речовин на ґрунтову екосистему оцінюють за показниками токсичної дії на земляних черв'яків (*Eisenia foetida*) і активність мікроорганізмів. Згідно цьому

хімічні речовини поділено на чотири класи небезпеки з урахуванням чисельності і часу відновлення: високо небезпечний клас – зниження чисельності 51-100%, час відновлення > 6 місяців; небезпечний клас – зниження чисельності 25-50%, час відновлення 3-6 місяців; помірно небезпечний клас – зниження чисельності 10-25%, час відновлення 1-3 місяці; мало небезпечний клас – зниження чисельності <10, час відновлення < 1 місяця [7].

Світова і вітчизняна практика інтенсивного землеробства впевнено переконує, що добрива — це матеріальна основа кількості і якості рослинницької продукції, джерело біогенних елементів для рослин.

Відомо, що застосування добрив та інших засобів хімізації — це досить активний вплив на природне середовище. Наявність різних токсичних домішок в мінеральних добривах, незадовільна їх якість, а також можливі порушення технології їх використання можуть призвести до серйозних негативних наслідків.

Державні випробування та реєстрацію пестицидів і агрохімікатів проводять в цілях мінімізації шкідливого впливу пестицидів і агрохімікатів, гарантування високої біологічної ефективності цільового використання, безпечність для здоров'я людини та навколишнього природного середовища за умови дотримання регламентів їхнього застосування й відповідності державним стандартам, санітарним нормам та іншим нормативним документам [8, 9].

Ця процедура, здійснюється центральним органом виконавчої влади, що здійснює державну політику у сфері охорони навколишнього природного середовища, на платній основі в порядку та розмірах, встановлених Кабінетом Міністрів України, на підставі позитивних результатів випробувань та матеріалів досліджень. Основними законодавчими та нормативно-правовими документами, що регулюють правові відносини, пов'язані з державною реєстрацією, обігом та безпечним для здоров'я людини і навколишнього природного середовища застосуванням пестицидів і агрохімікатів в Україні є:

- Закон України «Про пестициди і агрохімікати»;

- Порядок проведення державних випробувань, державної реєстрації та перереєстрації пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні, затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 04.03.1996 № 295;

- Порядок проведення еколого-експертної оцінки матеріалів, поданих для реєстрації пестицидів і агрохімікатів, затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 18.04.2018 № 312;

- Порядок уповноваження підприємств, установ, організацій на проведення державних випробувань з метою біологічної, екологічної та токсиколого-гігієнічної оцінки для цілей державної реєстрації пестицидів і агрохімікатів, затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 08.09.2023 № 966;

- Наказ Мінприроди від 20.11.2008 №595, зареєстрований в Міністерстві юстиції України 08.12.2008 за № 1164/15855 «Про затвердження Розміру плати за проведення експертизи, державної реєстрації та перереєстрації пестицидів і агрохімікатів»;

- Державні санітарні правила «Транспортування, зберігання та застосування пестицидів у народному господарстві» ДСанПіН 8.8.1.2.001-98.

- Положення про Міністерство економіки, довкілля та сільського господарства України, затверджене постановою Кабінету Міністрів України від 21.07.2025 № 903.

Державні випробування та реєстрація пестицидів та агрохімікатів проводиться для мінімізації шкідливого впливу пестицидів і агрохімікатів та досягнення вимог щодо високої біологічної ефективності щодо прямого використання, безпечності для здоров'я людини та навколишнього природного середовища за умови дотримання регламентів їх застосування та відповідності державним стандартам, санітарним нормам та іншим нормативним документам.

Метою державного випробування є формування з біологічної, токсиколого-гігієнічної та екологічної оцінки і розробка регламентів їх застосування:

- препарати з новою діючою речовиною проходять державні випробування протягом двох повних вегетаційних періодів;

- в тому разі, коли препарат містить діючу речовину, яка входить до складу вже зареєстрованого препарату того ж призначення і для тієї ж групи культур, термін державних випробувань зменшується до одного повного вегетаційного періоду;

- препарати які використовуються для закритого ґрунту, боротьби з мишовидними гризунами і побутовими комахами та фумігації складських приміщень і запасів зерна, проводяться терміном до одного року [2]. Випробування препаратів проводять протягом двох повних вегетаційних періодів. На підставі дослідів і спостережень науково-дослідні установи, підприємства й організації дають токсиколого-гігієнічну оцінку препарату та умовам застосування, розробляють потрібні гігієнічні нормативи й регламенти: під час польових випробувань — тимчасові, виробничих — постійні. А також розробляють максимально допустимі рівні (МДР) у кормах; гранично допустимі рівні (ГДР) або орієнтовно допустимі (ОДР) у воді водоймищ рибогосподарського призначення; ГДР у кормах для бджіл. При цьому група експертів з методики визначення залишкової кількості препаратів та метаболітів апробує методи визначення залишкових кількостей препаратів, їхніх токсичних метаболітів у ґрунті, воді, повітрі, рослинах, кормах, продуктах харчування й подає їх для затвердження.

Ввезення на митну територію України (крім дослідних партій, які використовують для державних випробувань та наукових досліджень), виробництво (крім виробництва для експорту та виробництва дослідних партій, які використовують для державних випробувань, науково-технічних досліджень

і випробувань), торгівля, застосування та рекламування пестицидів і агрохімікатів без державної реєстрації — заборонені.

Реєстрація пестицидів і агрохімікатів вітчизняного та іноземного виробництва здійснюється на підставі позитивних результатів випробувань і матеріалів досліджень, для яких розроблено регламенти застосування, та постійних і розрахункових гігієнічних нормативів і методів контролю за їхнім дотриманням. Обов'язковою умовою державної реєстрації препаратів є наявність відповідної документації, що підтверджує безпечність їхнього застосування, а також позитивного висновку державної санітарно-епідеміологічної експертизи, методик визначення залишкових кількостей пестицидів і агрохімікатів у сільськогосподарській продукції, кормах, харчових продуктах, ґрунті, воді, повітрі [10].

Результати експертизи та реєстраційні документи розглядають незалежні експерти науково-експертної ради, утвореної при Мінприроди, після чого вони розробляють пропозиції та рекомендації про можливість проведення державної реєстрації препарату.

Мінекономіки приймає рішення про державну реєстрацію препарату з урахуванням результатів експертизи реєстраційних документів та рекомендацій науково-експертної ради, після чого заявникові видається рахунок на сплату реєстраційного внеску.

Мінекономіки протягом п'яти робочих днів з дня надходження оплаченого реєстраційного внеску затверджує етикетку препарату та вносить до Державного реєстру пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні, відомості про пестициди і агрохімікати, щодо яких прийнято рішення про державну реєстрацію.

Держателем Державного реєстру є центральний орган виконавчої влади, що забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері охорони

навколишнього природного середовища, який забезпечує відкритий і безоплатний доступ до нього на своєму офіційному веб-сайті [11].

Рішення про державну реєстрацію препарату набуває чинності з моменту видачі реєстраційного посвідчення та втрачає чинність у кінці року (31 грудня), визначеного терміном реєстрації. Пестициди і агрохімікати реєструються на строк до десяти років.

Забороняється використовувати протягом десяти років з дати державної реєстрації препарату (незалежно від строку чинності будь-якого патенту, який має відношення до препарату) інформацію щодо його безпечного застосування для подання заявки на державну реєстрацію іншого препарату, крім випадків, коли право посилатися або інакше використовувати таку інформацію одержано в установленому законодавством порядку від особи чи організації, що подала інформацію, або інформація підготовлена заявником чи для заявника.

Для державної реєстрації препаратів заявник подає Мінекономіки такі документи (далі – реєстраційні документи):

- заявку на державну реєстрацію препарату українською мовою за формою, затвердженою Мінекономіки, у двох примірниках;
- матеріали (досьє) на діючу речовину і препаративну форму, на підставі яких складається заявка на реєстрацію препарату, що комплектуються за розділами і пунктами заявки, українською або англійською мовами у двох примірниках;
- довідку про сталість складу препарату;
- звіт про результати державних випробувань препарату у двох примірниках, для азотних добрив, які містять діючу речовину, яка входить до складу вже зареєстрованого препарату того ж призначення і для тієї ж групи культур, - рецензійний звіт у двох примірниках;
- методичні вказівки щодо визначення вмісту залишкових кількостей пестицидів у сільськогосподарській продукції, кормах, харчових продуктах,

грунті, воді, повітрі та методики визначення відповідності пестицидів і агрохімікатів сертифікатам якості у двох примірниках

- проект етикетки із зазначенням інформації, передбаченої частиною другою статті 10 Закону України «Про пестициди і агрохімікати»
- довіреність на представництво (у разі потреби).
- У разі реєстрації продукту бактеріального походження заявник проводить депонування штаму продукту. Пакет документів на продукт (клопотання, заявка, досьє) подається разом із свідоцтвом про депонування штаму та паспортом штаму мікроорганізму [12].

Заявник також має додати опис тари, якщо цей препарат буде використовуватися для роздрібного продажу населенню.

Після прийняття на розгляд реєстраційних документів заявникові протягом 10 днів видається для оплати рахунок за проведення експертизи препарату. Термін розгляду реєстраційних документів від оплати рахунку до прийняття рішення про його державну реєстрацію не повинен перевищувати 90 днів.

Про негативний результат експертизи реєстраційних документів Мінекономіки протягом десяти робочих днів інформує заявника у письмовій формі з обґрунтуванням підстав.

Відмовою у реєстрації (перереєстрації) препарату може бути: негативний висновок державної санітарно-епідеміологічної експертизи; невідповідність поданих документів встановленим вимогам; одержання раніше невідомих даних про небезпечність препарату або недостатню біологічну ефективність його цільового призначення; негативний висновок державної екологічної експертизи; неповідомлення про внесення змін до складу препарату.

Рішення про державну реєстрацію препарату набуває чинності з моменту видачі реєстраційного посвідчення та втрачає чинність в кінці року (31 грудня), визначеного терміном реєстрації. Максимальний термін державної реєстрації пестицидів і агрохімікатів складає 10 років. Термін дії державної реєстрації

препарату може бути меншим, що спрямовує за собою зменшення суми реєстраційного внеску [13].

Після сплати реєстраційного внеску протягом 10 днів затверджується зразок етикетки, препарат заноситься до Державного реєстру пестицидів і агрохімікатів (далі - Державний реєстр препаратів), а заявникові видається реєстраційне посвідчення про державну реєстрацію препарату за формою, встановленою Мінекономіки.

Підставою для прийняття рішення про скасування або зупинення державної реєстрації є:

- одержання раніше невідомих даних про небезпечність препарату або недостатню біологічну ефективність його цільового призначення;

- ненадання протягом дії експериментальної реєстрації даних, необхідних для постійної реєстрації;

- неповідомлення про внесення змін до складу препарату та нові дані щодо його небезпечності відповідно до законодавства, крім внесення змін, що не впливають на біологічну ефективність, токсикологічні та екотоксикологічні властивості препарату. Рішення про скасування або зупинення державної реєстрації може бути оскаржене в установленому порядку. Мінприроди повідомляє в десятиденний строк про скасування або зупинення державної реєстрації препарату відповідні центральні органи виконавчої влади.

Перереєстрації підлягають раніше зареєстровані препарати з постійною реєстрацією, не підлягають перереєстрації препарати з експериментальною реєстрацією. Для перереєстрації препаратів до Мінекономіки подається заявка в двох примірниках та нові матеріали, які не ввійшли до раніше поданих реєстраційних документів. Перереєстрація здійснюється в порядку, передбаченому для державної реєстрації препаратів.

Перереєстрації не підлягають препарати, щодо яких в Україні або за її межами одержані нові, раніше невідомі дані про їх небезпечність або недостатню

біологічну ефективність цільового призначення. Заявник препарату зобов'язаний інформувати Мінприроди про всі зміни в складі препарату та появу нових даних про його небезпечність. У разі втрати або пошкодження посвідчення про державну реєстрацію препарату видача дубліката посвідчення про його реєстрацію здійснюється на підставі письмового звернення заявника.

У разі зміни складу і вмісту інгредієнтів препаративної форми, які за висновками експертизи не впливають на біологічну активність препарату, токсичність, фізико-хімічні властивості та сталість під час зберігання, Мінприроди може визнати ці зміни допустимими і препарат перереєстровується без додаткових випробувань. Якщо виникне потреба в уточненні зареєстрованих норм витрат, Мінприроди має право провести арбітражні дослідження. Фінансування цих досліджень провадиться за рахунок заявника або державного бюджету. Інформація про державні випробування, державну реєстрацію та перереєстрацію препаратів використовується відповідно до чинного законодавства [8-10].

1.2. Екологічні ризики при використанні препаратів в агроєкосистемах

За даними офіційної статистики Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (ФАО) та звітів Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), щорічно на сільськогосподарські угіддя світу вносять близько 400 млн т мінеральних добрив, понад 2 млн т хімічних засобів боротьби зі шкідливими організмами [14].

Циркуляція токсичних речовин, що надходять із засобами хімізації у ґрунт, воду, атмосферу, трофічні ланцюги призводить до забруднення біосфери та погіршення її якості. Надмірне використання мінеральних добрив, пестицидів та інших хімічних препаратів разом з промисловим забрудненням ще більше ускладнює екологічну ситуацію в Україні, знижує відтворювальну здатність

біосфери та екологічну стійкість агроландшафтів. Дослідження ступеня забруднення сільгоспугідь та продукції сільського господарства органічними поллютантами, пестицидами, важкими металами, визначення джерел забруднення, прогноз їх небезпеки, діяльність з метою попередження забруднення агроландшафтів є завданням екотоксикологічного моніторингу [15].

Можна зазначити, що за сучасних соціально-економічних умов України актуальності набула проблема застосування пестицидів в агротехнологіях та дослідження наслідків їх впливу на екосистеми і стан здоров'я людей. Пестициди – це токсичні речовини, їх сполуки або суміші речовин хімічного чи біологічного походження, призначені для боротьби з організмами, які шкодять оброблюваним сільськогосподарським культурам і (або) запасам сільськогосподарських продуктів, для зниження небажаної рослинності, збудників хвороб і переносників захворювань тварин і рослин, а також для регулювання розвитку організмів. Значення пестицидів як забруднювачів навколишнього середовища, визначається їх поведінкою на полях, що оброблюються і прилеглій території, де відбувається міграція в інші ланки агроєкосистем, викликаючи порушення харчових ланцюгів організмів [16,17, 18]. Різні системи оцінювання екологічної небезпеки пестицидів базуються на санітарно-гігієнічних і токсикологічних показниках пестицидів: здатність зберігати свої властивості в ґрунті і воді, здатність мігрувати ґрунтовим профілем, накопичення в сільськогосподарській продукції, вплив на біоту. З точки зору агротехнологій оцінка небезпеки впливу пестицидів на стан здоров'я людини і навколишнє середовище повинна враховувати також норму витрати препарату.

Відомо, що використання пестицидів обумовлено необхідністю збереження врожаю сільськогосподарських культур, тому їх вносять в агроценози, і таким чином пестициди безперервно циркулюють в навколишньому середовищі. Циркуляція пестицидів обумовлена їх фізико-хімічними властивостями і умовами середовища, в яке вони потрапляють.

Небезпеку несуть не тільки діючі речовини препаратів, але і продукти їх метаболізму. При багаторазовому внесенні стійких пестицидів ґрунт може стати джерелом забруднення продукції рослинництва. Тому застосування пестицидів на думку Васильєва В.П., Кавецького В.М., Бублик Л.І. слід розглядати як один із засобів управління якістю агроєкосистеми, основується на порівнянні пестицидного навантаження із здатністю території до самоочищення [19]. При цьому слід попередньо оцінювати рівень потенційної небезпеки запланованої системи заходів боротьби із шкідливими організмами для людини і оточуючого середовища. З метою збереження сприятливої екологічної ситуації, необхідно нормувати кількість і перелік пестицидів на рівні, що відповідає інтенсивності процесів самоочищення сільськогосподарських ландшафтів. Використовуючи модель оцінки екотоксикологічного ризику (розроблену на основі розрахунку агроєкотоксикологічного індексу), здійснюються аналіз сучасних систем захисту посівів та пошук шляхів зниження пестицидного навантаження на агроценози зернових та інших сільськогосподарських культур [20].

Екологічні ризики в агроєкосистемах, за твердженням, Тетяни Красільнікової, пов'язані із внесенням пестицидів, засобів захисту рослин, системою обробітку ґрунту. Під екологічним ризиком розуміють імовірність настання події, що має несприятливі наслідки для природного середовища. Для пестицидів це поняття можна трактувати як імовірність прояву їх екологічної небезпеки (насамперед токсичності) в реальних умовах навколишнього середовища і регламенту застосування. Екологічний ризик пестициду, за В.С. Горбатовим та Ю.М. Матвєєвим, це – імовірність прояву його екологічної небезпеки в реальних умовах навколишнього середовища і регламенту застосування конкретного пестицидного препарату [21]. Для його оцінки необхідне знання не тільки токсичності пестициду для нецільових видів організмів, але і його концентрацій у природних середовищах, де ці організми живуть.

Існує твердження, що є два підходи оцінки екологічного ризику пестицидів: імовірнісний, який повністю відповідає класичному визначенню поняття ризику, і детермінований [8]. Імовірнісний підхід дозволяє врахувати варіабельність розподілу пестициду в навколишньому середовищі і невизначеності, пов'язані з обмеженою кількістю випробуваних видів організмів. Для оцінки імовірнісного ризику використовуються розподіл екологічних показників (наприклад, концентрацій пестициду у воді і його токсичності для гідробіонтів або концентрацій пестициду в ґрунті і його токсичності для черв'яків), які охоплюють весь їх можливий діапазон. Результатом оцінки такого ризику є розрахована ймовірність настання несприятливої події при застосуванні пестициду, наприклад, загибелі або пригнічення розвитку водних організмів. Істотний недолік оцінки імовірнісного ризику – великий обсяг необхідних експериментальних даних, що обмежує застосування даного підходу в практиці регулювання обігу пестицидів. Однак за останній час методологія оцінки імовірнісного ризику пестицидів поступово вдосконалюється, в цьому напрямку розроблено проект Європейського Союзу EUFRAM [22].

Відомо, що оцінка детермінованого екологічного ризику пестицидів значно простіше, так як використовує фіксовані значення токсичності і концентрацій пестицидів в природних об'єктах. Такий підхід рекомендований Європейським Союзом для оцінки ризику пестицидів для гідробіонтів, наземних організмів, птахів і ссавців.

Пестициди впливають на навколишнє середовище і екосистеми, призводячи до скорочення біорізноманіття, особливо внаслідок знищення бур'янів і комах, які є важливими елементами харчового ланцюгу. Крім того, пестициди мають негативний вплив на здоров'я людини, як в результаті прямої дії так і опосередковано внаслідок накопичення залишкових кількостей в сільськогосподарських продуктах і питній воді. Окрім цільового призначення, пестициди чинять також негативний вплив на біосферу, масштаб якого

порівнюють з глобальними екологічними чинниками. На національному і міжнародному рівнях вивчаються методи, які дозволяють скорочувати потребу у пестицидах, наприклад органічне землеробство, біологічні методи захисту рослин.

Застосування препаратів може призводити до таких негативних наслідків:

- О зменшення біологічної продуктивності;
- порушення функціонування ґрунтових мікробіоценозів;
- накопичення залишків пестицидів і їх похідних у поверхневих водних джерелах та ґрунтових водах;
- перешкоджанню відновлення родючості;
- зменшення харчової цінності сільськогосподарської продукції [23, 24].

Інтенсивність шкідливого впливу залежить від технології застосування препаратів, способів обробки ґрунту або рослин. В ґрунті відбувається ряд процесів, що зменшують вміст у ньому агрохімікатів. Це біохімічне руйнування препаратів, перехід у рослину, випаровування в атмосферу, винос поверхневим і внутрішньо ґрунтовим стоком, фотохімічне руйнування, поглинання і трансформація ґрунтовими організмами. Сукупність цих процесів визначає стабільність агрохімікатів у ґрунті. Пестициди адсорбуються частинками ґрунту та гумусу, накопичуються в ґрунтових організмах, руйнуються хімічним чи біологічним шляхом, просочуються до рівня ґрунтових вод.

Висока стійкість препаратів до розпаду є важливою передумовою їхньої міграції за профілем ґрунту, а також у суміжні середовища (рослини, повітря, воду), що становить небезпеку для природних біогеоценозів і, відповідно, існування людини. Можна дійти до висновку, що екологічно важливо оцінити сучасний стан забруднення ґрунту залишками препарату. Препарати, що потрапили на поверхню ґрунту, можуть вимиватися в більш глибокі горизонти й ґрунтові води, надходити у водойми з поверхневим стоком, у друге з'являтися на

поверхні ґрунту при капілярному піднятті ґрунтових вод або при оранці з оберненням пласту, переходити в атмосферне повітря в результаті випаровування або з пилом при вітровій ерозії ґрунту, через рослини мігрувати в організм тварин і людини [25, 26].

Тож підсумувавши, можна сказати, що з метою захисту компонентів агроєкосистем від негативного впливу препаратів необхідно чітко дотримуватися рекомендацій щодо їх застосування, запроваджувати інтегровані системи захисту рослин, біологічні методи захисту сільськогосподарських культур, стимулювати розробку нових екологічно нешкідливих пестицидів нового покоління.

1.3. Вплив препаратів на здоров'я людини

Будучи біологічно високоактивними сполуками, що свідомо вносяться в навколишнє природне середовище і циркулюють в ньому, пестициди можуть становити реальну небезпеку для здоров'я людини та середовища її існування. Саме тому з медичної точки зору пестициди в світі оцінюються і регламентуються найбільш жорстко [27]. Здатність препаратів до циркуляції в об'єктах навколишнього середовища (вода, ґрунт) і їх наявність в сільськогосподарській продукції обумовлюють можливість їх постійного й несприятливого впливу на живий організм. До того ж, багато діючих речовин пестицидів, передусім хлорорганічних сполук, володіють здатністю до матеріальної, біологічної кумуляції – накопиченню в біосередовищах людини: в крові, грудному материнському молоці [27, 28, 29].

За даними 2000 року до продуктів, в яких залишкова кількість пестицидів групи ДДТ перевищувала максимально допустимий рівень, можна віднести: ковбасні вироби, яловичину, яблука, цукор, масло селянське (72,5%), тварог жирний, молоко сухе (25%), абрикос, морква товарно-зріла, молоко і молочні продукти, ячмінь. Крім того, в цих же продуктах (за винятком моркви, ячменю, молока і молочних продуктів) спостерігалось перевищення ізомерів ГХЦГ [30].

Непоодинокі випадки виявлення ХОП у питній і мінеральній воді, поверхневих водах, лікувальних грязях курортів у кількостях, що перевищують ГДК [31, 32]. Експозиція людини стійкими ХОП повсякчасна завдяки забрудненню повітря, ґрунтового пилу, питної води та харчового раціону. Пестициди в організм людини в 95% випадків надходять з продуктами харчування, в 4,7% - з водою, 0,3% - з атмосферним повітрям і зовсім незначна кількість – через шкіру [33]. Допустима добова доза ДДТ та його похідних 0,005 (для дітей 0,0025), ГХЦГ – 0,01 (для дітей 0,005), ГХБ – 0,0006мг/кг маси тіла на добу [34]. ДДТ є високотоксичним, ЛД₅₀ для щурів при оральному введенні 250...400 мг/кг

Слід підкреслити, що ці ксенобіотики відносяться до стійких ліпофільних сполук, здатних до біоконцентрування по трофічному ланцюгу, кінцевою ланкою якого є людина, долати плацентарний бар'єр та виділятися з грудним молоком. Вміст ДДТ та ДДЕ в молоці жінок з Великобританії, Греції, Данії, Канаді, Швеції знаходиться в межах 0,24...28,5 мг/кг жиру. Тому до групи підвищеного ризику відносять дітей, в організм яких потрапляння ХОП може відбуватися як пренатальний, так і постнатальний період розвитку. Встановлено, що ДДТ і інші хлор місткі вуглеводні дуже негативно впливають на нервову та ендокринну систему, репродуктивну функцію, можуть ускладнювати перебіг основних захворювань, негативно впливати на імунну, серцево-судинну системи, володіють цитогенетичною активністю, викликають мутації в організмі тварин і людей. За даними ЕРА (США), ВООЗ їх відносять до вірогідних канцерогенів для людини [35]. Метаболіти ДДЕ, ДДД як і ДДТ ліпофільні, здатні накопичуватися у всіх трофічних ланцюгах, причому ДДЕ в більшій мірі, ніж ДДТ [36]. Вміст ДДТ і ДДЕ в жировій тканині людини знаходиться в прямій залежності від вмісту їх в щоденній дієті. При зменшенні вмісту ДДТ в їжі він поступово виводиться із організму і вміст його протягом трьох років падає практично до нуля. В організмі ссавців метаболізм ДДТ в більшості випадків протікає до ДДЕ і подальший процес відбувається дуже повільно. Із організму теплокровних при відсутності

надходження ДДТ він поступово виводиться і вміст його в жирі людини і тварин різко зменшується. Найбільш інтенсивно виведення ДДТ відбувається в перші два роки, проте малі кількості ДДТ і ДДЕ в організмі людини можуть зберігатися до 10 років. Із організму корів навіть дуже великі кількості ДДТ (порядку 300мг на 1 кг жиру) виводяться протягом 1–1,5 років [37].

Ізомери ГХЦГ викликають в організмі різні реакції. Так δ -ізомер спричиняє алергічні захворювання, β -ізомер призводить до некрозу клітин печінки та хронічних отруєнь, Ліндан є причиною гострих отруєнь. Гексахлорциклогексан здатний швидко проникати у кров, та тривалий час циркулювати в організмі. Слід відмітити, що накопичення ГХЦГ в продуктах тваринництва та в організмі людини дещо нижче ніж ДДТ [38]. Із усіх хлорорганічних інсектицидів в найменших кількостях у рослинах накопичується γ -ізомер циклогексану - Ліндан, який швидко розкладається у ґрунті, у воді та у повітрі, а також у різних живих організмах. Проте β -ізомер гексахлорциклогексану досить стабільний в оточуючому середовищі і навіть може накопичуватись в жировій тканині людини і тварини [39, 40].

1.4 Використання біологічних тестів для оцінки препаратів

Спостереження за станом біотичної компоненти біосфери, її реакцією на антропогенні впливи, відхилення від нормального, природного стану на різних рівнях (молекулярному, клітинному, організменному, популяційному й біоценологічному) називають біологічним моніторингом. Біологічний моніторинг пов'язаний з двома основними напрямками – біоіндикацією та біотестуванням [41].

Біотестування - використання організмів або угруповань організмів, чий вміст певних елементів або сполук, а також морфологічна, гістологічна або клітинна структура, метаболічні й біохімічні процеси, поведінка та популяційна

організація дають інформацію щодо кількісної оцінки якості навколишнього середовища або змін цього середовища.

Тест-об'єкт - організм або угруповання організмів, за ступенем впливу на які судять про якість (наприклад, токсичність) середовища.

Тест-реакція - фізіологічний або поведінковий відгук організму на зміну якості середовища.

Типові тест-об'єкти й тест-реакції, що використовуються під час біотестування, наведено в табл. 1.1.

Перевагами методів біотестування є висока чутливість, швидкодія, надійність, економічність, можливість створення автоматизованих систем збирання та обробки інформації.

До недоліків можна віднести відсутність кількісної оцінки всіх токсичних речовин, присутніх у середовищі, та можливої взаємодії окремих компонентів токсичних сполук, що містяться в суміші.

Якщо організми використовуються в природних умовах, методи біоіндикації або біотестування називають пасивними, якщо в лабораторних - активними.

Таблиця 1.1 - Типові тест-об'єкти і тест-реакції, що використовуються під час біотестування [42]

Тест-об'єкт	Тест-реакція
Бактерії <i>Baciillus cereus</i> <i>Beneckea harveyi</i>	Інтенсивність розмноження, біолюмінесценція, активність окислювальних ферментів, проникність мембрани, механічна міцність
Гриби й актиноміцети <i>Aspergillus niger</i> <i>Streptomyces otivaceus</i>	Реакція росту
Водорості <i>Scenedesmus quadricuada</i> <i>Sc.acuminates</i> <i>Chlorella vulgaris</i>	Інтенсивність розмноження, рухлива активність, іммобілізація клітин, біоелектричні реакції, фотосинтетична активність клітин, імпеданс суспензії,

Euglena gracilis Dunaliella salina D. viridis Nitella flexilis Phaedactylum tricornutum Cladophora Fracta	проникність мембрани, активний транспорт
Найпростіші Tetrahymena pyroformus Spirostomum ambiguum Euplotes sp.	Інтенсивність розмноження, рухлива активність, морфологічні зміни тіла, інтенсивність дихання, активний транспорт
Безхребетні Daphnia magna Hydra attenuate Hirudo medicinales Unio tumidus Eulimnogammarus verecus Myzuchopecten yessoensis	Виживання, інтенсивність дихання та серцебиття, поведінкова реакція
Риби Perca fluviatilis Phoxinus phoxinus Cyprinus carpio	Поведінкова реакція, рухлива активність, інтенсивність дихання та серцебиття, зміна пігментації шкіри

Висновки до розділу огляд літератури

Таким чином, для оцінки негативного впливу хімічних речовин на ґрунт сучасний рівень досліджень передбачає широке застосування методів біотестування, тобто використання відповідної реакції організму на вплив факторів середовища. Цей підхід до оцінки екологічного стану ґрунту базується на тому, що реалізація процесів, які відбуваються в організмі, зумовлена специфікою як організму, так і навколишнього середовища. Організм залежить від середовища перед усім через характер його ресурсів і факторів, які впливають на метаболізм. В свою чергу, про стан середовища можна судити за кількістю або інтенсивністю розвитку різних видів, популяцій і цілих угруповань певних організмів.

РОЗДІЛ 2 УМОВИ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Умови проведення дослідження

Об'єкт дослідження біопрепарат МІКОРИЗА Seeds, п. (препаративна форма: порошок) (табл.2.1).

Таблиця 2.1 - Склад препарату

Назва	Кількість
Діючий чинник	
<i>Glomus sp.</i> еко/104	2×10^8 КУО/г
<i>Trichoderma viride</i> еко/103	2×10^8 КУО/г
Допоміжні речовини	
Графіт	70 %
Рослинний субстрат	30 %

Для проведення дослідження як тест-систему використовували дорослих дощових черв'яків *Eisenia foetida* віком 2 місяці, які мали виражену пояскову зону (клітелум).

Черви вирощені в лабораторних умовах в стаціонарному вермикомпостері. Джерело харчування – органічна речовина.

За 24 години до початку дослідження дослідна партія дощових черв'яків *Eisenia foetida* була вилучена з вермикомпостера і поміщена в умови зволоженого штучного субстрату з метою акліматизації перед закладанням досліду.

Маса окремих особин з дослідної партії дощових черв'яків *Eisenia foetida* перед початком дослідження становила від 454 до 539 мг, наприкінці дослідження (на 14 добу) – від 328 до 409 мг.

Для проведення дослідження використовували статичну систему: дослідні концентрації препарату МІКОРИЗА Seeds, п. у штучному субстраті готували у скляних ємностях об'ємом 1 л з перфорованими кришками; в кожній ємності з

дослідною концентрацією утримували по 10 черв'їв; вплив кожної концентрації досліджували в 4 повторностях.

Температура навколишнього середовища при проведенні дослідження коливалася в межах 20,2 – 21,3°C. Підтримувалось постійне освітлення на рівні 574 Люкс.

2.2. Методика проведення дослідження.

Для проведення дослідження середовищем утримання дощових черв'їв *Eisenia foetida* слугував штучний субстрат наступного складу:

- 10% – сфагновий торф (рН 5,7);
- 20% – каолінова глина;
- 70% – пісок промисловий.

рН штучного субстрату становив 6,5, вологість субстрату на початку дослідження – 34%, наприкінці дослідження – 32% [7, 43].

Для проведення дослідження використовували сірий лісовий ґрунт, відібраний на глибині 0-20 см в Брусилівському районі Житомирської області, на землях сільськогосподарського призначення (рілля), де не проводилися внесення добрив та/або агрохімікатів, з цільовим призначенням – для дослідних та навчальних цілей. Вміст піска в ґрунті – 64,3 %; рН водної витяжки – 5,6; вміст органічного вуглецю – 1,5 %.

Відібрані зразки ґрунту були поміщені в пластикові ємності, промарковані та одразу доставлені до лабораторії Інституту Агробіології. Перед проведенням дослідження зразки ґрунту вручну очищували від крупної домішки та просівали через сито 2 мм. Вологість ґрунту доводили до 40 % від максимальної вологоємності шляхом додавання дистильованої води.

Для проведення дослідження впливу препарату МІКОРИЗА Seeds, п. на цикл вуглецю та азоту у ґрунт, відібраний згідно п. 5.2 і поміщений в окремі пластикові ємності, було внесено 2 дослідні концентрації препарату МІКОРИЗА Seeds, п., які дорівнювали максимальній нормі внесення препарату (0,2 кг/п.о.) та

десятикратній максимальній нормі внесення (2 кг/п.о.). Кожну концентрацію препарату та контроль (зразок ґрунту, зволожений дистильованою водою) досліджували у 3-х повторностях (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 - Діапазон концентрацій препарату МІКОРИЗА Seeds, п. для визначення впливу на цикл вуглецю та азоту ґрунтових мікроорганізмів

Номер варіанту	Дослідна концентрація, кг/п.о.	Дослідна концентрація, мкг/кг ґрунту	Кількість повторностей
1001-2/25/14.2/216-217/К	0,0	0,00	3
1001-2/25/14.2/216-217/1	0,2	78,43	3
1001-2/25/14.2/216-217/2	2,0	784,31	3

Розчин дослідної концентрації препарату МІКОРИЗА Seeds, п. змішували з ґрунтом в дослідній ємності так, що загальна маса ґрунту, який містить дослідну концентрацію препарату МІКОРИЗА Seeds, п., становила 250 г. Ємності накривали перфорованою плівкою. Внесення препарату відбувалося в темряві при кімнатній температурі 22,0 °С. Протягом всього дослідження (28 днів) вологість ґрунту підтримували на рівні 40 % від максимальної вологості шляхом періодичного додавання дистильованої води.

Інтенсивність емісії діоксиду вуглецю визначали методом глюкозо-індукованого дихання на 0, 7, 14 та 28 день дослідження. Визначення проводили в трикратній повторності. З дослідних ємностей відбирали проби ґрунту масою 20 г кожна. Після відбору необхідної кількості проб ґрунт у дослідній ємності обережно пермішували для забезпечення гомогенності. Зразки ґрунту змішували з достатньою кількістю глюкози для провокування максимального відгуку дихальної активності (4 г глюкози на 1 кг сухого ґрунту). Глюкозу вносили у

грунт у формі суміші порошка глюкози з кварцевим піском (10 г піска на 1 кг сухого ґрунту).

Зразки ґрунту, збагачені глюкозою, інкубували за температури 22 °С у скляних флаконах об'ємом 50 мл, які, в свою чергу, поміщали в скляні бутлі об'ємом 250 мл, що містили по 20 мл 0,1 н гідроксиду натрію. В контрольному варіанті скляний флакон, наповнений 50 мл дистильованої води, поміщали в скляний бутиль з 20 мл 0,1 н гідроксиду натрію. Бутлі герметично закривали за допомогою притертих кришок і залишали за кімнатної температури на 12 годин.

Через 12 годин 0,1 н гідроксид натрію, який містився у скляних бутлях, відтитровували 0,1 н соляною кислотою з додаванням індикатора 1% спиртового розчину фенолфталеїну у кількості 50 мкл. Титрування здійснювали до знебарвлення розчину.

Інтенсивність емісії діоксиду вуглецю (D , мг $\text{CO}_2 \cdot \text{кг}^{-1}$ ґрунту $\cdot$ день $^{-1}$) визначали за формулою:

$$D = \frac{(a-b) \cdot 2,2}{S \cdot T} \quad (\text{рівняння 2.1})$$

де a – об'єм 0,1 н соляної кислоти, витрачений на титрування контрольного варіанту, мл;

b – об'єм 0,1 н соляної кислоти, витрачений на титрування дослідного варіанту, мл;

S – площа скляного бутля, дм^2 ;

T – час ексоциції, год;

2,2 – кількість діоксиду вуглецю, яка поглинається 1 мл 0,1 н розчину гідроксиду натрію, мг.

Схема та умови проведення досліджень на культурі кукурудза

Період проведення досліду: квітень 2025 – жовтень 2025 р.

Місце проведення досліду: дослідний полігон ТОВ «Інститут Агробіології», с. Високе, Брусилівський район, Житомирська область.

Ґрунтово-кліматична зона: Полісся України.

Ґрунт (тип, механічний склад, вміст гумусу (%), рН та ін.): дерново-підзолистий супіщаний ґрунт; вміст гумусу – 1,49%; тип сільськогосподарських угідь – рілля. Глибина гумусового горизонту – 20-22 см. Гранулометричний склад ґрунту: фізична глина – 10-20%, мул – 7%. Щільність ґрунту – 1,51 г/см³. Максимально можливий запас продуктивної вологи в 0-100 см – 175 мм. Гідролітична кислотність ґрунту становить 1,55 мг-екв/100 г. Показники рН: сольовий – 5,8. Сума увібраних основ (Ca+Mg) – 1,6 мг-екв (100 г).

Досліджувані культури: кукурудза гібриду Керберос (ФАО 310). Високоврожайний напівремонтантний гібрид кукурудзи зернового напрямку, відноситься до середньостиглої групи. Найбільше підходить для використання інтенсивної технології вирощування, однак демонструє хорошу продуктивність і при екстенсивних технологіях. Гібрид належить до лінійки високорослих гібридів. Висота стебла сягає 300-310 см. Рослини формують качан на висоті 100-110 см. Зерно відзначається крупним розміром. Маса 1000 шт складає 350-360 г.

Дата посіву (посадки): 18.04.2025 р.

Норма висіву (густота посадки): 75 тис. насінин/га. Глибина посіву – 4-5 см. Ширина міжрядь – 65 см. Попередник: пшениця озима.

Таблиця 2.3 - Схема дослідів

Варіант дослідів	Норма витрати препарату	Кількість ділянок
Контроль (без обробки)	-	4
Еталон Нандо (БіоЕксперт, БіоNPK)	0,2 кг/100 кг	4
Препарат МІКОРИЗА Seeds, п. (регламентована доза)	0,2 кг/п.о.	4

Умовні скорочення: п.о. – посівна одиниця.

Розмір ділянок: площа облікової ділянки – 25 м².

Розміщення ділянок: рендомізоване.

Кратність обробок: 1-кратно.

Строки обробок (внесень): 17.04.2025 р. (ВВСН 00).

Метеорологічні дані в дні проведення обробок: у день внесення досліджуваного препарату на культурі кукурудза середньодобова температура на базі дослідного полігону ТОВ «Інститут Агробіології» коливалася від +13°C (о 06:00) до +25°C (о 18:00), вологість повітря – від 50 % (о 12:00) до 70 % (о 06:00), тиск коливався в межах 738 – 744 мм рт.ст. Швидкість вітру становила 1,3 – 2,2 м/с, опадів не спостерігалось.

Обладнання: ручна передпосівна суха обробка насіння культури за допомогою малооб'ємного побутового бетонозмішувача.

Еталон: Нандо (БіоЕксперт, БіоNPK), п., діюча речовина – *Paenibacillus azotofixans* ($1 \cdot 10^8$ КУО/г), *Bacillus megaterium* (1×10^8 КУО/г), *B. mucilaginosus* (1×10^8 КУО/г), *Bacillus subtilis* (1×10^8 КУО/г), *B. licheniformis* (5×10^8 КУО/г), *B. mycoides* (1×10^8 КУО/г), *Trichoderma viride* (1×10^7 КУО/г), *Serindipita indica* ($2,5 \cdot 10^6$ КУО/г).

РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Визначення гострої токсичності для дощових черв'їв *Eisenia foetida*.

Для отримання значення 14-добової вітальної, напівлетальної та летальної концентрації препарату МІКОРИЗА Seeds, п. – LC₀, LC₅₀ та LC₁₀₀ відповідно, для дощових черв'їв *Eisenia foetida* було підготовлено 7 дослідних концентрацій препарату МІКОРИЗА Seeds, п.: 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 мг/кг сухої маси штучного субстрату, а також контроль (штучний субстрат, зволожений дистильованою водою). В основному дослідженні використовували по 40 черв'їв на кожную дослідну концентрацію (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 - Діапазон концентрацій препарату МІКОРИЗА Seeds, п. для визначення гострої токсичності для дощових черв'їв *Eisenia foetida*

Номер варіанту	Дослідна концентрація, мг/кг сухої маси штучного субстрату	Кількість черв'їв
1001-2/25/14.2/207/К	0	40
1001-2/25/14.2/207/1	125	40
1001-2/25/14.2/207/2	250	40
1001-2/25/14.2/207/3	500	40
1001-2/25/14.2/207/4	1000	40
1001-2/25/14.2/207/5	2000	40
1001-2/25/14.2/207/6	4000	40
1001-2/25/14.2/207/7	8000	40

Розчин дослідної концентрації препарату МІКОРИЗА Seeds, п. змішували зі штучним субстратом в дослідній ємності так, що загальна маса штучного субстрату, який містить дослідну концентрацію препарату МІКОРИЗА Seeds, п., становила 750 г. Дощових черв'їв *Eisenia foetida* вилучали зі штучного субстрату, де відбувалась їх акліматизація, поштучно мили та зважували, після чого поміщали на поверхню штучного субстрату в ємності з дослідними концентраціями препарату МІКОРИЗА Seeds, п.; ємності накривали перфорованою плівкою. Протягом 14 діб підтримували оптимальні умови температури та безперервного освітлення.

В ході проведення дослідження смертність дощових черв'їв *Eisenia foetida* та будь-які поведінкові аномалії фіксували на 7 та 14 добу від початку проведення дослідження. Особини черв'їв вважались загиблими, якщо не реагували на механічне подразнення переднього кінця скляною паличкою. Загиблі особини одразу вилучалися з дослідних ємностей.

Смертність дощових черв'їв *Eisenia foetida* за впливу дослідних концентрацій препарату МІКОРИЗА Seeds, п. відображена в табл. 3.2. Поведінкові аномалії черв'їв не спостерігалися.

Таблиця 3.2 - Смертність дощових черв'їв *Eisenia foetida* в ході основного дослідження гострої токсичності препарату МІКОРИЗА Seeds, п.

Номер варіанту	Дослідна концентрація, мг/кг сухої маси штучного субстрату	Час експозиції	
		7 діб	14 діб
		Смертність, %	
1001- 2/25/14.2/207/К	0	0,0	0,0
1001- 2/25/14.2/207/1	125	0,0	0,0
1001- 2/25/14.2/207/2	250	0,0	0,0
1001- 2/25/14.2/207/3	500	0,0	0,0
1001- 2/25/14.2/207/4	1000	5,0	5,0
1001- 2/25/14.2/207/5	2000	27,5	30,0
1001- 2/25/14.2/207/6	4000	47,5	50,0
1001- 2/25/14.2/207/7	8000	62,5	62,5

Крива смертності дощових черв'їв *Eisenia foetida* на 14 добу від початку проведення дослідження за впливу дослідних концентрацій препарату МІКОРИЗА Seeds, п.. відображена на рис. 3.1.

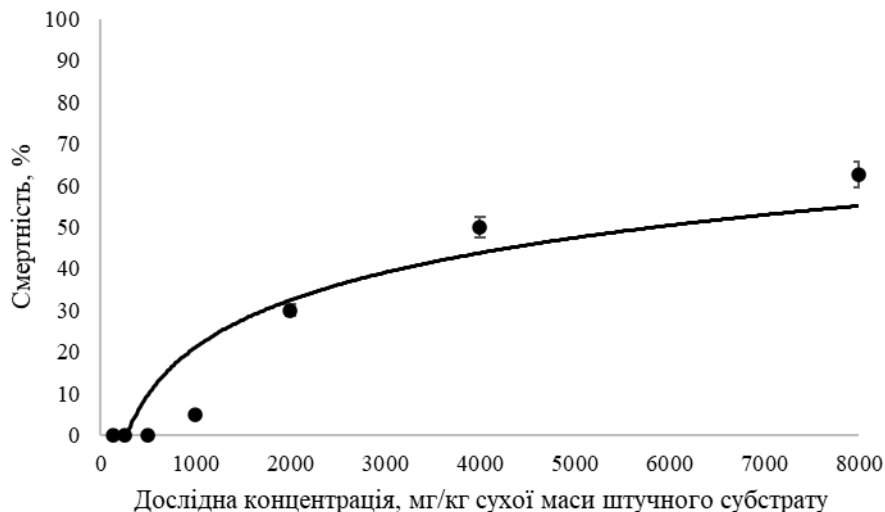


Рисунок 3.1. Крива смертності дощових черв'їв *Eisenia foetida* на 14 добу за впливу дослідних концентрацій препарату МІКОРИЗА Seeds, п.

На основі отриманих експериментальних даних було розраховано напівлетальну концентрацію препарату МІКОРИЗА Seeds, п. для дощових черв'їв *Eisenia foetida* методом пробіт-аналізу з 95% довірчим інтервалом, а також отримано вітальну та летальну концентрації досліджуваного препарату.

Смертність черв'їв була виражена в пробітах, які прямо пропорційно залежать від десяткового логарифму дослідних концентрацій препарату МІКОРИЗА Seeds, п. (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 - Смертність дощових черв'їв *Eisenia foetida*, виражена в пробітах, від десятикового логарифму дослідних концентрацій препарату МІКОРИЗА Seeds, п.

Номер варіанту	lg дослідної концентрації	Час експозиції	
		7 діб	14 діб
		Смертність, пробіт	
1001-2/25/14.2/207/К	-	-	-
1001-2/25/14.2/207/1	2,10	-	-
1001-2/25/14.2/207/2	2,40	-	-
1001-2/25/14.2/207/3	2,70	-	-
1001-2/25/14.2/207/4	3,00	3,36	3,36
1001-2/25/14.2/207/5	3,30	4,41	4,48
1001-2/25/14.2/207/6	3,60	4,94	5,00
1001-2/25/14.2/207/7	3,90	5,32	5,32

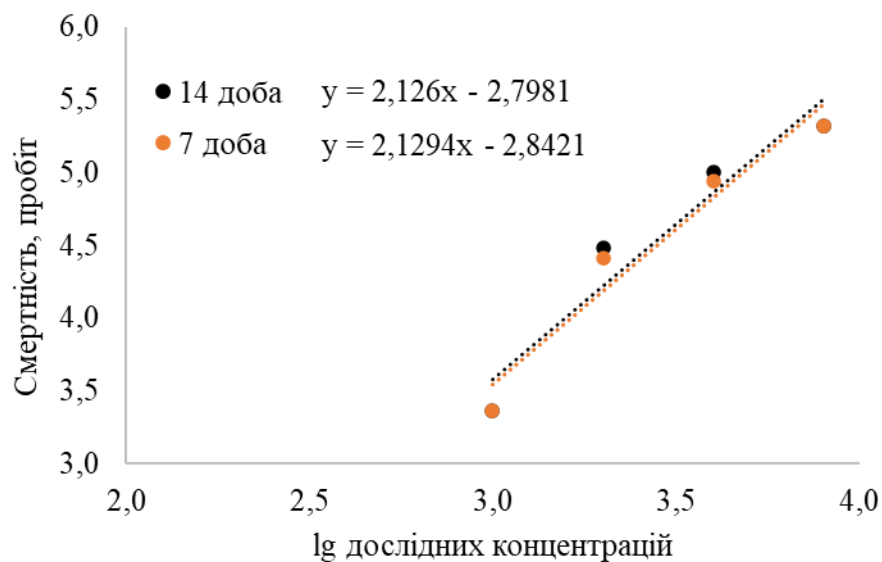


Рисунок 3.2 - Графік залежності пробіт від десяткового логарифма дослідних концентрацій препарату МІКОРИЗА Seeds, п.

На рис. 3.2 відображені залежності пробіт від десяткового логарифму дослідних концентрацій препарату МІКОРИЗА Seeds, п. на 7 та 14 добу з 95% довірчим інтервалом; вони є лінійними і описуються загальним рівнянням: $y=ax+b$. Рівняння мають коефіцієнти a і b , які описують графіки залежності пробіт від логарифму дослідних концентрацій препарату МІКОРИЗА Seeds, п. на 7 та 14 добу.

Напівлетальна концентрація досліджуваної речовини розраховується за рівнянням 3.1:

$$LC_{50} = 10^{(5-b)/a} \quad (\text{рівняння 3.1})$$

За рівнянням 1 було розраховано напівлетальні концентрації LC_{50} на 7 та 14 добу від початку проведення досліду з 95% довірчим інтервалом, вони становлять:

- на 7 добу: $LC_{50} = 4816,98$ мг/кг сухої маси штучного субстрату;
- на 14 добу: $LC_{50} = 4655,52$ мг/кг сухої маси штучного субстрату;

Отже, 14-денна напівлетальна концентрація LC_{50} препарату МІКОРИЗА Seeds, п. для дощових черв'їв *Eisenia foetida* становить $4655,52 \pm 608,74$ мг/кг сухої маси штучного субстрату. Найнижча концентрація, яка викликає загибель всіх дощових черв'їв *Eisenia foetida* (летальна концентрація) LC_{100} , є вищою від 8000 мг/кг сухої маси штучного субстрату.

3.2 Вплив препарату МІКОРИЗА Seeds, п. на цикл вуглецю ґрунтових мікроорганізмів.

Концентрацію нітратів, які утворювалися у дослідних і контрольних пробах, визначали на 0, 7, 14 та 28 день паралельно з визначенням емісії діоксиду

вуглецю. Встановлення концентрації нітратів у визначений день проводили двічі з різницею в 1 годину. З дослідних ємностей відбирали зразки ґрунту масою 2 г у трьох повторностях. Нітрати виділяли з ґрунту шляхом струшування зразків ґрунту з екстрагентом 0,1 М розчином хлориду калію у співвідношенні 5 мл розчину хлориду калію на 1 г сухої маси ґрунту. Суміш струшували в шейкері протягом 60 хвилин на швидкості 150 об./хв. Після струшування суміш фільтрували, рідку фазу аналізували на вміст нітратів за допомогою нітратоміра.

Швидкість утворення нітратів у ґрунті (V_{NO_3} , $\text{мг NO}_3^- \cdot \text{кг}^{-1} \text{ ґрунту} \cdot \text{день}^{-1}$) визначали за формулою:

$$V_{NO_3} = \frac{C_{NO_3+1} - C_{NO_3}}{1/D} \quad (\text{рівняння 3.2})$$

де C_{NO_3} – концентрація нітратів у ґрунті в день D (перше визначення);

C_{NO_3+1} – концентрація нітратів у ґрунті в день D (друге визначення, яке проводиться через 1 год після першого);

D – день дослідження: 0, 7, 14 або 28 доба відповідно.

Зміна інтенсивності емісії діоксиду вуглецю протягом всього періоду проведення дослідження за впливу дослідних концентрацій препарату МІКОРИЗА Seeds, п. відображена на рис. 3.3.

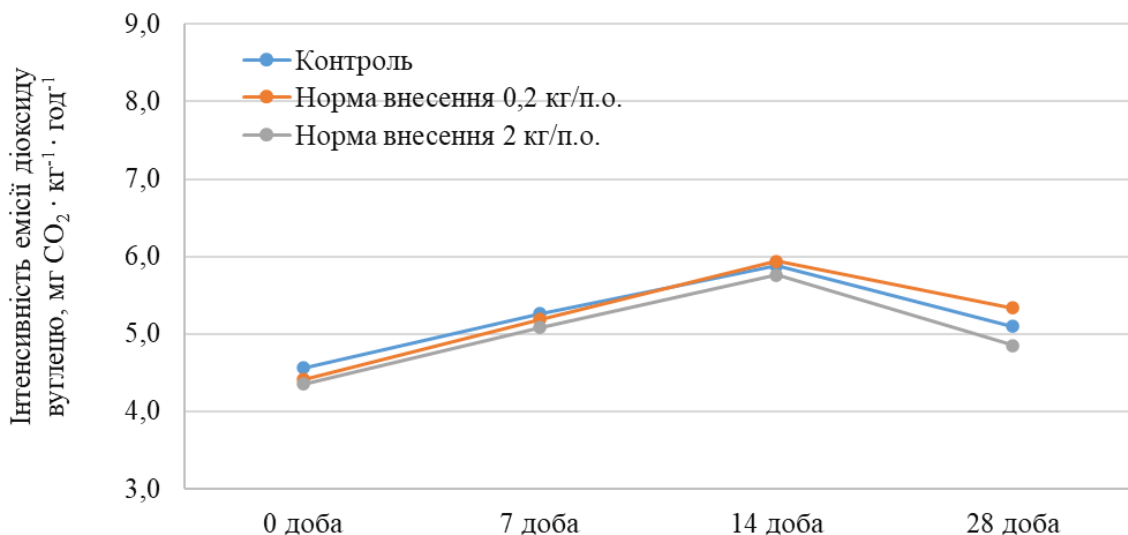


Рис. 3.3. Інтенсивність емісії діоксиду вуглецю протягом 28 діб за впливу дослідних концентрацій препарату МІКОРИЗА Seeds, п.

На 0, 7, 14 та 28 добу від початку дослідження різниця інтенсивностей емісії діоксиду вуглецю між дослідними та контрольними варіантами не перевищувала 25%, отже, застосування препарату МІКОРИЗА Seeds, п. в рекомендованих нормах внесення не впливає на цикл вуглецю ґрунтових мікроорганізмів.

Концентрацію нітратів в дослідних та контрольних зразках ґрунту фіксували на 0, 7, 14 та 28 добу від початку проведення дослідження двократно – об 11:00 та 12:00.

Швидкість утворення нітратів у ґрунті за впливу дослідних концентрацій препарату МІКОРИЗА Seeds, п. в кожен досліджуваний період відображена в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 - Швидкість утворення нітратів в ході дослідження впливу препарату МІКОРИЗА Seeds, п. на цикл азоту ґрунтових мікроорганізмів

Номер варіанту	Дослідна концентрація, кг/п.о.	Час експозиції			
		0 доба	7 доба	14 доба	28 доба
		Концентрація NO_3^- , мг · кг ⁻¹ сухого ґрунту · день ⁻¹			
1001-2/25/14.2/216/К	0,0	0,00	0,78	1,32	0,81
1001-2/25/14.2/216/1	0,2	0,00	0,77	1,35	0,85
Відхилення від контролю, %		0,00	-1,28	2,27	4,94
1001-2/25/14.2/216/2	2,0	0,00	0,74	1,38	0,84
Відхилення від контролю, %		0,00	-5,13	4,55	3,70

Зміна швидкості утворення нітратів протягом всього періоду проведення дослідження за впливу дослідних концентрацій препарату МІКОРИЗА Seeds, п. відображена на рис. 3.3.

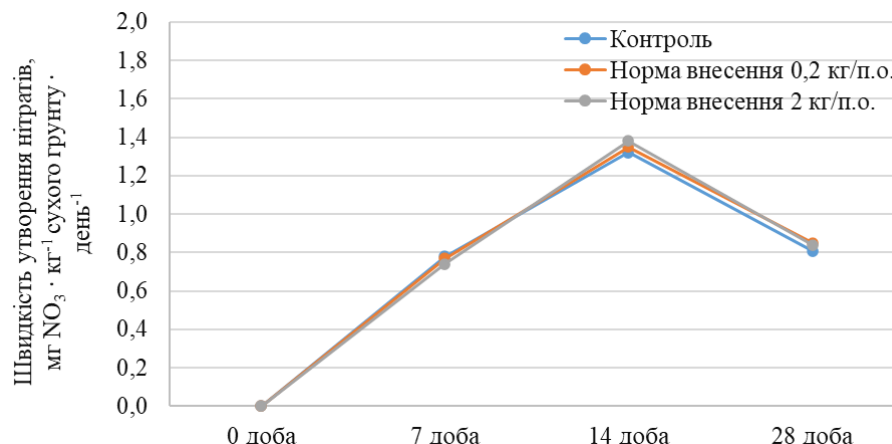


Рис. 3.3- Швидкість утворення нітратів протягом 28 діб за впливу дослідних концентрацій препарату МІКОРИЗА Seeds, п.

На 0, 7, 14 та 28 добу від початку дослідження різниця швидкості утворення нітратів між дослідними та контрольними варіантами не перевищувала 25%, отже, застосування препарату МІКОРИЗА Seeds, п. в рекомендованих нормах внесення не впливає на цикл азоту ґрунтових мікроорганізмів.

В ході проведення дослідження впливу препарату МІКОРИЗА Seeds, п. на цикл вуглецю та цикл азоту ґрунтових мікроорганізмів різниця в інтенсивності емісії діоксиду вуглецю та швидкості утворення нітратів між варіантами з максимальною нормою внесення препарату і контрольними пробами менша 25% на 28 добу інкубації, тому дослід можна вважати завершеним. Різниця в інтенсивності емісії діоксиду вуглецю та швидкості утворення нітратів між паралельними контрольними пробами не перевищує 15%, тому результати дослідження можна вважати достовірними.

3.3 Біологічна ефективність препарату МІКОРИЗА Seeds, п.

Полеві дослідження біологічної ефективності препарату МІКОРИЗА Seeds, п. при однократній передпосівній обробці насіння у нормі 0,2 кг/п.о. показали позитивний вплив на розвиток кукурудзи (*Zea mays* L.) у порівнянні з контролем (без обробки) та препаратом-еталоном. Спостерігалось збільшення висоти стебел, кількості листків, а також формування більшої кількості качанів і підвищення врожайності зерен (табл.3.5; табл. 3.6).

Таблиця 3.5 - Вплив препарату МІКОРИЗА Seeds, п. на основні біометричні показники кукурудзи (*Zea mays* L.), фаза ВВСН 30–39*

Варіант досліджу	Висота рослин, см	Кількість листків/рослину
Контроль (без обробки)	179	12
Еталон Нандо (БіоЕксперт, БіоNPK)	190	14
Препарат МІКОРИЗА ТАЛЬК (регламентована доза)	191	14

Примітка: * дані представлені у формі: М (середнє), n=20 по повторенню.

Висота рослин у контрольному варіанті становила 179 см, у варіанті з еталоном –190 см (+6,1 % від контролю). Препарат МІКОРИЗА Seeds, п. підвищував висоту рослин до 191 см (+6,7 % від контролю). Водночас, кількість листків (у шт.) на рослину також зроста: контроль – 12, еталон – 14 (+16,7 % від контролю) та препарат МІКОРИЗА Seeds, п. – 14 (+16,7 % від контролю) (табл. 3.5).

Важливим показником оцінки ефективності застосування досліджуваних препаратів на зернових культурах (кукурудза) є отриманий рівень урожайності. Однократна обробка насіння кукурудзи препаратом МІКОРИЗА Seeds, п. у нормі 0,2 кг/п.о. позитивно впливала на збереження урожайності культури (табл. 8).

У контрольному варіанті врожайності культури спостерігалась на рівні 8,4 т/га. Щодо еталону, то він забезпечив 9,9 т/га (+17,9 % від контролю).

Застосування препарату МІКОРИЗА Seeds, п. призвело до стабільного підвищення урожайності кукурудзи – 9,7 т/га (+15,5 % від контролю) (табл. 3.6).

Таблиця 3.6 - Вплив препарату МІКОРИЗА Seeds, п. на урожайність та якісні показники зерна кукурудзи (*Zea mays* L.)

Варіант досліджу	Урожайність, т/га	± до К		Якісні параметри	
		т/га	%	Масова частка білка, %	Вологість, %
Контроль (без обробки)	8,4 ±0,1	–	–	9,7	18,6
Еталон Нандо (БіоЕксперт, БіоNPK)	9,9 ±0,1	+1,5	+17,9	10,4	17,9
Препарат МІКОРИЗА Seeds, п. (регламентована доза)	9,7 ±0,1	+1,3	+15,5	10,4	17,7

Умовні позначення: К – контроль.

Разом з тим, масова частка білка становила: контроль – 9,7 %, еталон – 10,4 % (+7,2 % від контролю), дослідний препарат МІКОРИЗА Seeds, п. – 10,4 % (+7,2 % від контролю). Інший показник – вологість характеризувався наступними значеннями по варіантах: контроль – 18,6 %, препарат-еталон – 18,3 % (-3,7 % від контролю) та дослідний препарат МІКОРИЗА Seeds, п. – 18,1 % (-2,7 % від контролю) (табл. 8).

Таким чином, отримані результати є свідченням ефективності препарату МІКОРИЗА Seeds, п. у нормі 0,2 кг/п.о. та обґрунтуванням доцільності його використання у сільськогосподарській практиці (у т.ч. для використання у приватному секторі у нормі 200 г/20 кг) щодо 1-кратної передпосівної обробки насіння при вирощуванні кукурудзи (*Zea mays* L.) з метою впливу на формування окремих біометричних показників рослин, а також підвищення урожайності та якості плодів культури.

ВИСНОВКИ

В результаті лабораторних досліджень впливу препарату МІКОРИЗА Seeds, п. на об'єкти ґрунтової екосистеми встановлено, що напівлетальна концентрація на 14 добу (14-денна LC50) при визначенні гострої токсичності для тест-об'єкту – дощові черви *Eisenia foetida* становить $4655,52 \pm 608,74$ мг/кг сухої маси штучного субстрату.

Згідно класифікації токсичності пестицидів для нецільових об'єктів ґрунтової екосистеми досліджуваний препарат МІКОРИЗА Seeds, п. відноситься до 4 класу токсичності, тобто є практично нетоксичним за впливом на об'єктів ґрунтової біоти.

Вплив препарату МІКОРИЗА Seeds, п. на цикл вуглецю та цикл азоту ґрунтових мікроорганізмів різниця в інтенсивності емісії діоксиду вуглецю та швидкості утворення нітратів між варіантами з максимальною нормою внесення препарату і контрольними пробами менша 25% на 28 добу інкубації. Різниця в інтенсивності емісії діоксиду вуглецю та швидкості утворення нітратів між паралельними контрольними пробами не перевищує 15%.

Ефективним для польових умов препарат МІКОРИЗА Seeds, п. у нормі 0,2 кг/п.о.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Тригуб, В. І., Домусчи, С. В. (2023). Екотоксикологічна оцінка впливу автозаправних станцій на забруднення міських ґрунтів важкими металами. Вісник Одеського національного університету. Географічні та геологічні науки, 28(1(42)), 68–83. [https://doi.org/10.18524/2303-9914.2023.1\(42\).282237](https://doi.org/10.18524/2303-9914.2023.1(42).282237)
2. Алексєєв О., Врадій О. Агроєкологічна та екотоксикологічна оцінка ґрунтів сільськогосподарського призначення агросфери № 2 (6) (2024): Науковий вісник Вінницької академії безперервної освіти. Серія «Екологія. Публічне управління та адміністрування» DOI: <https://doi.org/10.32782/2786-5681-2024-2.01>
3. Kochmar, I., Levynska, K. (2024). Оцінка екологічного стану ґрунтів урбоєкосистеми міста Городок Львівської області. Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, 30,17-25. <https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20784643.30.2024.02>
4. Крупей К.С., Оверченко А.В. (2023) Фітотестування якості води у магістральному каналі на Лівобережжі Херсонщини після підриву греблі Каховської ГЕС. Екологічні науки № 4(49), 2023. – С. 38-43. DOI.<https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.4-49.5>
5. Qinghua Liu, Xiao Sun, Wenbin Wu, Zhenhuan Liu, Guangji Fang, Peng Yang, Agroecosystem services: A review of concepts, indicators, assessment methods and future research perspectives, Ecological Indicators, Volume 142, 2022, 109218, <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109218> .
6. Jorge-Escudero, G., Pérez Polanco, M., Lagerlöf, J. E., Pérez, C. A., & Míguez, D. (2022). Commercial Fungicide Toxic Effects on Terrestrial Non-Target Species Might Be Underestimated When Based Solely on Active Ingredient Toxicity and Standard Earthworm Tests. Toxics, 10(9), 488. <https://doi.org/10.3390/toxics10090488>

7. ДСТУ ISO 11268-1:2003 (ISO 11268-1:1993, IDT). Якість ґрунту. Вплив забрудників на земляних черв'яків (*Eisenia fetida*). Частина 1. Визначання гострої токсичності з використанням штучного субстрату ґрунту. [Чинний від 01.07.2004]. Офіц. вид. Київ: Держстандарт України, 2004. 11 с.
8. Test Guideline No. 207. Earthworm, Acute Toxicity Tests (OECD Guidelines for the testing of chemicals, 1984).
9. Постанова Кабінету Міністрів України №479 від 29.04.1996 р. Про затвердження Порядку проведення державних випробувань та державної реєстрації технічних засобів застосування пестицидів і агрохімікатів <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/479-96-%D0%BF#Text>
10. Наказ Міністерства економіки, довкілля та сільського господарства України № 1108 від 06.11.2025 р. Про затвердження плану державних випробувань і наукових досліджень пестицидів і агрохімікатів на 2025 рік <https://me.gov.ua/view/89f9981f-6295-4feb-98ba-dbbe925bd7b5>
11. Державний реєстр пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні <https://mepr.gov.ua/upravlinnya-vidhodamy/derzhavnyj-reyestr-pestytsydiv-i-agrohimikativ-dozvolenyh-do-vykorystannya-v-ukrayini/>
12. Наказ Міністерства охорони навколишнього середовища України №148 від 25.03.2008 р. Про затвердження зразків заявок, що подаються суб'єктами господарювання на випробування та державну реєстрацію пестицидів та агрохімікатів. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0389-08#Text>
13. Miroshnychenko, M., Hladkikh, Y., Revtye-Uvarova A., & Hetmanenko, V. (2024). Directions for improving the regulatory and legal base regarding the regulation of fertilizers safety and quality in Ukraine. *AgroChemistry and Soil Science*, 96, 20-29. <https://doi.org/10.31073/acss96-03>
14. Pesticides use and trade 1990–2021 FAOSTAT Analytical Brief 70 <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/222f250c-3764-401b-98c7-f52a699dd65c/content>

15. Крайнюков, О., Кривицька, І., & Найдьонова, О. (2023). Еколого-токсикологічна оцінка якості ґрунтів, які знаходяться під впливом Зміївської ТЕС. Молодий вчений, 12 (124), 12-16. <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2023-12-124-22>
16. Classification of hazards to the terrestrial environment. A review. Draft report to the UN sub-committee of experts on the GHS: terrestrial environmental hazards. Document ENV/JM/HCL (2008) 3, OECD, Paris, 2008, 42 pp.
17. Globally harmonized system of classification and labelling of chemicals (GHS). Tenth revised edition. ST/SG/AC.10/30/Rev.10. 2023 United Nations, 586 p.
18. Committee of experts on the transport of dangerous goods and on the Globally harmonized system of classification and labelling of chemicals. Twelfth session, 12 (p.m) – 14 July 2006 Item 2 (c) of the provisional agenda. UN/SCEGHS/12/INF.5. 14 p.
19. Палапа Н.В., Гончар С.М. Екологічні ризики, пов'язані із сільськогосподарською діяльністю людини Агроекологічний журнал №1(2022) DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2022.255189>
20. Матіс, Є. О., Крот, О. П. (2021). Модель формування методів оцінки екологічних ризиків для окремих складних систем. Екологічні науки, 6, 81-90. <https://ecoj.dea.kiev.ua/archives/2021/6/13.pdf>
21. Мудрак О. В., Мудрак Г. В. Екологічні ризики забруднення пестицидами рудеральних і селітебних ландшафтів Поділля. Збірник наукових праць ВНАУ. Серія: Технічні науки. 2022. № 26 (8). С. 101–111. URL: irbis-nbuv.gov.ua
22. Екологічні проблеми землеробства : навч.-метод. посіб. для студентів спец. 101 «Екологія» / уклад.: О. В. Мудрак, Г. В. Мудрак ; Вінниц. нац. аграр. ун-т. Вінниця : ВНАУ, 2021. 145 с.

23. Туренко В. П., Білик М. О., Станкевич С. В., Забродіна І. В. Сучасні пестициди і технічні засоби їх застосування: навч. посіб. Житомир: ПП «Рута», 2023. 564 с.
24. Осокіна, Н. П. (2022). Процеси міграції пестицидів і поводження з пестицидами у геологічному середовищі. Мінеральні ресурси України, (2), 42-46. <https://doi.org/10.31996/mru.2022.2.42-46>
25. Орел, А., Дяченко, В. (2023). Сучасні аспекти розвитку органічного землеробства в умовах сталого сільського господарства. Економіка та суспільство, (48). <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-48-91>
26. Krachan, T. M., Nedilska, U. I. (2023). Chemical preparations in agricultural production. Podilian Bulletin: Agriculture, Engineering, Economics, (37), 21–25. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2022-2-3>
27. Marina de Barros Rodrigues, Carlos Augusto Mello da Silva, Débora Carla Chong-Silva, Herberto José Chong-Neto, Pesticides and human health, *Jornal de Pediatria*, Volume 101, Supplement 1, 2025, Pages S70-S76, <https://doi.org/10.1016/j.jpmed.2024.11.008>
28. C. Panis, L. Candiotto, S. Gaboardi, S. Gurzenda, J. Cruz, M. Castro, et al. Widespread pesticide contamination of drinking water and impact on cancer risk in Brazil *Environ Int*, 165 (2022), Article 107321 DOI: 10.1016/j.envint.2022.107321
29. Muñoz-Bautista, J. M., Bernal-Mercado, A. T., Martínez-Cruz, O., Burgos-Hernández, A., López-Zavala, A. A., Ruiz-Cruz, S., Ornelas-Paz, J. d. J., Borboa-Flores, J., Ramos-Enríquez, J. R., & Del-Toro-Sánchez, C. L. (2025). Environmental and Health Impacts of Pesticides and Nanotechnology as an Alternative in Agriculture. *Agronomy*, 15(8), 1878. <https://doi.org/10.3390/agronomy15081878>
30. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2020 році / М-во екології та природних ресурсів України. Київ : Центр екологічної освіти та інформації, 2020. 184 с.

31. Моклячук Л. І., Дем'янюк О. С. Екологічні ризики за впливу пестицидного навантаження в агроценозах попередників круп'яних культур. Збалансоване природокористування. 2023. № 4. С. 132–141
32. Волошин В. М., Квартенко О. М. Екологічна оцінка стану природних лікувальних ресурсів та рекреаційних територій України під впливом антропогенного навантаження. Довкілля та здоров'я. 2021. № 2 (99). С. 45–52.
33. Проданчук М. Г., Лепьошкін І. В., Мудрий І. В. Гігієнічна регламентація пестицидів в Україні: сучасний стан та перспективи. Сучасні проблеми токсикології, дезінфекції та антисептики. 2018. Т. 11, № 2. С. 12–21.
34. Державні санітарні правила транспортування, зберігання та застосування пестицидів у народному господарстві : ДСП 8.8.1.2.001-98. [Чинні від 1998-08-03]. Вид. офіц. Київ : Міністерство охорони здоров'я України, 1998. 34 с.
35. Environmental Protection Agency. (2024). Climate change indicators: Greenhouse gases. U.S. Environmental Protection Agency. [epa.gov](https://www.epa.gov)
36. Toxicological Profile for DDT, DDE, and DDD / Agency for Toxic Substances and Disease Registry; U.S. Department of Health and Human Services. 2022. URL: [cdc.gov](https://www.cdc.gov)
37. Mengistu DA, Geremew A, Tessema RA and Wolfing T (2025) Concentrations of DDT metabolites in different food items and public health risk in Africa regions: systematic review and metal analysis. Front. Public Health 13:1511012. doi: 10.3389/fpubh.2025.1511012
38. Van den Berg, H., Amwele, H. R., Brooke, B. D., Fortelius, L. E., Jain, T., Karunaratne, S. H. P. P., Munyinda, N. S., Rubio-Palis, Y., Yadav, R. S., & Kleinschmidt, I. (2025). DDT: last mile in the global phase-out of its use for disease vector control? The Lancet Planetary Health, 9(8), e283.
39. Jumeng Fan, Xiaohan Wang, Baisheng Nie, Huahua Xiao Effect of concentration gradient on DDT and detonation front dynamics in a closed combustion

channel, Applied Thermal Engineering, Volume 278, Part C, 2025, 127407, <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2025.127407>

40. Kurek J, Fraser MP, Nakamoto BJ, Kidd KA, Edge CB (2025) Legacy DDT and its metabolites in Brook Trout from lakes within forested watersheds treated with aerial applications of insecticides. PLoS ONE 20(4): e0320665. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0320665>

41. Біомоніторинг як метод оцінки рівня забруднення компонентів довкілля важкими металами Biomonitoring as a method for assessing the level of environmental component contamination by heavy metals / Л. Л. Гурець, І. О. Сіпко, І. В. Залевська, І. Ю. Аблєєва // Зб. наук. пр. НУК. – Миколаїв : Гельветика, 2025. – № 3 (501). – С. 225–234.

42. Біоіндикація та біотестування в екологічному моніторингу: методичні вказівки до виконання лабораторних робіт / уклад. О. В. Синяєва. Запоріжжя : ЗНУ, 2021. 72 с

43. OECD. (2016). Test No. 222: Earthworm Reproduction Test (*Eisenia fetida*/*Eisenia andrei*). OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 2. OECD Publishing. [doi.org](https://doi.org/10.1787/9789264269156)