

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Факультет водогосподарської інженерії та екології

Кафедра екології

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
В.о зав. кафедри екології
доц. _____ Вікторія КАЦЕВИЧ
«__» _____ 2024р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи
освітній ступінь «Бакалавр»

на тему: «Вплив застосування пестицидів на стан навколишнього середовища
в товаристві з обмеженою відповідальністю «Укравіт Сайемс Порт»
Дніпропетровської області»

Виконав: здобувач вищої освіти 4 курсу
групи Е-1-20
спеціальність 101 «Екологія»
освітньо-професійна програма «Екологія»
_____ Микола ЛИННИК

Керівник:
_____ к.с.-г.н., доц. Вікторія КАЦЕВИЧ

Дніпро - 2024рік

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Факультет водогосподарської інженерії та екології

Кафедра екології

Спеціальність 101 «Екологія»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

В.о.зав. кафедри екології

к.с.-г.н. _____ Вікторія КАЦЕВИЧ

« ____ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу для здобуття освітнього ступеня «Бакалавр»

здобувачу вищої освіти

Линнику Миколі Миколайовичу

1. Тема проекту (роботи) «Вплив застосування пестицидів на стан навколишнього середовища в товаристві з обмеженою відповідальністю «Укравіт Сайемс Порт» Дніпропетровської області»

керівник роботи: Кацевич В.В., к.с.-г.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом по ДДАЕУ від «25» квітня 2024 р. № 868.

2. Термін здачі здобувачем вищої освіти закінченого проекту (роботи): « ____ » червня 2024р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) фізико-хімічні показники досліджуваних ґрунтів, показники накопичення атразину в ґрунтах, досвід роботи компанії Укравіт Сайемс Порт.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити): Вступ. 1 Теоретичні основи природно-заповідного фонду; 2 фізико-географічна характеристика одеської області; 3 Аналіз стану природно-заповідного фонду одеської області; 4 Проблеми та перспективи розвитку природно-заповідного фонду; 5 Охорона праці і техніка безпеки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

Рисунків – 21

Таблиць – 4

Використаної літератури – 52

Розділів – 5

Сторінок – 62

6. Дата видачі завдання: : « ____ » _____ р.

Керівник роботи _____ Вікторія КАЦЕВИЧ

Здобувачка вищої освіти _____ Микола ЛИННИК

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН РОБОТИ

№ п/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПЕСТИЦИДІВ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ	05.10.23–05.12.23	виконано
2.	ВПЛИВ ПЕСТИЦИДІВ НА ҐРУНТИ ТА ВОДНІ РЕСУРСИ	05.09.23–05.11.23	виконано
3.	ВПЛИВ ПЕСТИЦИДІВ НА ФЛОРУ ТА ФАУНУ	01.09.23–01.12.23	виконано
4.	РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	01.03.24–01.06.24	виконано
5.	ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ ТА ЇХНЄ УПРАВЛІННЯ	01.12.23–01.02.24.	виконано
6.	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ	01.05.24–10.06.24	виконано
7.	ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ	05.06.24–11.06.24	виконано
8.	ЛІТЕРАТУРА	01.09.23–01.06.24	виконано

Здобувачка вищої освіти

_____ Микола ЛИННИК

Керівник роботи

_____ Вікторія КАЦЕВИЧ

РЕФЕРАТ

Дипломна робота складається з 6 розділів, в яких розкрита проблема, містить 75 сторінок тексту, 2 таблиці, 8 рисунків, 34 літературні джерела.

Метою цієї роботи є комплексне дослідження впливу пестицидів ґрунти та розробка рекомендацій щодо зменшення їхнього негативного впливу на навколишнє середовище. Завдання роботи включають:

- огляд теоретичних основ та історії застосування пестицидів.
- аналіз впливу пестицидів на ґрунти, водні ресурси, флору та фауну.
- проведення експериментальних досліджень і аналіз отриманих результатів.
- розробка рекомендацій щодо оптимізації використання пестицидів для мінімізації їхнього негативного впливу.

Об'єктом дослідження є ґрунти, що піддаються впливу пестицидів. Предметом дослідження є процеси, пов'язані з накопиченням, деградацією та впливом пестицидів на ґрунти. Вивчення цих процесів є важливим для розуміння масштабів і наслідків забруднення пестицидами, а також для розробки ефективних заходів щодо зниження їхнього впливу.

У роботі використовуються методи літературного огляду, лабораторного аналізу зразків ґрунтів, польові дослідження та статистичний аналіз отриманих даних. Літературний огляд включає аналіз наукових публікацій, звітів і нормативних документів щодо використання пестицидів та їхнього впливу на навколишнє середовище. Лабораторні дослідження зразків ґрунтів дозволяють виявити рівень накопичення пестицидів та їхню деградацію. Польові дослідження включають збір даних у природних умовах для оцінки впливу пестицидів на місцеві екосистеми. Статистичний аналіз даних дозволяє встановити закономірності і взаємозв'язки між використанням пестицидів та їхнім впливом на навколишнє середовище.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПЕСТИЦИДІВ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ	9
1.1 Поняття та класифікація пестицидів	9
1.2. Історія застосування пестицидів	13
1.3. Законодавче регулювання використання пестицидів в Україні та світі	16
1.4 Механізм дії пестицидів на живі організми	19
РОЗДІЛ 2: ВПЛИВ ПЕСТИЦИДІВ НА ҐРУНТИ ТА ВОДНІ РЕСУРСИ	23
2.1 Пестициди та їхнє накопичення в ґрунтах	23
2.2 Процеси деградації пестицидів в ґрунтах	26
2.3 Вплив пестицидів на мікробіологічні процеси в ґрунтах	29
2.4 Забруднення водних ресурсів пестицидами: екологічні виклики та наслідки	31
2.5 Вплив пестицидів на гідробіонтів	34
РОЗДІЛ 3: ВПЛИВ ПЕСТИЦИДІВ НА ФЛОРУ ТА ФАУНУ	37
3.1 Вплив пестицидів на дикі рослини	37
3.2. Вплив пестицидів на комах-запилювачів	39
3.3. Вплив пестицидів на птахів та ссавців	41
3.4. Вторинний вплив пестицидів через харчові ланцюги	44
РОЗДІЛ 4 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	47
4.1 Характеристика компанії Укравіт Сайемс Порт	47
4.2 Фізико-хімічна характеристика досліджуваних ґрунтів	50
4.3 Визначення концентрації загального та водорозчинного атразину в досліджуваних ґрунтах	51
4.4 Аналіз залежності вмісту атразину та якості досліджуваних ґрунтів	52
РОЗДІЛ 5 ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ ТА ЇХНЄ УПРАВЛІННЯ	55
5.1 Оцінка екологічних ризиків від застосування пестицидів: необхідність та підходи	55
5.2 Методи зниження екологічних ризиків від застосування пестицидів: комплексний підхід	58
5.3 Альтернативи застосування пестицидів: біологічні методи боротьби зі шкідниками	61
5.4 Стале управління агрохімікатами: шлях до екологічної рівноваги	64
РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ	66
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ	69
ЛІТЕРАТУРА	72

ВСТУП

Застосування пестицидів у сільському господарстві є однією з ключових технологій для підвищення врожайності та боротьби з шкідниками. Проте, незважаючи на їхню ефективність, пестициди мають значний вплив на навколишнє середовище. Накопичуючись у ґрунтах, водних ресурсах та біологічних організмах, вони можуть призводити до деградації екосистем, зниження біорізноманіття та виникнення негативних наслідків для здоров'я людей.

У сучасних умовах, коли проблема забруднення навколишнього середовища набуває все більшої гостроти, дослідження впливу пестицидів є вкрай актуальним. Пестициди можуть не тільки завдати шкоди корисним організмам, таким як запилювачі та природні вороги шкідників, але й проникати в харчові ланцюги, що може мати негативні наслідки для здоров'я людини. Наприклад, залишки пестицидів можуть накопичуватися в продуктах харчування, що створює ризик хронічного отруєння для споживачів. Крім того, деякі пестициди мають високу стійкість до розкладу, що дозволяє їм зберігатися в навколишньому середовищі протягом тривалого часу і поширюватися на великі відстані.

Важливою проблемою є також вплив пестицидів на водні ресурси. Забруднення поверхневих та підземних вод пестицидами може призводити до зниження якості питної води, негативно впливати на водні екосистеми та здоров'я людей, які споживають цю воду. Водні організми, такі як риби та безхребетні, можуть страждати від токсичного впливу пестицидів, що, в свою

чергу, порушує харчові ланцюги та екологічний баланс у водних екосистемах.

Законодавче регулювання використання пестицидів у багатьох країнах світу спрямоване на зменшення їхнього негативного впливу на навколишнє середовище. Проте, ефективність цих заходів часто залежить від рівня контролю та відповідальності виробників і споживачів. У цьому контексті, необхідність у розробці більш екологічно безпечних методів боротьби зі шкідниками, таких як біологічні методи, стає все більш актуальною. Ці методи можуть зменшити залежність від хімічних пестицидів і сприяти збереженню екосистем.

Актуальність даного дослідження обумовлена також зростаючою потребою у забезпеченні сталого розвитку сільського господарства. Впровадження екологічно безпечних методів управління шкідниками та оптимізація використання пестицидів можуть сприяти збереженню природних ресурсів, підвищенню стійкості агроекосистем та забезпеченню продовольчої безпеки.

Таким чином, вивчення впливу пестицидів на навколишнє середовище є надзвичайно важливим завданням, що потребує комплексного підходу, поєднання теоретичних досліджень та практичних експериментів для розробки ефективних рішень щодо мінімізації їхнього негативного впливу.

Метою цієї роботи є комплексне дослідження впливу пестицидів ґрунти та розробка рекомендацій щодо зменшення їхнього негативного впливу на навколишнє середовище. Завдання роботи включають:

- огляд теоретичних основ та історії застосування пестицидів.
- аналіз впливу пестицидів на ґрунти, водні ресурси, флору та фауну.
- проведення експериментальних досліджень і аналіз отриманих результатів.
- розробка рекомендацій щодо оптимізації використання пестицидів для мінімізації їхнього негативного впливу.

Об'єктом дослідження є ґрунти, що піддаються впливу пестицидів. Предметом дослідження є процеси, пов'язані з накопиченням, деградацією та впливом пестицидів на ґрунти. Вивчення цих процесів є важливим для розуміння масштабів і наслідків забруднення пестицидами, а також для розробки ефективних заходів щодо зниження їхнього впливу.

У роботі використовуються методи літературного огляду, лабораторного аналізу зразків ґрунтів, польові дослідження та статистичний аналіз отриманих даних. Літературний огляд включає аналіз наукових публікацій, звітів і нормативних документів щодо використання пестицидів та їхнього впливу на навколишнє середовище. Лабораторні дослідження зразків ґрунтів дозволяють виявити рівень накопичення пестицидів та їхню деградацію. Польові дослідження включають збір даних у природних умовах для оцінки впливу пестицидів на місцеві екосистеми. Статистичний аналіз даних дозволяє встановити закономірності і взаємозв'язки між використанням пестицидів та їхнім впливом на навколишнє середовище.

РОЗДІЛ 1: ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПЕСТИЦИДІВ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ

1.1 Поняття та класифікація пестицидів

Пестициди є хімічними речовинами або сумішами речовин, які використовуються для знищення, контролю або відлякування шкідливих організмів. До них відносяться гербіциди (для боротьби з бур'янами), інсектициди (для знищення комах-шкідників), фунгіциди (для боротьби з грибковими захворюваннями рослин), родентициди (для знищення гризунів), нематоциди (для боротьби з нематодами), акарициди (для боротьби з кліщами) та інші. Пестициди також можуть класифікуватися за своїм хімічним складом, механізмом дії та метою застосування (рис. 1.1). [1-25]



Рисунок 1.1 – Класифікація пестицидів

За хімічним складом пестициди класифікують наступним чином:

- органічні пестициди:

Органохлорні сполуки (наприклад, ДДТ, альдрин, дильдрин): мають тривалий період розпаду, накопичуються в навколишньому середовищі та біологічних організмах. Їхнє використання часто заборонене або обмежене через стійкість та біоаккумуляцію. Вони можуть спричиняти довготривалі екологічні проблеми.

Органофосфатні сполуки (наприклад, паратіон, малатіон): швидко розпадаються, але є високотоксичними для людей і тварин. Викликають інгібування ферменту ацетилхолінестерази, що порушує передачу нервових імпульсів. Вони можуть спричиняти гострі токсичні ефекти, такі як параліч і смерть.

Карбамати (наприклад, карбарил, метоміл): використовуються для боротьби з широким спектром шкідників, мають середню токсичність. Механізм дії подібний до органофосфатів. Вони можуть спричиняти тимчасові нервові розлади у людей та тварин.

Піретроїди (наприклад, перметрин, циперметрин): синтетичні аналоги природних піретринів, характеризуються високою ефективністю і відносно низькою токсичністю для теплокровних тварин. Викликають параліч у комах через вплив на натрієві канали нервових клітин. Вони мають швидку дію і тривалий залишковий ефект.

- неорганічні пестициди:

Мідні сполуки (наприклад, мідний купорос): використовуються як фунгіциди. Мають довготривалу дію і можуть накопичуватися в ґрунтах. Вони ефективні проти багатьох грибкових захворювань рослин.

Сірчані сполуки (наприклад, сірка): використовуються для боротьби з грибковими захворюваннями та деякими шкідниками. Ефективні при низькій вартості і малої токсичності для людей. Вони широко застосовуються у виноградарстві та садівництві [1-25].

За механізмом дії всі пестициди поділяють на наступні групи:

- контактні пестициди: діють при прямому контакті з шкідниками, проникаючи через їхню зовнішню оболонку. Вони ефективні проти комах і бур'янів, які безпосередньо обробляються препаратом. Контактні пестициди забезпечують швидке знищення шкідників.

- системні пестициди: поглинаються рослинами і розподіляються по всіх їхніх частинах, забезпечуючи захист від шкідників, які харчуються цими рослинами. Такі пестициди ефективні проти прихованих шкідників, які важко досяжні для контактних препаратів. Системні пестициди забезпечують тривалий захист рослин.

- фуміганти: застосовуються у вигляді газів або парів, які проникають в організми шкідників через дихальні шляхи. Використовуються для обробки зберігання продукції, ґрунтів та будівель. Фуміганти забезпечують ефективне знищення шкідників у важкодоступних місцях.

За метою застосування пестициди поділяють на:

- гербіциди: використовуються для знищення бур'янів. Вони можуть бути вибірковыми (діють на певні види рослин) або суцільними (знищують всі рослини на оброблюваній площі). Застосовуються в ріллі, лісництві та садівництві. Гербіциди сприяють підвищенню врожайності шляхом зниження конкуренції з бур'янами.

- інсектициди: використовуються для знищення комах-шкідників. Можуть бути контактними, системними або фумігантами. Вони важливі для захисту врожаїв, зберігання продукції та зниження ризиків захворювань, переносимих комахами. Інсектициди сприяють підвищенню якості та безпеки продукції.

- фунгіциди: використовуються для профілактики і боротьби з грибовими захворюваннями рослин. Можуть застосовуватися як на поверхні рослин, так і системно. Застосовуються у виноградарстві, овочівництві та інших галузях рослинництва. Фунгіциди допомагають зберегти врожаї від грибкових інфекцій [1-25].

- родентициди: використовуються для знищення гризунів. Мають гостру або хронічну токсичність. Використовуються у сільському господарстві, зберіганні продукції та побуті. Родентициди знижують ризики пошкодження врожаїв і продукції гризунами.

- нематоциди: використовуються для боротьби з нематодами (паразитичними черв'яками). Ефективні проти ґрунтових шкідників, що ушкоджують кореневу систему рослин. Нематоциди сприяють підвищенню здоров'я рослин та врожайності.

Пестициди діють на живі організми різними способами, залежно від їхнього хімічного складу і механізму дії. Наприклад:

- органофосфати та карбамати: інгібують активність ферменту ацетилхолінестерази, що призводить до накопичення ацетилхоліну і порушення нервової системи шкідників. Це може викликати м'язові спазми, параліч і смерть.

- піретроїди: впливають на натрієві канали нервових клітин, викликаючи параліч і смерть комах. Вони можуть призводити до надмірного збудження нервової системи, що спричиняє втрату координації рухів у шкідників.

- гербіциди: можуть блокувати фотосинтез, дихання або синтез амінокислот у бур'янів, що призводить до їхнього загибелі. Вони можуть спричиняти порушення росту і розвитку рослин.

- фунгіциди: діють на клітинні мембрани або синтез ДНК грибків, що зупиняє їхній ріст і розвиток. Вони можуть пригнічувати дихання грибків або порушувати функцію клітинних органел.

У зв'язку з широким спектром застосування пестицидів і їхнім потенційно негативним впливом на навколишнє середовище, розробка ефективних і екологічно безпечних методів боротьби з шкідниками є важливим завданням сучасної науки [1-25].

1.2. Історія застосування пестицидів

Історія застосування пестицидів починається з давніх часів, коли люди вперше почали використовувати природні речовини для захисту своїх посівів від шкідників. Протягом століть методи та засоби боротьби з шкідниками еволюціонували, що привело до розробки сучасних хімічних пестицидів.

Перші згадки про використання природних речовин для боротьби з шкідниками датуються приблизно 2500 роком до нашої ери. Давні шумери використовували сірку для контролю над комахами та кліщами. У Стародавньому Єгипті, Греції та Римі також застосовували різні природні засоби, такі як зола, олія та відвари рослин, для захисту рослин від шкідників. Наприклад, давні єгиптяни використовували екстракти з деяких рослин для боротьби з шкідниками в зерноскладах.

Протягом середньовіччя методи боротьби з шкідниками продовжували вдосконалюватися. У цей період активно використовувалися рослинні екстракти, такі як нікотин, піретрум та ротенон, які отримували з тютюну, ромашки та інших рослин. Ці природні інсектициди мали певну ефективність у боротьбі з комахами-шкідниками. Крім того, в середньовічній Європі використовувалися також неорганічні речовини, такі як мінеральні олії та солі, для контролю над шкідниками.

Індустріальна революція принесла значні зміни в сільське господарство, включаючи використання хімічних речовин для боротьби зі шкідниками. У 19 столітті почали використовуватися перші синтетичні пестициди. Наприклад, мідний купорос став широко використовуватися як фунгіцид для захисту виноградників від мілдью. Також використовувалися інші мінеральні пестициди, такі як арсенати та сполуки ртуті. Арсенати застосовувалися для боротьби з комахами-шкідниками на фруктових деревах, а сполуки ртуті — для захисту насіння від грибкових захворювань [1-25].

20 століття стало переломним у розвитку пестицидів. Відкриття синтетичних органічних сполук значно розширило можливості боротьби з шкідниками. Найбільш відомим пестицидом цього періоду став ДДТ (дихлородифенілтрихлороетан), синтезований у 1939 році швейцарським хіміком Паулем Мюллером. ДДТ став надзвичайно ефективним у боротьбі з комахами і широко використовувався під час Другої світової війни для контролю над малярією та тифом. Після війни ДДТ почав широко застосовуватися у сільському господарстві.

Однак у 1960-х роках з'явилися перші тривожні сигнали про його негативний вплив на навколишнє середовище та здоров'я людей. Відомо, що ДДТ накопичується в харчових ланцюгах, що призводить до біомагніфікації та негативних наслідків для диких тварин та людей. Це привело до заборони використання ДДТ у багатьох країнах у 1970-х роках.

В цей же період було розроблено багато інших синтетичних пестицидів, таких як органофосфати, карбамати та піретроїди. Органофосфати, такі як малатіон та паратіон, використовувалися для боротьби з широким спектром комах-шкідників. Карбамати, такі як карбарил, мали високу ефективність у боротьбі з шкідниками, але також виявилися токсичними для нецільових організмів та людей. Піретроїди, синтетичні аналоги природних піретринів, стали популярними через свою високу ефективність та відносно низьку токсичність для теплокровних тварин.

Серед багатьох нових пестицидів, що з'явилися в середині 20 століття, виділяється атразин — один з найбільш поширених гербіцидів. Атразин був синтезований у 1958 році і швидко набув популярності завдяки своїй ефективності в контролі над широколистими та злаковими бур'янами. Атразин використовується переважно для обробки кукурудзи, сорго та цукрової тростини [1-25].

Атразин працює шляхом інгібування фотосинтезу у рослин-мішеней, що призводить до їх загибелі. Він є системним гербіцидом, який поглинається коренями рослин і розподіляється по всіх їх частинах. Атразин

є досить стабільним у ґрунті, що забезпечує тривалу дію проти бур'янів. Однак, його стійкість також викликає занепокоєння щодо потенційного забруднення підземних і поверхневих вод.

У 1980-х і 1990-х роках з'явилися численні дослідження, що показали можливий негативний вплив атразину на навколишнє середовище та здоров'я людей. Було виявлено, що атразин може порушувати ендокринну систему у амфібій, що призводить до аномалій у розвитку. Також були висловлені побоювання щодо можливих канцерогенних властивостей атразину.

Через ці занепокоєння в деяких країнах, таких як Європейський Союз, використання атразину було заборонено або суттєво обмежено. У США атразин залишається одним з найбільш використовуваних гербіцидів, хоча його застосування строго регулюється. Агентство з охорони навколишнього середовища США (EPA) проводить регулярні оцінки ризику, пов'язаного з використанням атразину, щоб забезпечити безпеку для людей та екосистем.

З кінця 20 століття і до сьогоднішнього дня відбувається пошук більш екологічно безпечних альтернатив традиційним пестицидам. Розробляються біопестициди на основі природних речовин, таких як бактерії, гриби та віруси, які менш шкідливі для навколишнього середовища. Біопестициди включають мікробні пестициди, що містять живі мікроорганізми, такі як *Bacillus thuringiensis*, який ефективний проти певних видів комах. Також активно впроваджуються методи інтегрованого захисту рослин, що включають комбіноване використання хімічних, біологічних та агротехнічних заходів [1-25].

У багатьох країнах законодавство щодо використання пестицидів стало більш суворим. Запроваджуються нормативи щодо максимально допустимих рівнів залишків пестицидів у продуктах харчування, а також вимоги щодо безпеки для працівників сільського господарства та споживачів. Наприклад, Європейський Союз запровадив директиви, що регулюють використання пестицидів та обмежують застосування найнебезпечніших речовин.

Таким чином, історія застосування пестицидів відображає постійний розвиток знань та технологій у боротьбі з шкідниками. Проте, незважаючи на досягнення, використання пестицидів залишається проблемою, що потребує постійної уваги з боку науки, законодавства та сільськогосподарської практики. Сучасні дослідження спрямовані на пошук нових, безпечніших методів боротьби зі шкідниками, що дозволить зберегти врожаї та забезпечити сталий розвиток сільського господарства [1-25].

1.3. Законодавче регулювання використання пестицидів в Україні та світі

Законодавче регулювання використання пестицидів є ключовим елементом забезпечення безпеки для навколишнього середовища та здоров'я людей. Регулювання здійснюється на міжнародному, національному та регіональному рівнях, охоплюючи всі аспекти виробництва, застосування, транспортування та зберігання пестицидів.

Одним з головних міжнародних документів, що регулюють використання пестицидів, є Стокгольмська конвенція про стійкі органічні забруднювачі, прийнята у 2001 році. Конвенція забороняє або обмежує виробництво та використання найбільш небезпечних стійких органічних забруднювачів, включаючи деякі пестициди, такі як ДДТ, альдрин, дильдрин, ендрин та інші. Метою конвенції є захист здоров'я людини та навколишнього середовища від небезпечних хімічних речовин.

Роттердамська конвенція про процедуру попереднього обґрунтованого погодження для деяких небезпечних хімічних речовин і пестицидів у міжнародній торгівлі, прийнята у 1998 році, встановлює процедуру, за якою країни повинні повідомляти одна одну про експорт і імпорт небезпечних хімічних речовин та пестицидів. Це дозволяє країнам імпортерів

контролювати ввезення небезпечних речовин і захищати здоров'я своїх громадян та навколишнє середовище.

У Європейському Союзі використання пестицидів регулюється кількома основними нормативними актами. Одним з найважливіших є Регламент (ЄС) № 1107/2009, який встановлює правила авторизації та використання засобів захисту рослин. Цей регламент запроваджує суворий процес оцінки ризиків для здоров'я людини та навколишнього середовища, перш ніж пестицид може бути зареєстрований для використання [1-25].

Іншим важливим документом є Директива 2009/128/ЄС, яка встановлює рамки для дій спільноти з метою досягнення сталого використання пестицидів. Директива передбачає зниження ризиків і впливу використання пестицидів на здоров'я людей та навколишнє середовище, а також сприяння розвитку альтернативних методів боротьби зі шкідниками. Одним з ключових елементів цієї директиви є впровадження принципів інтегрованого захисту рослин, що спрямоване на мінімізацію використання хімічних пестицидів через застосування агротехнічних, біологічних і механічних методів контролю шкідників.

Також в ЄС діє Регламент (ЄС) № 396/2005, який встановлює максимальні допустимі рівні залишків пестицидів у продуктах харчування та кормах. Цей регламент спрямований на забезпечення високого рівня захисту споживачів, зокрема шляхом обмеження залишків пестицидів у продуктах харчування до безпечного рівня.

В Україні законодавче регулювання використання пестицидів здійснюється відповідно до кількох основних нормативно-правових актів. Основним законом є Закон України «Про пестициди і агрохімікати», який регулює виробництво, зберігання, транспортування, реалізацію та застосування пестицидів та агрохімікатів. Закон визначає вимоги до державної реєстрації пестицидів, порядок їх випробувань та обмеження щодо застосування. Відповідно до цього закону, пестициди повинні пройти державну реєстрацію, яка включає комплексну оцінку їхньої безпечності для

здоров'я людей та навколишнього середовища. Без проходження державної реєстрації пестициди не можуть бути ввезені, вироблені, реалізовані або застосовані в Україні.

Іншим важливим документом є Державні санітарні правила і норми «Гігієнічна класифікація пестицидів за ступенем небезпеки». Цей документ класифікує пестициди за ступенем їхньої небезпеки та встановлює гігієнічні нормативи для їх застосування, зберігання та транспортування.

Крім того, в Україні діє Порядок встановлення максимально допустимих рівнів залишків пестицидів у сільськогосподарській продукції, харчових продуктах та кормах, затверджений наказом Міністерства охорони здоров'я України. Цей порядок встановлює нормативи щодо вмісту залишків пестицидів у продуктах, що забезпечує безпеку харчових продуктів для споживачів [1-25].

Також важливою складовою є Закон України «Про захист рослин», який визначає основні принципи та вимоги до захисту рослин, включаючи застосування пестицидів. Цей закон регулює питання державного контролю та нагляду за використанням пестицидів, а також встановлює відповідальність за порушення норм щодо застосування засобів захисту рослин.

У США використання пестицидів регулюється Агентством з охорони навколишнього середовища (EPA) відповідно до Закону про захист навколишнього середовища від пестицидів (FIFRA). Цей закон вимагає реєстрації всіх пестицидів перед їх використанням, продажем або розповсюдженням у країні. Процес реєстрації включає оцінку ризиків для здоров'я людей та навколишнього середовища. EPA також проводить регулярні перевірки та перереєстрацію пестицидів для забезпечення їх безпеки.

В Австралії регулювання пестицидів здійснюється Австралійським агентством з управління пестицидами і ветеринарними ліками (APVMA), яке відповідає за реєстрацію та оцінку безпеки пестицидів перед їх введенням у

комерційний обіг. APVMA також здійснює контроль за дотриманням вимог щодо безпеки та ефективності пестицидів, а також проводить дослідження для оцінки ризиків.

У Японії регулювання пестицидів здійснюється Міністерством сільського, лісового та рибного господарства (MAFF) та Міністерством охорони здоров'я, праці та соціального забезпечення (MHLW). Вони забезпечують реєстрацію, оцінку та контроль за використанням пестицидів, встановлюють допустимі рівні залишків пестицидів у продуктах харчування та здійснюють моніторинг впливу пестицидів на навколишнє середовище та здоров'я людей.

Законодавче регулювання використання пестицидів є важливим інструментом для захисту здоров'я людей та навколишнього середовища від потенційно небезпечних хімічних речовин. Регулювання здійснюється на міжнародному, національному та регіональному рівнях і включає комплексну оцінку ризиків, встановлення допустимих рівнів залишків пестицидів у продуктах харчування та кормах, а також впровадження альтернативних методів боротьби зі шкідниками. Суворе дотримання законодавчих норм і постійний моніторинг використання пестицидів сприяє забезпеченню безпеки для здоров'я людей та збереженню навколишнього середовища [1-25].

1.4 Механізм дії пестицидів на живі організми

Пестициди відіграють ключову роль у сучасному сільському господарстві, забезпечуючи захист рослин від шкідників та сприяючи підвищенню врожаїв. Проте, їх застосування має серйозні наслідки для живих організмів та навколишнього середовища. Розуміння механізму дії

пестицидів на живі організми є критично важливим для розробки ефективних та безпечних стратегій використання цих хімічних речовин.

Інсектициди, призначені для знищення комах-шкідників, діють шляхом впливу на нервову систему комах. Органофосфати та карбамати, наприклад, інгібують фермент ацетилхолінестеразу, що призводить до накопичення ацетилхоліну в нервових синапсах. Це викликає постійну стимуляцію нервової системи, що призводить до м'язових спазмів, паралічу та загибелі комах. Інші інсектициди, такі як піретроїди, порушують функціонування натрієвих каналів нервових клітин, що також призводить до паралічу та смерті комах. Деякі інсектициди інгібують синтез хітину, необхідного для формування зовнішнього скелету комах, що робить їх вразливими до впливу навколишнього середовища [1-25].

Органофосфати і карбамати, крім своєї високої ефективності, мають значний вплив на нецільові організми, включаючи людей. Ці хімічні речовини можуть викликати гострі отруєння з такими симптомами, як головний біль, запаморочення, м'язові спазми і, у важких випадках, параліч і смерть. Через це їх використання вимагає суворого дотримання правил безпеки та регуляторного контролю. Приклад: Органофосфатний інсектицид хлорпірифос широко використовувався для контролю комах-шкідників на різних сільськогосподарських культурах. Однак, через високий рівень токсичності для людей і негативний вплив на нецільові організми, використання хлорпірифосу було обмежене або заборонене в багатьох країнах.

Гербіциди використовуються для знищення небажаних рослин, таких як бур'яни. Їх механізм дії часто полягає у блокуванні важливих біохімічних процесів у рослинах. Наприклад, триазини, такі як атразин, блокують фотосинтез, порушуючи транспорт електронів у фотосистемі II хлоропластів. Це призводить до загибелі рослин через нестачу енергії. Гліфосат, інший популярний гербіцид, інгібує фермент EPSP-синтазу, який бере участь у

синтезі амінокислот, що порушує білковий синтез і призводить до загибелі рослин. Деякі гербіциди діють як регулятори росту, викликаючи неконтрольований ріст клітин, що виснажує ресурси рослин і призводить до їх загибелі [1-25].

Гліфосат, зокрема, став об'єктом численних досліджень та дискусій через його можливий вплив на здоров'я людей та навколишнє середовище. Деякі дослідження пов'язують його з підвищеним ризиком розвитку онкологічних захворювань, що призвело до судових процесів та заборон на його використання в деяких країнах. Незважаючи на це, гліфосат залишається одним з найбільш широко використовуваних гербіцидів у світі. Приклад: Гербіцид атразин широко використовується для контролю бур'янів у посівах кукурудзи. Його ефективність у блокуванні фотосинтезу робить його потужним інструментом для підвищення врожайності. Однак атразин також є стійким у ґрунті і може забруднювати водні ресурси, що викликає занепокоєння щодо його впливу на довкілля [1-25].

Фунгіциди призначені для боротьби з грибковими захворюваннями рослин. Вони можуть діяти різними способами. Стробілурини, наприклад, блокують транспорт електронів у мітохондріях грибів, порушуючи процеси дихання і призводячи до загибелі клітин грибів. Триазоли інгібують синтез ергостеролу, важливого компонента клітинних мембран грибів, що порушує їх структуру і функцію, призводячи до загибелі грибів. Інші фунгіциди блокують синтез ДНК у клітинах грибів, запобігаючи їх розмноженню. Фунгіциди є незамінними для захисту врожаїв від грибкових хвороб, які можуть спричинити значні втрати. Однак, як і інші пестициди, вони можуть мати негативний вплив на нецільові організми, включаючи корисні ґрунтові мікроорганізми та водні екосистеми. Тому їх використання повинно бути строго регульоване і контролюватися. Приклад: Фунгіцид азоксистробін використовується для контролю широкого спектра грибкових захворювань на різних культурах, таких як пшениця, соя та виноград. Він блокує дихальні

процеси у грибів, ефективно запобігаючи їх розвитку. Однак, азоксистробін також може впливати на водні організми, якщо потрапляє у водні ресурси.

Родентициди використовуються для контролю популяцій гризунів. Антикоагулянти, такі як кумарини та індандіони, порушують синтез вітаміну К, необхідного для згортання крові. Це призводить до внутрішніх кровотеч і загибелі гризунів. Гострі токсиканти діють швидко, викликаючи загибель гризунів через порушення роботи нервової або дихальної систем. Антикоагулянти мають тривалий ефект і можуть накопичуватися в організмах нецільових тварин, таких як хижі птахи та ссавці, які харчуються отруєними гризунами. Це викликає занепокоєння щодо їх впливу на екосистеми та біорізноманіття. Через це їх використання потребує особливої обережності та розробки стратегій для мінімізації побічних ефектів. Приклад: Родентицид варфарин є одним з найвідоміших антикоагулянтів. Він широко використовується для контролю популяцій гризунів, таких як щури та миші. Однак, його використання вимагає обережності, оскільки він може завдавати шкоди нецільовим видам, що харчуються отруєними гризунами.

Нематоциди використовуються для боротьби з паразитичними черв'яками (нематодами), які ушкоджують кореневу систему рослин. Деякі нематоциди блокують нейротрансмітери або порушують функцію нервових каналів нематод, що призводить до паралічу та загибелі. Інші порушують енергетичний метаболізм у клітинах нематод, що призводить до їх виснаження і загибелі. Нематоциди можуть завдавати значної шкоди сільськогосподарським культурам, знижуючи врожайність і якість продукції. Нематоциди є важливим інструментом у боротьбі з цими шкідниками, але їх використання також потребує ретельного контролю [1-25].

РОЗДІЛ 2: ВПЛИВ ПЕСТИЦИДІВ НА ҐРУНТИ ТА ВОДНІ РЕСУРСИ

2.1 Пестициди та їхнє накопичення в ґрунтах

Пестициди, що активно використовуються в сучасному сільському господарстві, мають вагомий вплив на стан ґрунтів, де вони можуть накопичуватися і викликати тривалі екологічні наслідки. Накопичення пестицидів у ґрунті залежить від ряду факторів, включаючи їхні хімічні властивості, тип ґрунту, кліматичні умови та методи обробки ґрунтів. Розуміння цих факторів є ключовим для ефективного управління використанням пестицидів і мінімізації їхнього негативного впливу на навколишнє середовище.

Одним з головних чинників, що визначає здатність пестицидів накопичуватися у ґрунті, є їхня стійкість до розкладання, або персистентність. Деякі пестициди, такі як органохлорні сполуки (наприклад, ДДТ), відомі своєю високою стійкістю і можуть залишатися активними в ґрунті протягом десятиліть. Це призводить до їхнього довготривалого впливу на екосистеми і створює значні проблеми для навколишнього середовища. Інші пестициди, як-от органофосфати, мають коротший період напіврозпаду і швидше розкладаються, зменшуючи тим самим ризик їхнього накопичення.

Розчинність пестицидів у воді також відіграє важливу роль. Пестициди з високою розчинністю легше вимиваються з верхніх шарів ґрунту і можуть проникати у водоносні горизонти, що призводить до забруднення підземних вод. Наприклад, атразин є одним з таких пестицидів, який завдяки своїй розчинності може потрапляти у водоносні шари і створювати проблеми для водопостачання [21-30].

Здатність пестицидів сорбуватися на ґрунтових частинках також впливає на їхнє переміщення і накопичення у ґрунті. Пестициди, що сильно сорбуються, менш схильні до вимивання і більше концентруються у верхніх шарах ґрунту. Це може знижувати ризик забруднення підземних вод, але водночас підвищує концентрацію пестицидів у ґрунті, що може мати негативні наслідки для ґрунтових організмів.

Тип ґрунту також впливає на здатність пестицидів накопичуватися. Ґрунти з високим вмістом органічної речовини, такі як чорноземи, мають високу здатність до сорбції пестицидів, що зменшує їхню рухливість і ризик вимивання. Навпаки, піщані ґрунти, через свою низьку здатність до сорбції і високу водопроникність, є більш вразливими до швидкого вимивання пестицидів у підземні води. Глинисті ґрунти, завдяки своїй високій здатності до сорбції, можуть зберігати пестициди у верхніх шарах, але через низьку водопроникність зменшують ризик їхнього проникнення у водоносні горизонти [21-30].

Кліматичні умови, такі як опади та температура, також впливають на накопичення пестицидів у ґрунті. Високий рівень опадів може сприяти вимиванню пестицидів, підвищуючи ризик забруднення підземних вод. У регіонах з частими та інтенсивними опадами цей ризик є особливо високим. Температура впливає на швидкість розкладання пестицидів: вищі температури сприяють швидшому розкладанню, тоді як низькі температури уповільнюють цей процес, подовжуючи період присутності пестицидів у ґрунті.

Методи обробки ґрунтів також впливають на накопичення пестицидів. Інтенсивна обробка ґрунту, така як оранка та культивування, може підвищувати аерацію і розкладання пестицидів, але також сприяє їхньому переміщенню вглиб ґрунту, збільшуючи ризик забруднення підземних вод. Мульчування з використанням органічної мульчі може зменшувати випаровування пестицидів і підвищувати їхню сорбцію у верхніх шарах ґрунту, що знижує

ризик вимивання. Зрошення, особливо при інтенсивному поливі, може сприяти вимиванню пестицидів з верхніх шарів ґрунту у підземні води.

Накопичення пестицидів у ґрунті може мати серйозні екологічні наслідки. Одним з таких наслідків є зниження родючості ґрунту, оскільки деякі пестициди можуть негативно впливати на ґрунтову мікрофлору і фауну, знижуючи біологічну активність і родючість ґрунту. Забруднення підземних вод є ще однією серйозною проблемою, оскільки пестициди, що вимиваються у підземні води, можуть забруднювати водоносні горизонти, що використовуються для питного водопостачання. Крім того, пестициди можуть негативно впливати на нецільові організми, включаючи корисних комах, дощових черв'яків і мікроорганізми, що виконують важливі функції у ґрунтових екосистемах.

Негативний вплив пестицидів на ґрунтову мікрофлору може призводити до дисбалансу в екосистемах. Зниження чисельності корисних мікроорганізмів, таких як азотофіксатори та мікоризні гриби, може призводити до зниження родючості ґрунту та погіршення росту рослин. Дослідження показують, що деякі пестициди можуть впливати на активність ферментів у ґрунті, що негативно впливає на розкладання органічних речовин та циркуляцію поживних речовин.

Забруднення підземних вод пестицидами є особливо серйозною проблемою, оскільки підземні води часто використовуються для питного водопостачання. Вимивання пестицидів у підземні води може призводити до їхнього накопичення у водоносних горизонтах, що створює загрозу для здоров'я людей та тварин. Наприклад, у деяких регіонах США було виявлено забруднення підземних вод атразином, що призвело до обмеження його використання та введення більш суворих норм контролю [21-30].

Пестициди можуть мати негативний вплив на нецільові організми, включаючи корисних комах, дощових черв'яків та мікроорганізми. Корисні комахи, такі як бджоли та інші запилювачі, можуть постраждати від контакту з пестицидами, що призводить до зниження їх чисельності та негативного

впливу на запилення сільськогосподарських культур. Дощові черв'яки, які виконують важливу роль у процесах аерації та утворення гумусу, можуть бути знищені пестицидами, що призводить до зниження родючості ґрунту.

2.2 Процеси деградації пестицидів в ґрунтах

Пестициди, що використовуються в сільському господарстві, вступають у складні взаємодії з навколишнім середовищем. Одна з найважливіших характеристик пестицидів - їх здатність деградувати в ґрунті, що визначає тривалість їхнього впливу на екосистеми. Процеси деградації пестицидів у ґрунті є ключовими для розуміння їхнього екологічного впливу та розробки ефективних методів управління використанням цих хімічних речовин.

Біологічна деградація є одним з основних процесів, що сприяють розкладанню пестицидів у ґрунті. Цей процес здійснюється за допомогою мікроорганізмів, таких як бактерії та гриби, які використовують пестициди як джерело вуглецю та енергії. Мікробна деградація є ефективною для багатьох пестицидів, особливо для тих, що мають високу біодоступність і можуть бути легко засвоєні мікроорганізмами. Показовим прикладом є деградація гліфосату - одного з найбільш широко використовуваних гербіцидів. Гліфосат розкладається в ґрунті під дією мікроорганізмів, які перетворюють його в амінометилфосфонат (АМФ), а потім в неорганічний фосфат, що є менш токсичним для навколишнього середовища. Цей процес залежить від активності мікроорганізмів, яка, в свою чергу, залежить від умов ґрунту, таких як температура, вологість і вміст органічної речовини [21-30].

Іншим прикладом є деградація пестицидів класу карбаматів. Ці пестициди, такі як карбарил, можуть бути розкладені бактеріями і грибами, які присутні в ґрунті. Мікроорганізми використовують карбамати як джерело

азоту і вуглецю, що сприяє їхньому розкладанню до простіших, менш токсичних сполук.

Хімічна деградація включає абіотичні процеси розкладання пестицидів під дією хімічних реакцій, таких як гідроліз, окиснення та відновлення. Ці процеси можуть відбуватися без участі мікроорганізмів і залежать від хімічних властивостей пестициду, а також від умов ґрунту. Гідроліз є одним з найпоширеніших хімічних процесів деградації пестицидів. Наприклад, карбамати та органофосфати схильні до гідролізу, що призводить до розщеплення їх молекул і утворення менш токсичних продуктів. Швидкість гідролізу залежить від рН ґрунту: в кислих або лужних умовах цей процес може відбуватися швидше, ніж у нейтральних умовах. Окиснення та відновлення також відіграють важливу роль у деградації пестицидів. Наприклад, деякі гербіциди, такі як атразин, можуть піддаватися окисненню під дією кисню, що присутній у ґрунті, утворюючи менш токсичні продукти. Цей процес може бути прискорений за наявності каталізаторів, таких як пероксиди або метали. Прикладом окиснювальної деградації є розкладання параквату - гербіциду, що використовується для боротьби з бур'янами. Паракват окиснюється в присутності кисню та світла, що призводить до утворення менш токсичних сполук. Цей процес значною мірою залежить від умов освітлення та наявності кисню в ґрунті [21-30].

Фотодеградація є процесом розкладання пестицидів під дією сонячного світла. Цей процес зазвичай відбувається на поверхні ґрунту, де пестициди піддаються впливу ультрафіолетового випромінювання. Фотодеградація може значно зменшувати тривалість присутності пестицидів у навколишньому середовищі, зменшуючи їхній екологічний вплив. Наприклад, піретроїди, які широко використовуються як інсектициди, є чутливими до фотодеградації. Під дією сонячного світла їх молекули розкладаються на менш токсичні продукти, що знижує ризик їх накопичення в навколишньому середовищі. Однак, ефективність фотодеградації залежить від тривалості та інтенсивності сонячного випромінювання, а також від

присутності інших речовин, які можуть поглинати або відбивати світло. Фотодеградація також має велике значення для пестицидів, які використовуються на відкритих полях. Наприклад, пестицид малатіон, що використовується для боротьби з комахами-шкідниками, піддається швидкому розкладанню під дією ультрафіолетового випромінювання. Це зменшує його тривалий вплив на екосистему та мінімізує ризик для нецільових організмів.

Умови ґрунту, такі як температура, вологість, рН і вміст органічної речовини, значно впливають на процеси деградації пестицидів. Висока температура і вологість зазвичай сприяють підвищенню мікробної активності, що прискорює біологічну деградацію. Водночас, екстремальні значення рН можуть сприяти хімічним процесам розкладання. Органічна речовина в ґрунті може діяти як сорбент для пестицидів, знижуючи їхню біодоступність для мікроорганізмів і уповільнюючи процеси деградації. З іншого боку, органічна речовина може також бути джерелом поживних речовин для мікроорганізмів, що сприяє їхній активності і, відповідно, прискорює біологічну деградацію. Наприклад, в умовах низької температури, таких як у північних широтах або високогір'ях, процеси деградації пестицидів уповільнюються через знижену мікробну активність. У таких умовах пестициди можуть зберігатися в ґрунті протягом тривалого часу, збільшуючи ризик їх накопичення і впливу на навколишнє середовище [21-30].

Процеси деградації пестицидів у ґрунті мають важливе значення для зменшення їхнього впливу на навколишнє середовище та здоров'я людини. Недостатня деградація пестицидів може призводити до їх накопичення у ґрунті, водних ресурсах та харчових продуктах, що створює загрозу для екосистем і здоров'я людей. Забруднення водних ресурсів пестицидами, що не зазнали достатньої деградації, може мати серйозні наслідки для водних екосистем. Пестициди можуть впливати на водорості, риб та інші водні організми, порушуючи харчові ланцюги та знижуючи біорізноманіття. Крім

того, забруднення питної води пестицидами може призводити до гострих та хронічних захворювань у людей, включаючи отруєння, порушення роботи нервової системи та підвищений ризик розвитку онкологічних захворювань.

2.3 Вплив пестицидів на мікробіологічні процеси в ґрунтах

Пестициди, що використовуються для захисту рослин, можуть мати значний вплив на мікробіологічні процеси в ґрунтах. Мікроорганізми відіграють ключову роль у підтриманні родючості ґрунту, розкладанні органічних речовин та забезпеченні рослин поживними речовинами. Застосування пестицидів може як негативно, так і позитивно впливати на ці процеси, змінюючи склад та функціонування ґрунтових мікробних спільнот.

Одним з основних способів, яким пестициди впливають на ґрунтові мікроорганізми, є зміна мікробної біомаси та різноманіття. Деякі пестициди можуть бути токсичними для певних груп мікроорганізмів, зменшуючи їхню чисельність і різноманіття. Це може призводити до дисбалансу в мікробних спільнотах та порушення важливих екологічних функцій. Наприклад, дослідження показують, що застосування інсектициду хлорпірифосу може значно знизити чисельність нітрифікуючих бактерій у ґрунті. Нітрифікуючі бактерії відіграють ключову роль у перетворенні амонію на нітрати, що є важливим процесом у циклі азоту. Зменшення чисельності цих бактерій може призводити до накопичення амонію в ґрунті, що негативно впливає на ріст рослин і може викликати токсичність. Однак, деякі пестициди можуть стимулювати ріст певних мікроорганізмів, що використовують ці хімічні сполуки як джерело вуглецю та енергії. Наприклад, дослідження показують, що застосування гербіциду гліфосату може стимулювати ріст бактерій роду *Pseudomonas*, які здатні розкласти гліфосат і використовувати його для свого метаболізму. Це може призводити до збільшення чисельності цих

бактерій у ґрунті, що сприяє розкладанню гліфосату і зменшенню його екологічного впливу [21-30].

Ферменти, які виробляються ґрунтовими мікроорганізмами, відіграють важливу роль у розкладанні органічних речовин і циклічності поживних елементів у ґрунті. Пестициди можуть впливати на активність цих ферментів, змінюючи швидкість розкладання органічної речовини та доступність поживних речовин для рослин. Наприклад, дослідження показують, що застосування фунгіциду карбендазіму може знижувати активність ферментів, таких як уреаза та фосфатаза, в ґрунті. Уреаза каталізує розкладання сечовини до амонію, який може бути використаний рослинами, тоді як фосфатаза сприяє мобілізації фосфатів з органічних сполук. Зниження активності цих ферментів може призводити до зменшення доступності азоту та фосфору для рослин, що негативно впливає на їхній ріст і розвиток. Інше дослідження показало, що застосування інсектициду імідаклоприду може знижувати активність дегідрогенази, ключового ферменту в процесах дихання ґрунтових мікроорганізмів. Зниження активності дегідрогенази свідчить про зниження загальної мікробної активності у ґрунті, що може призводити до уповільнення процесів розкладання органічної речовини та зменшення родючості ґрунту.

Пестициди можуть також впливати на симбіотичні взаємодії між рослинами і мікроорганізмами, такі як мікориза та азотофіксація. Ці взаємодії є важливими для забезпечення рослин поживними речовинами та підвищення їхньої стійкості до стресових умов. Наприклад, дослідження показують, що застосування гербіциду атразину може негативно впливати на мікоризні гриби, що утворюють симбіотичні взаємодії з коренями рослин. Мікоризні гриби покращують поглинання фосфору та інших поживних речовин рослинами, а також підвищують їхню стійкість до посухи та захворювань. Зниження чисельності мікоризних грибів під впливом атразину може призводити до зниження ефективності цих взаємодій і погіршення росту рослин. З іншого боку, застосування інсектициду фіпронілу може негативно

впливати на азотофіксуючі бактерії роду *Rhizobium*, що утворюють симбіотичні взаємодії з бобовими рослинами. Ці бактерії фіксують атмосферний азот і перетворюють його на форму, доступну для рослин, що є важливим процесом для забезпечення рослин азотом. Зниження чисельності *Rhizobium* під впливом фіпронілу може призводити до зниження азотофіксації та погіршення росту бобових рослин [21-30].

Вплив пестицидів на мікробіологічні процеси в ґрунтах є складним і багатогранним. Пестициди можуть змінювати мікробну біомасу та різноманіття, впливати на ферментативну активність ґрунту та порушувати симбіотичні взаємодії між рослинами і мікроорганізмами. Ці зміни можуть мати як негативні, так і позитивні наслідки для родючості ґрунту та екологічної стійкості агроecosystem. Для мінімізації негативного впливу пестицидів на мікробіологічні процеси в ґрунтах важливо використовувати інтегровані підходи до захисту рослин, що включають раціональне застосування пестицидів, використання біологічних методів захисту та управління ґрунтовими умовами.

2.4 Забруднення водних ресурсів пестицидами: екологічні виклики та наслідки

Забруднення водних ресурсів пестицидами є однією з найсерйозніших екологічних проблем, що виникають внаслідок інтенсивного використання хімічних засобів захисту рослин у сільському господарстві. Пестициди можуть потрапляти у поверхневі та підземні води різними шляхами, включаючи поверхневий стік, вимивання з ґрунту та пряму інфільтрацію. Наслідки такого забруднення можуть бути дуже серйозними, впливаючи на водні екосистеми та здоров'я людей. Розглянемо детальніше, як саме пестициди потрапляють у водні ресурси, які наслідки це має для екосистем та

людства, а також які заходи можуть бути вжиті для зменшення цього негативного впливу.

Пестициди можуть проникати у водні ресурси через кілька механізмів. Один з них - поверхневий стік. Після дощів або зрошення пестициди можуть бути змивані з полів і потрапляти у річки, озера та інші водні об'єкти. Цей процес особливо інтенсивний у районах з високими рівнями опадів або неправильним управлінням водними ресурсами. Інший шлях - вимивання з ґрунту. Пестициди, що розчиняються у воді, можуть проникати у ґрунт і досягати підземних водоносних горизонтів. Це характерно для пестицидів з високою розчинністю у воді, таких як атразин. Крім того, пряма інфільтрація також може відбуватися під час обробки полів, наприклад, через неправильне використання або випадкові розливи [21-30].

Забруднення водних ресурсів пестицидами має серйозні наслідки для водних екосистем. Пестициди можуть бути токсичними для водних організмів, включаючи рибу, безхребетних та водорості, що призводить до зниження біорізноманіття і порушення екологічних балансів. Наприклад, хлорпірифос, інсектицид, який широко використовується для контролю шкідників у сільському господарстві, є токсичним для багатьох водних організмів. Дослідження показали, що навіть при низьких концентраціях хлорпірифос може викликати загибель водних безхребетних, таких як дафнії та інші зоопланктонні організми, які є важливою частиною харчових ланцюгів. Зменшення чисельності цих організмів може вплинути на популяції риби та інших водних хижаків, що призводить до зниження біорізноманіття у водних екосистемах [21-30].

Забруднення підземних і поверхневих вод пестицидами становить серйозну загрозу для здоров'я людини, особливо в районах, де ці водні ресурси використовуються для питного водопостачання. Пестициди можуть викликати гострі та хронічні отруєння, впливати на нервову систему, викликати гормональні порушення і навіть підвищувати ризик розвитку онкологічних захворювань. Наприклад, атразин, один з найпоширеніших

гербицидів, широко використовується для контролю бур'янів у посівах кукурудзи та інших культур. Однак його висока розчинність у воді та стійкість призводять до частого забруднення підземних вод. У США були зафіксовані численні випадки перевищення допустимих рівнів атразину у питній воді, що викликало серйозне занепокоєння щодо його впливу на здоров'я населення. Дослідження показали, що атразин може викликати гормональні порушення, зокрема порушення ендокринної системи, і підвищувати ризик розвитку раку грудей і простати [21-30].

Для зменшення забруднення водних ресурсів пестицидами важливо застосовувати комплексний підхід, що включає:

- раціональне використання пестицидів: Застосування пестицидів у мінімально необхідних кількостях, суворе дотримання норм і рекомендацій щодо їх використання, а також впровадження інтегрованих методів захисту рослин, що поєднують хімічні, біологічні та агротехнічні заходи.

- створення захисних зон. Встановлення буферних зон навколо водних об'єктів, де використання пестицидів обмежене або заборонене. Це допомагає запобігти потраплянню пестицидів у водні ресурси через поверхневий стік та інфільтрацію.

- вдосконалення методів обробки полів. Використання сучасних методів обприскування, що мінімізують розливи та змиви пестицидів, а також застосування технологій точного землеробства, що дозволяють більш ефективно контролювати кількість використовуваних пестицидів.

- моніторинг та контроль. Регулярний моніторинг рівнів пестицидів у поверхневих та підземних водах, а також встановлення суворих нормативів і стандартів для їхнього допустимого вмісту. Це дозволяє вчасно виявляти забруднення та вживати необхідних заходів для його усунення.

- освіта та просвіта. Підвищення обізнаності фермерів та населення про ризики, пов'язані з використанням пестицидів, та способи мінімізації їхнього негативного впливу на водні ресурси та здоров'я людей.

Забруднення водних ресурсів пестицидами є серйозною екологічною проблемою, що потребує комплексного підходу для її вирішення. Вплив пестицидів на водні екосистеми та здоров'я людини може бути значним, тому важливо вживати заходів для мінімізації їхнього негативного впливу. Раціональне використання пестицидів, створення захисних зон, вдосконалення методів обробки полів, моніторинг та контроль, а також освіта і просвіта є ключовими елементами стратегії зменшення забруднення водних ресурсів пестицидами. Лише за допомогою таких заходів можна забезпечити стале використання водних ресурсів і збереження екологічної рівноваги [21-30].

2.5 Вплив пестицидів на гідробіонтів

Пестициди, що використовуються у сільському господарстві, можуть мати значний вплив на водні організми, або гідробіонтів. Гідробіонти включають широкий спектр організмів, таких як риби, амфібії, ракоподібні, молюски та водорості, які живуть у водних екосистемах. Пестициди потрапляють у водні ресурси через поверхневий стік, вимивання з ґрунту та прямий стік з полів, що може призводити до серйозних екологічних наслідків.

Пестициди можуть бути високотоксичними для водних організмів, навіть у низьких концентраціях. Вони можуть викликати гострі та хронічні отруєння, впливаючи на різні біологічні процеси, такі як дихання, розмноження та поведінка. Наприклад, хлорпірифос, інсектицид, який широко використовується у сільському господарстві, відомий своєю високою токсичністю для риб і безхребетних. Дослідження показують, що навіть при низьких концентраціях хлорпірифос може викликати параліч і загибель у

риб, а також знижувати чисельність зоопланктону, що є важливим джерелом їжі для багатьох риб.

Пестициди можуть впливати на водорості та фітопланктон, які є основою харчових ланцюгів у водних екосистемах. Наприклад, гербіциди, такі як атразин, можуть пригнічувати фотосинтез у водоростей, що призводить до зниження їх чисельності та продуктивності. Це, в свою чергу, може вплинути на популяції зоопланктону і риб, які залежать від водоростей як джерела їжі. Наприклад, атразин, широко використовуваний гербіцид, може мати серйозні наслідки для водоростей і фітопланктону. Дослідження показали, що навіть при низьких концентраціях атразин може знижувати рівень фотосинтезу у водоростей, що призводить до їхньої загибелі. Це, в свою чергу, впливає на весь харчовий ланцюг у водних екосистемах, знижуючи чисельність зоопланктону і риб, які залежать від водоростей як джерела їжі [21-30].

Пестициди можуть мати широкий спектр негативних впливів на риб та амфібії, включаючи токсичність, порушення розвитку, репродуктивні проблеми та поведінкові зміни. Наприклад, пестицид малатіон, який використовується для контролю комах-шкідників, може викликати гостру токсичність у риб, що призводить до їхньої загибелі. Малатіон є органофосфатним інсектицидом, який широко використовується для боротьби з комахами-шкідниками. Дослідження показали, що малатіон може бути високотоксичним для риб, викликаючи параліч і загибель навіть при низьких концентраціях. Наприклад, у дослідженнях на рибах виду *Danio rerio* (зебраданіо) було виявлено, що малатіон викликає значне зниження рівня активності і порушення дихання, що призводить до високої смертності серед риб.

Амфібії, такі як жаби та саламандри, також чутливі до впливу пестицидів. Вони можуть накопичувати пестициди через шкіру та під час поглинання води, що може викликати серйозні репродуктивні проблеми і порушення розвитку. Дослідження показали, що пестициди, такі як гліфосат,

можуть мати негативний вплив на розвиток та репродуктивну здатність амфібій. Наприклад, у дослідженнях на жабах було виявлено, що вплив гліфосату може призводити до зниження чисельності сперматозоїдів і підвищення рівня деформацій у потомства. Це може мати серйозні наслідки для популяцій амфібій, знижуючи їхню здатність до розмноження та виживання [21-30].

Безхребетні, такі як ракоподібні та молюски, також можуть бути сильно уражені пестицидами. Вони відіграють важливу роль у водних екосистемах, беручи участь у розкладанні органічних речовин і служачи їжею для риб і інших водних організмів. Хлорпірифос є інсектицидом, який може бути високотоксичним для ракоподібних, таких як креветки і краби. Дослідження показали, що хлорпірифос може викликати загибель ракоподібних навіть при низьких концентраціях, що призводить до зниження їх чисельності та порушення екологічних процесів у водних екосистемах. Це може мати серйозні наслідки для риб, які залежать від ракоподібних як джерела їжі.

Вплив пестицидів на гідробіонтів є серйозною екологічною проблемою, що потребує комплексного підходу для її вирішення. Пестициди можуть бути високотоксичними для водних організмів, викликаючи зниження біорізноманіття та порушення екологічних балансів у водних екосистемах. Для мінімізації негативного впливу пестицидів на гідробіонтів важливо впроваджувати раціональне використання пестицидів, створювати захисні зони, здійснювати регулярний моніторинг та контроль, а також використовувати альтернативні методи боротьби зі шкідниками. Лише за допомогою таких заходів можна забезпечити збереження водних екосистем і здоров'я водних організмів [21-30].

РОЗДІЛ 3: ВПЛИВ ПЕСТИЦИДІВ НА ФЛОРУ ТА ФАУНУ

3.1 Вплив пестицидів на дикі рослини

Пестициди, призначені для захисту сільськогосподарських культур від шкідників, бур'янів та хвороб, мають також значний вплив на дикі рослини, що зростають у межах і навколо оброблюваних земель. Дія цих хімічних речовин може призводити до зниження чисельності дикої флори, зміни складу рослинних угруповань та порушення екосистемних функцій.

Пестициди можуть безпосередньо впливати на дикі рослини через контакт із хімічними речовинами під час обприскування або через змивання їх у ґрунт і водні ресурси. Гербіциди, зокрема, є найчастішим джерелом такого впливу. Вони розроблені для знищення небажаної рослинності, але можуть також впливати на нецільові дикі види. Гліфосат є одним із найпоширеніших гербіцидів, який використовується для контролю бур'янів. Дослідження показують, що гліфосат може негативно впливати на дикі рослини, такі як молочай (*Asclepias* spp.), що є важливою рослиною для метелика монарха (*Danaus plexippus*). Зниження чисельності молочаю через застосування гліфосату призводить до зменшення харчової бази для гусениць монарха, що, в свою чергу, впливає на популяцію цього виду метеликів. Гербіцид 2,4-D використовується для контролю широколистих бур'янів. Він може впливати на дикі квіткові рослини, такі як конюшина (*Trifolium* spp.) та інші види, які є важливими для підтримки біорізноманіття та забезпечення харчових ресурсів для запилювачів [1-30].

Пестициди можуть також впливати на дикі рослини опосередковано, через зміни у складі ґрунтових мікроорганізмів та інших екологічних умов.

Зміни в ґрунтовій біоті, викликані пестицидами, можуть впливати на родючість ґрунту та доступність поживних речовин для рослин. Мікоризні гриби утворюють симбіотичні взаємодії з коренями багатьох рослин, включаючи дикі види. Вони сприяють поглинанню поживних речовин та води рослинами. Пестициди, такі як фунгіциди, можуть негативно впливати на мікоризні гриби, знижуючи їхню чисельність та активність. Це може призводити до зниження росту і виживання дикої флори, особливо у бідних на поживні речовини ґрунтах. Карбамати, такі як карбарил, можуть впливати на чисельність та різноманіття ґрунтових мікроорганізмів. Зменшення чисельності корисних бактерій і грибів може впливати на процеси розкладання органічних речовин і циклічності поживних речовин, що, в свою чергу, впливає на ріст і розвиток диких рослин [1-30].

Застосування пестицидів може призводити до зниження біорізноманіття дикої флори. Зниження чисельності або зникнення певних видів рослин може впливати на всю екосистему, оскільки рослини є основою харчових ланцюгів та забезпечують середовище для багатьох тварин. Атразин, інший поширений гербіцид, відомий своєю здатністю впливати на широкий спектр рослин. Дослідження показали, що застосування атразину може знижувати чисельність та різноманіття дикої флори у польових межах і на луках. Це, в свою чергу, впливає на комах, птахів та інших тварин, які залежать від цих рослин як джерела їжі та середовища проживання. Неонікотиноїди є класом інсектицидів, що широко використовуються у сільському господарстві. Вони можуть бути високотоксичними для бджіл та інших запилювачів. Зниження чисельності запилювачів через вплив неонікотиноїдів може призводити до зменшення запилення і, відповідно, насінневої продуктивності диких рослин, що впливає на їх виживання і розповсюдження [1-30].

Вплив пестицидів на дикі рослини є складним і багатогранним. Пестициди можуть мати як прямий, так і непрямий вплив на дикі види рослин, змінюючи їх чисельність, склад та екологічні функції. Зниження

біорізноманіття та порушення екосистемних процесів, викликані застосуванням пестицидів, можуть мати довготривалі наслідки для екологічної стійкості. Для мінімізації негативного впливу пестицидів на дикі рослини важливо застосовувати інтегровані методи управління шкідниками, що включають раціональне використання хімічних засобів захисту та впровадження альтернативних екологічно безпечних методів [1-30].

3.2. Вплив пестицидів на комах-запилювачів

Комахи-запилювачі відіграють важливу роль у підтриманні біорізноманіття та продуктивності сільськогосподарських культур. Вони забезпечують запилення багатьох видів рослин, що є критично важливим для їхнього розмноження і утворення плодів. Однак, пестициди, що застосовуються для захисту рослин, можуть мати серйозний негативний вплив на комах-запилювачів, зокрема бджіл, джмелів, метеликів та інших видів.

Пестициди, особливо інсектициди, можуть бути надзвичайно токсичними для комах-запилювачів. Потрапляючи на тіло комах або через поглинання обробленої нектаром або пилом, ці хімічні речовини можуть викликати гострі отруєння, що призводить до загибелі комах. Неонікотиноїди є класом інсектицидів, які широко використовуються для контролю шкідників у сільському господарстві. Дослідження показали, що неонікотиноїди, такі як імідаклоприд, можуть бути високотоксичними для медоносних бджіл (*Apis mellifera*). Вони можуть впливати на нервову систему бджіл, викликаючи параліч і загибель. Дослідження також показують, що неонікотиноїди можуть впливати на поведінку бджіл, знижуючи їх здатність до навігації і повернення до вулика [1-30].

Крім гострої токсичності, пестициди можуть мати накопичувальний ефект і впливати на комах-запилювачів навіть у сублетальних дозах. Сублетальні дози можуть викликати порушення в поведінці, фізіології та репродуктивній здатності комах. Дослідження показують, що сублетальні дози неонікотиноїдів можуть впливати на джмелів (*Bombus spp.*), знижуючи їхню здатність до збору їжі та догляду за потомством. Це призводить до зменшення чисельності і продуктивності колоній джмелів. Наприклад, під впливом неонікотиноїдів джмелі можуть збирати менше нектару і пилку, що знижує їхню енергетичну ефективність і виживання.

Пестициди можуть також впливати на різноманіття комах-запилювачів, знижуючи чисельність та видове багатство популяцій. Це може мати серйозні наслідки для екосистемних функцій, оскільки різноманітність запилювачів забезпечує стабільність і продуктивність екосистем. Метелики є важливими запилювачами для багатьох видів дикорослих і культурних рослин. Дослідження показали, що пестициди, такі як гліфосат і хлорпірифос, можуть знижувати чисельність та різноманітність метеликів. Наприклад, у регіонах з інтенсивним використанням гліфосату спостерігалось значне зниження чисельності метеликів виду *Monarch (Danaus plexippus)*, що пов'язано зі знищенням їхньої кормової бази – молочаю [1-30].

Пестициди можуть впливати на репродуктивну здатність комах-запилювачів, знижуючи їхню плодючість та виживаність потомства. Це може мати довгострокові наслідки для популяцій комах і їхньої здатності до відновлення. Дослідження показують, що пестициди можуть знижувати репродуктивну здатність диких бджіл, таких як *Osmia spp.* Під впливом пестицидів бджоли можуть відкладати менше яєць, а також спостерігається зниження виживаності личинок. Це призводить до зменшення чисельності популяцій диких бджіл, що негативно впливає на запилення дикорослих і культурних рослин. Дослідження показали, що вплив пестицидів, таких як неонікотиноїди та фіпроніл, може призводити до зниження плодючості бджіл. У деяких випадках, під впливом цих хімічних речовин, у бджіл

спостерігалися порушення розвитку личинок та зменшення чисельності потомства. Це призводить до зменшення чисельності колоній і впливає на здатність бджіл до запилення рослин.

Пестициди можуть викликати порушення поведінки комах-запилювачів, зокрема знижувати їх здатність до навігації, пошуку їжі та взаємодії з іншими членами колонії. Це може призводити до зменшення ефективності запилення і, відповідно, зниження врожайності культур. Неонікотиноїди можуть впливати на нервову систему бджіл, що призводить до порушення їх здатності до навігації. Дослідження показали, що під впливом неонікотиноїдів бджоли можуть втрачати здатність знаходити шлях назад до вулика, що призводить до загибелі бджіл у полі та зниження чисельності колонії. Це впливає на ефективність запилення і може призводити до зниження врожаїв культур.

Зниження чисельності та різноманіття комах-запилювачів через вплив пестицидів має серйозні наслідки для екосистемних послуг, які вони забезпечують. Запилювачі відіграють ключову роль у запиленні багатьох сільськогосподарських культур, що є важливим для виробництва харчових продуктів. Зниження чисельності запилювачів через вплив пестицидів може призводити до зниження врожаїв багатьох культур, таких як яблука, мигдаль, кавуни та інші. Дослідження показують, що відсутність достатньої кількості запилювачів може знижувати врожайність на 20-30%, що має серйозні економічні наслідки для сільського господарства [1-30].

3.3. Вплив пестицидів на птахів та ссавців

Пестициди, що використовуються у сільському господарстві для захисту культур від шкідників та хвороб, можуть мати значний вплив не лише на цільові види, але й на птахів та ссавців, які мешкають у цих

екосистемах. Ці хімічні речовини можуть потрапляти в організми птахів та ссавців через їжу, воду та безпосередній контакт із забрудненим середовищем. Вплив пестицидів на ці тварини може включати гострі отруєння, хронічні захворювання, порушення репродуктивної здатності та поведінки.

Пестициди можуть викликати гострі отруєння у птахів та ссавців, що призводить до їхньої загибелі або серйозних фізіологічних порушень. Це відбувається, коли тварини споживають отруєних комах, насіння або рослини. Карбофуран є потужним інсектицидом, який використовується для боротьби зі шкідниками у сільському господарстві. Однак, він також є дуже токсичним для птахів. Дослідження показали, що навіть невеликі дози карбофурану можуть викликати загибель багатьох видів птахів. Наприклад, випадки масової загибелі американських шпацерів (*Turdus migratorius*) та сірих гусей (*Anser anser*) були зафіксовані через споживання зерна, обробленого карбофураном.

Крім гострої токсичності, пестициди можуть викликати хронічні захворювання у птахів та ссавців, що проявляється через довготривалі впливи на здоров'я та виживання. ДДТ (дихлордифенілтрихлоретан) є одним з найбільш відомих пестицидів, що використовувався у середині 20 століття для боротьби зі шкідниками. Хоча його використання було заборонено в багатьох країнах через високу токсичність та стійкість у навколишньому середовищі, довготривалі ефекти ДДТ все ще відчуються. ДДТ накопичується в жирових тканинах птахів і впливає на їхню репродуктивну здатність. Одним з найбільш відомих прикладів є зниження чисельності хижих птахів, таких як білоголовий орлан (*Haliaeetus leucoscephalus*) та скопа (*Pandion haliaetus*), через тоншання яєчної шкаралупи, що призводило до розриву яєць під час висиджування.

Пестициди можуть мати серйозний вплив на репродуктивну здатність птахів та ссавців, знижуючи плодючість, порушуючи розвиток ембріонів та зменшуючи виживаність потомства. Метилпаратіон є інсектицидом, що

використовується для контролю багатьох шкідників. Дослідження показали, що він може впливати на репродуктивну здатність птахів, таких як канадська гуска (*Branta canadensis*). Птахи, що зазнали впливу метилпаратіону, мали знижений рівень розмноження та виживаності потомства, що впливало на чисельність їхніх популяцій [1-30].

Пестициди можуть викликати порушення поведінки у птахів та ссавців, що може впливати на їхню здатність до пошуку їжі, уникнення хижаків та турботи про потомство. Хлорпірифос є інсектицидом, який використовується для боротьби з комахами-шкідниками. Дослідження показали, що хлорпірифос може впливати на поведінку ссавців, таких як лабораторні щури (*Rattus norvegicus*). Під впливом хлорпірифосу у щурів спостерігалися порушення координації рухів, зниження активності та зміни в поведінці, що може впливати на їхню здатність до виживання у природних умовах.

Зниження чисельності та різноманіття птахів та ссавців через вплив пестицидів може мати серйозні наслідки для харчових ланцюгів та екосистемних процесів. Ці тварини відіграють важливу роль у регулюванні популяцій інших організмів, розповсюдженні насіння та підтриманні біорізноманіття. Застосування пестицидів може знижувати чисельність комах та дрібних хребетних, що є основною їжею для хижих птахів та дрібних ссавців. Наприклад, зниження чисельності комах через використання інсектицидів може призводити до зменшення популяцій птахів, таких як ластівки (*Hirundinidae*), які залежать від комах як джерела їжі. Це впливає на харчові ланцюги та порушує екосистемні процеси.

Вплив пестицидів на птахів та ссавців є складною і багатогранною проблемою, що потребує комплексного підходу для її вирішення. Пестициди можуть викликати гострі отруєння, хронічні захворювання, порушення репродуктивної здатності та поведінки, а також впливати на харчові ланцюги та екосистемні процеси. Для мінімізації негативного впливу пестицидів на птахів та ссавців важливо впроваджувати раціональне використання хімічних засобів захисту, розробляти безпечніші альтернативи, створювати буферні

зони, а також здійснювати регулярний моніторинг та контроль. Лише за допомогою таких заходів можна забезпечити збереження біорізноманіття [1-30].

3.4. Вторинний вплив пестицидів через харчові ланцюги

Пестициди, що застосовуються у сільському господарстві, можуть мати вторинний вплив на навколишнє середовище та живі організми через харчові ланцюги. Ці хімічні речовини можуть накопичуватися в організмах на різних рівнях трофічної піраміди, що призводить до біомагніфікації та посилення їхнього впливу на вищі трофічні рівні. Вторинний вплив пестицидів через харчові ланцюги може мати серйозні екологічні та здоров'яні наслідки для різних видів тварин і людей.

Біоаккумуляція - це процес накопичення хімічних речовин в організмах з навколишнього середовища через харчування та інші шляхи впливу. Біомагніфікація відбувається, коли концентрація хімічних речовин збільшується на кожному наступному трофічному рівні харчового ланцюга. ДДТ (дихлордифенілтрихлоретан) є прикладом пестициду, що піддається біомагніфікації. Він накопичується у жирових тканинах організмів і не розкладається швидко в навколишньому середовищі. ДДТ спочатку поглинається водоростями і дрібними безхребетними. Потім він передається через харчовий ланцюг до риб, птахів і ссавців. У кожному наступному рівні концентрація ДДТ збільшується, що може призводити до серйозних токсичних ефектів у хижаків на вершині харчового ланцюга, таких як хижі птахи та ссавці [1-30].

Хижі птахи, такі як орли, яструби і сови, є вразливими до вторинного впливу пестицидів через харчові ланцюги. Вони споживають дрібніших птахів, гризунів та інших тварин, які можуть бути забруднені пестицидами. Білоголовий орлан (*Haliaeetus leucoscephalus*) є прикладом хижого птаха, що зазнав серйозного впливу ДДТ через біомагніфікацію. Накопичення ДДТ у їхніх організмах призводило до тоншання яєчної шкаралупи, що спричиняло розтріскування яєць під час висиджування і значне зниження чисельності популяції орланів у середині 20 століття. Заборона використання ДДТ сприяла поступовому відновленню популяції білоголового орлана. Фурадан (карбофуран) є інсектицидом, який широко використовується у сільському господарстві. Він може бути смертельно небезпечним для сов, які харчуються дрібними ссавцями, що зазнали впливу фурадану. Дослідження показали, що навіть низькі дози цього інсектициду можуть викликати загибель у багатьох видів сов [1-30].

Пестициди можуть також впливати на водні харчові ланцюги, де вони можуть накопичуватися у водоростях, планктоні, рибах і хижих водних тваринах. Атразин, широко використовуваний гербіцид, може потрапляти у водні ресурси через поверхневий стік та вимивання з ґрунту. Дослідження показали, що атразин може впливати на розвиток і репродуктивну здатність амфібій, таких як жаби та тритони. Під впливом атразину у амфібій спостерігається зниження чисельності і порушення статевого розвитку, що впливає на їхні популяції та екосистемні процеси у водних середовищах. Гліфосат є одним з найбільш використовуваних гербіцидів у світі. Він може потрапляти у водні системи через стік з полів. Дослідження показали, що гліфосат може мати токсичний вплив на риб, знижуючи їхню виживаність та впливаючи на розвиток і репродукцію. Наприклад, дослідження на рибах виду *Danio rerio* (зебраданіо) показали, що гліфосат може викликати морфологічні аномалії та знижувати виживаність мальків [1-30].

Ссавці, особливо ті, що знаходяться на верхівці харчових ланцюгів, також можуть бути вразливими до вторинного впливу пестицидів. Вони

можуть споживати забруднену їжу та воду, що призводить до накопичення пестицидів у їхніх організмах. Хлорпірифос є інсектицидом, який використовується для контролю шкідників. Він може накопичуватися у ссавців-хижаків, таких як лисиці (*Vulpes vulpes*) та куниці (*Martes martes*), які споживають гризунів та інших дрібних тварин, що зазнали впливу хлорпірифосу. Це може призводити до порушень репродуктивної здатності, поведінки та здоров'я хижаків. Родентициди, такі як бродіфакум, використовуються для контролю популяцій гризунів. Вони можуть бути смертельно небезпечними для хижих ссавців, таких як лисиці та куниці, які харчуються отруєними гризунами. Дослідження показали, що бродіфакум може викликати внутрішні кровотечі та загибель у хижаків, що споживають отруєних гризунів.

Люди також можуть зазнати вторинного впливу пестицидів через харчові ланцюги. Споживання забруднених пестицидами продуктів харчування, таких як овочі, фрукти, риба та м'ясо, може мати серйозні наслідки для здоров'я. Метилртуть є токсичною формою ртуті, що утворюється внаслідок впливу пестицидів на ґрунт та водні середовища. Вона може накопичуватися у рибі та інших морепродуктах. Споживання забрудненої метилртуттю риби може призводити до серйозних здоров'яних проблем у людей, включаючи порушення нервової системи та розвитку плоду у вагітних жінок. Хлорпірифос є інсектицидом, який може потрапляти у продукти харчування та питну воду. Дослідження показали, що вплив хлорпірифосу може мати серйозні наслідки для здоров'я дітей, включаючи порушення розвитку нервової системи, зниження когнітивних функцій та підвищений ризик розвитку поведінкових розладів [1-30].

РОЗДІЛ 4 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Характеристика компанії Укравіт Сайенс Порт

Дослідження впливу пестицидів проводились на прикладі впливу гербіциду Атразин на ґрунти на базі науково-дослідного центру компанії Укравіт Сайемс Порт.

Компанія Укравіт Сайемс Порт, заснована у 1999 році, є однією з провідних компаній в Україні, яка займається виробництвом засобів захисту рослин та мікродобрив. За роки свого існування вона не лише здобула визнання на ринку, але й стала символом інновацій та екологічної відповідальності у сфері сільського господарства.



Рисунок 4.1 – Компанія Укравіт Сайемс Порт

Історія успіху Укравіт Сайемс Порт розпочалася з невеликої команди ентузіастів, які прагнули внести свій внесок у розвиток аграрного сектора України. Завдяки постійним інвестиціям у наукові дослідження та впровадженню новітніх технологій, компанія змогла розширити свій

асортимент продукції, який включає гербіциди, інсектициди, фунгіциди, мікродобрива та протруйники насіння. Кожен з цих продуктів створений з урахуванням сучасних потреб аграріїв та спрямований на підвищення врожайності та захист рослин від шкідників і хвороб.



Рисунок 4.2 – Виробничі потужності компанії Укравіт Сайемс Порт

Компанія Укравіт Сайемс Порт активно інвестує в наукові дослідження та інновації. Власна лабораторія компанії займається розробкою нових діючих речовин та ефективних формуляцій продуктів. Це дозволяє компанії не лише підтримувати високу якість продукції, але й постійно вдосконалювати її, впроваджуючи нові рішення та підходи до захисту рослин. Важливо зазначити, що Укравіт Сайемс Порт співпрацює з провідними науково-дослідними інститутами та університетами, що дозволяє інтегрувати найновіші наукові досягнення у виробничі процеси.



Рисунок 4.3 – Лабораторні потужності компанії Укравіт Сайемс Порт

Екологічна відповідальність є одним з основних принципів діяльності Укравіт Сайемс Порт. Компанія прагне до мінімізації негативного впливу на

навколишнє середовище, дотримуючись високих стандартів екологічної безпеки на всіх етапах виробництва та реалізації продукції. Крім того, Укравіт Сайемс Порт проводить активну просвітницьку роботу серед аграріїв щодо правильного використання агрохімікатів та дотримання норм екологічної безпеки. Це сприяє збереженню екологічного балансу та покращенню умов для майбутніх поколінь.

Одним з важливих аспектів діяльності Укравіт Сайемс Порт є партнерства та соціальна відповідальність. Компанія співпрацює з науковими установами та аграрними підприємствами, підтримує освітні проекти та соціальні ініціативи. Вона бере активну участь у виставках та форумах, де презентує свої новинки та ділиться досвідом з аграріями. Участь у таких заходах дозволяє компанії бути в курсі останніх тенденцій ринку та обмінюватися досвідом з міжнародними партнерами.

Компанія також активно підтримує молодих спеціалістів та студентів аграрних спеціальностей. Укравіт Сайемс Порт організовує конкурси, стипендіальні програми та стажування, що дозволяє молоді отримувати практичний досвід та знання безпосередньо від провідних фахівців компанії. Це сприяє розвитку професійного потенціалу молодого покоління та забезпечує кадри для майбутнього розвитку аграрного сектора України.

Укравіт Сайемс Порт також звертає увагу на соціальні проекти. Компанія підтримує місцеві громади, бере участь у благодійних акціях та надає допомогу навчальним закладам та лікарням. Це підтверджує її прагнення не лише до комерційного успіху, але й до позитивного впливу на суспільство.

Таким чином, Укравіт Сайемс Порт є не лише лідером у сфері засобів захисту рослин в Україні, але й прикладом для інших компаній, як поєднувати інновації з екологічною та соціальною відповідальністю. Її діяльність сприяє розвитку сільського господарства та збереженню навколишнього середовища, що є важливим для сталого розвитку країни.

4.2 Фізико-хімічна характеристика досліджуваних ґрунтів

Загально відомо, що поведінка гербіцидів в ґрунтах залежить від багатьох параметрів, в тому числі і від властивостей безпосередньо ґрунту. Тому для визначення впливу атразину на ґрунти, ми провели дослідження відібраних зразків ґрунту за основними фізико-хімічними показниками, результати яких наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Фізико-хімічні показники досліджуваних ґрунтів

№ зразка	pH	Гідролітична кислотність, ммоль/100 г	Вміст гумусу, %	Рухомий фосфор, мг/100 г	Рухомий азот мг/100 г
1	5,9	4,11	2,85	0,70	0,47
2	6,1	4,42	2,69	0,43	0,68
3	6,1	3,60	2,67	0,36	0,48
4	6,5	4,01	3,10	0,48	0,86
5	6,1	4,31	2,55	0,39	0,68

Як ми бачимо з наведених даних, дані ґрунти відносять до малогумусних, так як показник гумусу коливається м вежах від 2,55 % до 3,10 %, при середньому вмісті гумусу в чорноземах від 4 до 6 %. Показник гідролітичної кислотності, який коливається в межах від 3,60 до 4,42 ммоль/100 г говорить нам про необхідність вапнування даних ґрунтів. За показником pH ми можемо охарактеризувати данні ґрунти, як слабо кислі з наближенням до нейтральних (pH від 5,9 до 6,1). За показниками рухомих форм азоту та фосфору досліджуваний ґрунт відноситься до низькозабезпечених. Це може свідчити про забруднення ґрунту, які відбулось нещодавно. Також це впливає на процеси самоочищення ґрунту та на

біохімічні процеси. Можна припустити, що є порушення в процесах ферментативної активності, що не дає азоту переходити в доступні форми.

Для визначення ступеня токсичності та засолення ґрунтів, були проведені дослідження аніонно-катіонного складу (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Результати дослідження аніонно-катіонного складу

№ зразка	Лужність, %	Сульфати, %	Хлориди, %	Калій+натрій, %	Жорсткість, %	Сума аніонів-катионів, %
1	0,0171	0,1228	0,119	0,1395	0,0002	0,3986
2	0,0141	0,1186	0,138	0,1486	0,0002	0,4195
3	0,0110	0,0997	0,080	0,1008	0,0002	0,2917
4	0,0176	0,1552	0,095	0,1374	0,0003	0,4055
5	0,0168	0,0876	0,154	0,1448	0,0002	0,4034

Результати досліджень свідчать про те, що в досліджених ґрунтах присутній певний ступінь засолення. Причому цей показник коливається від середнього до сильного. Така ситуація може спричинити пригнічення росту та розвитку рослин, що в свою чергу призведе до зниження врожаю. Поряд з цим результати досліджень свідчать про низький вміст кальцію рухомого, високий вміст токсичних солей та низький вміст поживних елементів.

4.3 Визначення концентрації загального та водорозчинного атразину в досліджуваних ґрунтах

Визначення концентрацій загально та водорозчинного атразину проводили в лабораторних умовах на хроматографі методом внутрішніх стандартів (рис. 4.4). Зразки ґрунту на дослідних ділянках відбирали методом квадрату.

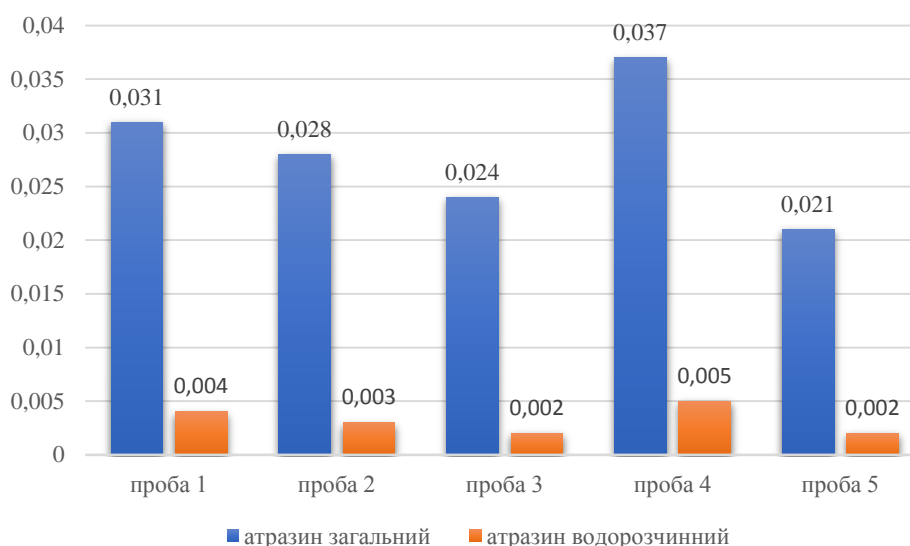


Рисунок 4.4 – Концентрація водорозчинного та загального атразину в досліджуваних ґрунтах

Як ми бачимо з наведеного графіка, концентрація атразину загального коливається в межах від 0,037 мг на 100 г ґрунту до 0,021 мг на 100 г ґрунту. Слід відмітити, що ці показники не перевищують встановлених граничних норм для ґрунтів сільськогосподарського призначення (0,05 мг/100 г). Поряд з цим результати визначення концентрації атразину водорозчинного, які коливаються в межах від 0,002 мг/100 г до 0,005 мг/100 г свідчать про перевищення допустимих норм від двох до п'яти разів (ГДК=0,001 мг/100г). Це в свою чергу може вплинути на розвиток сільськогосподарських культур, які є чутливими до цього гербіциду.

4.4 Аналіз залежності вмісту атразину та якості досліджуваних ґрунтів

Для аналізу залежності вмісту атразину та якості досліджуваних ґрунтів ми порівняли фізико-хімічні показники ґрунту з вмістом атразину.

Порівняльний аналіз показника гідролітичної кислотності та вмісту атразину наведено на рисунку 4.5. Як ми бачемо з наведеного графіка, залежність встановлена не була.

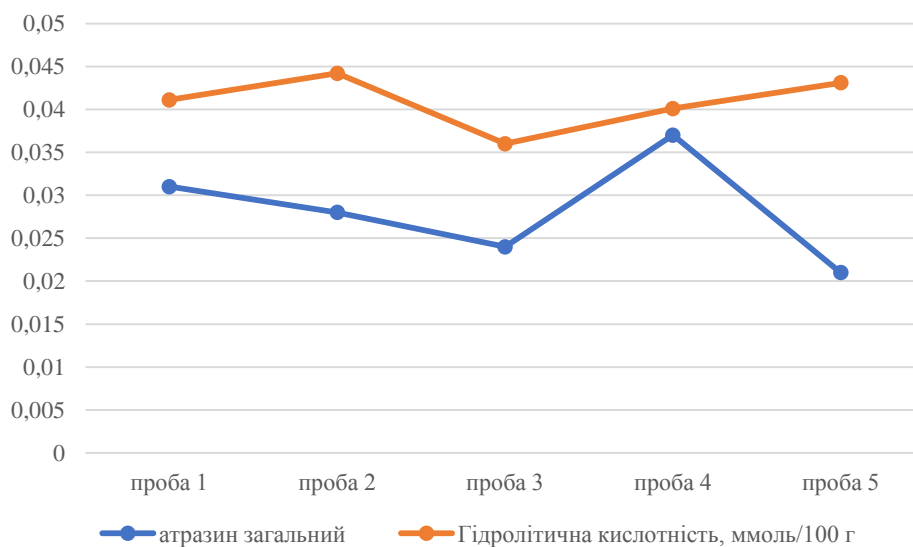


Рисунок 4.5 – Залежність вмісту атразину та показника гідролітичної кислотності

Наступне порівняння ми провели по показнику вмісту гумусу (рис. 4.6).

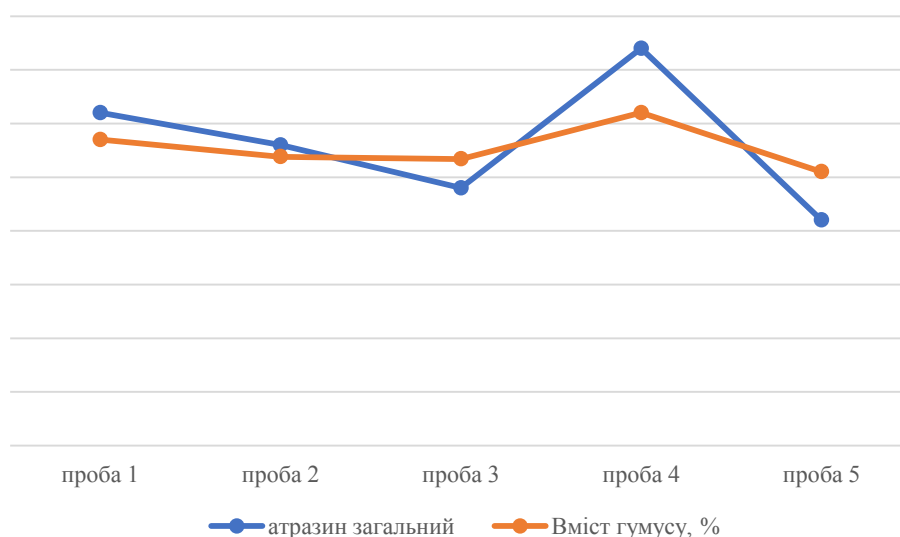


Рисунок 4.6 – Аналіз залежності вмісту атразину та гумусу

З наведеного графіку ми можемо прослідкувати наступну залежність – чим більше вміст гумусу тим більший показник вмісту атразину. Це

пояснюється тим, що органічні сполуки сприяють накопиченню атразину в ґрунтах.

Наступний аналіз порівняння вмісту атразину та аніонно-катионного складу ґрунту наведений на рисунку 4.7.

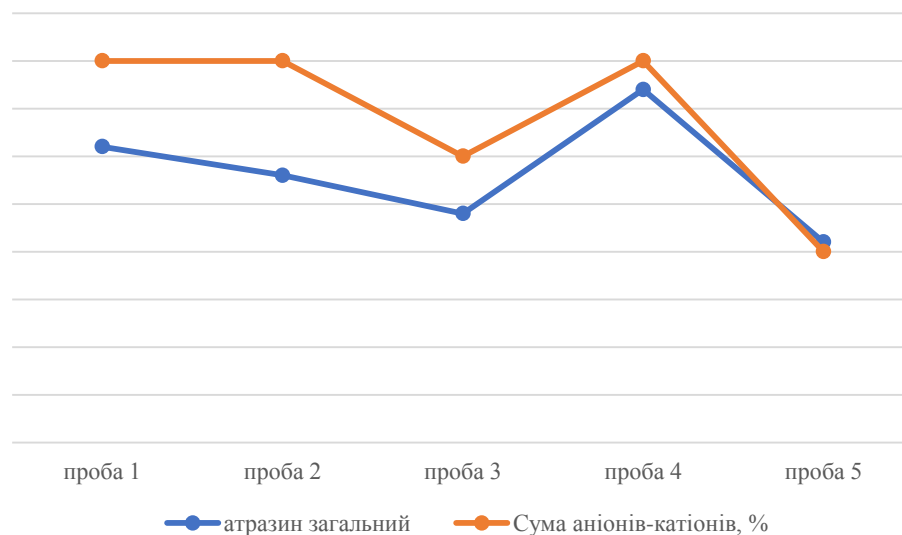


Рисунок 4. 7 – Залежність вмісту водорозчинного атразину та загальної мінералізації

Як ми бачимо, прослідковується залежність вмісту водорозчинного атразину та загальної мінералізації ґрунту.

Аналіз за всіма іншими показниками залежність не виявив. Слід відмітити, що на накопичення гербіцидів в ґрунтах впливають не тільки фізико-хімічні показник, а і інші показники стану ґрунтів. Тож для більш детального вивчення, що саме впливає на накопичення атразину в ґрунтах необхідно продовжити вивчення властивостей досліджуваних ґрунтів.

РОЗДІЛ 5 ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ ТА ЇХНЄ УПРАВЛІННЯ

5.1 Оцінка екологічних ризиків від застосування пестицидів: необхідність та підходи

Застосування пестицидів у сільському господарстві є незамінним інструментом для контролю шкідників, бур'янів та хвороб, що дозволяє забезпечувати високі врожаї та якість продукції. Однак, разом з цим, пестициди можуть мати значний негативний вплив на навколишнє середовище та здоров'я людей. Тому оцінка екологічних ризиків від застосування пестицидів є важливою складовою їх безпечного використання. Цей процес включає аналіз потенційного впливу пестицидів на екосистеми, організми та людей, а також визначення рівня прийнятної ризику.

Процес оцінки екологічних ризиків складається з декількох ключових етапів. Перший етап — ідентифікація небезпеки — передбачає визначення хімічних властивостей пестициду та його потенційної токсичності для різних організмів. Це включає аналіз літератури, лабораторні дослідження та моделювання. Наприклад, дослідження токсичності неонікотиноїдів для медоносних бджіл показали, що ці інсектициди можуть викликати значну загибель бджіл навіть при низьких концентраціях.

Наступний етап — оцінка впливу — включає визначення шляхів потрапляння пестициду в навколишнє середовище, таких як поверхневий стік, випаровування, інфільтрація у ґрунт та вимивання у водні ресурси. Важливо враховувати фактори, що впливають на розподіл пестициду в навколишньому середовищі, зокрема погодні умови та тип ґрунту [12-30].

Третій етап — оцінка впливу на екосистеми — передбачає аналіз потенційного впливу пестициду на різні екосистеми та організми, включаючи наземні та водні екосистеми, а також вплив на нецільові види. Наприклад, оцінка впливу гліфосату на водні екосистеми показала, що цей гербіцид може негативно впливати на розвиток та виживаність водних організмів, таких як риби та амфібії.

Завершальний етап — характеристика ризику — полягає в оцінці рівня ризику на основі отриманих даних про токсичність пестициду та його концентрації у навколишньому середовищі. Важливо визначити прийнятний рівень ризику для різних видів та екосистем. Наприклад, дослідження впливу метилпаратіону на репродукцію птахів показали, що цей інсектицид може знижувати рівень розмноження та виживаність потомства, що впливає на чисельність популяцій.

Реальні приклади оцінки екологічних ризиків демонструють важливість цього процесу для захисту навколишнього середовища та здоров'я людей. Наприклад, оцінка ризику від застосування неонікотиноїдів в Європейському Союзі показала, що ці інсектициди можуть мати високий рівень ризику для комах-запилювачів, таких як медоносні бджоли. Лабораторні дослідження токсичності, аналіз шляхів потрапляння неонікотиноїдів у навколишнє середовище та моделювання їхнього впливу на популяції бджіл призвели до обмеження їхнього використання у багатьох країнах для захисту популяцій бджіл та інших запилювачів [12-30].

Інший приклад стосується оцінки ризику від застосування гліфосату, одного з найбільш використовуваних гербіцидів у світі. Оцінка екологічних ризиків від застосування гліфосату включала аналіз його впливу на наземні та водні екосистеми, зокрема на водорості, риб та амфібії. Дослідження показали, що гліфосат може мати негативний вплив на розвиток та виживаність водних організмів, а також потенційно біомагніфікуватися у харчових ланцюгах. В результаті оцінки було рекомендовано зменшити

використання гліфосату у зонах, прилеглих до водних ресурсів, та впровадити заходи для запобігання його потраплянню у воду.

Результати оцінки екологічних ризиків використовуються для прийняття рішень щодо регулювання використання пестицидів. Це включає розробку та впровадження нормативних актів, що встановлюють допустимі рівні пестицидів у навколишньому середовищі, а також рекомендації щодо безпечного застосування пестицидів у сільському господарстві.

Наприклад, на основі оцінки екологічних ризиків від застосування неонікотиноїдів Європейський Союз прийняв рішення про обмеження використання цих інсектицидів. Було заборонено використання неонікотиноїдів на відкритих полях, де вони можуть потрапляти у контакт з комахами-запилювачами. Це рішення було прийнято для захисту популяцій бджіл та інших запилювачів, які є важливими для сільськогосподарських культур та екосистем [12-30].

У США Агентство з охорони навколишнього середовища (EPA) використовує результати оцінки екологічних ризиків для розробки рекомендацій щодо використання пестицидів. Наприклад, було розроблено рекомендації щодо обмеження використання гліфосату поблизу водних об'єктів та створення буферних зон для захисту водних ресурсів.

Крім традиційних методів оцінки ризиків, важливо також враховувати нові підходи та технології, що можуть покращити точність та ефективність цього процесу. Наприклад, використання біоіндикаторів, таких як мікроорганізми або дрібні безхребетні, може допомогти виявити ранні ознаки впливу пестицидів на екосистеми. Також важливим є розвиток комп'ютерних моделей, які дозволяють прогнозувати розподіл та вплив пестицидів у різних екосистемах [12-30].

Оцінка ризиків повинна також враховувати кумулятивні та синергічні ефекти від застосування декількох пестицидів одночасно. Багато пестицидів можуть взаємодіяти між собою, підсилюючи негативний вплив на навколишнє середовище та організми. Це особливо важливо в контексті

інтегрованого управління шкідниками, де використовуються комбінації різних хімічних та біологічних методів.

Оцінка екологічних ризиків від застосування пестицидів є важливим інструментом для забезпечення безпечного використання цих хімічних речовин. Вона включає ідентифікацію небезпеки, оцінку впливу, аналіз ризиків для екосистем та видів, а також використання результатів для розробки регуляторних заходів. Реальні приклади оцінки ризиків, такі як аналіз впливу неонікотиноїдів та гліфосату, демонструють важливість цього процесу для захисту навколишнього середовища та здоров'я людей. Розвиток нових методів та підходів до оцінки ризиків дозволить покращити точність і ефективність цього процесу, забезпечуючи стале використання пестицидів у сільському господарстві [12-30].

5.2 Методи зниження екологічних ризиків від застосування пестицидів: комплексний підхід

Застосування пестицидів у сільському господарстві відіграє важливу роль у забезпеченні високих врожаїв та якості продукції. Проте, їх використання супроводжується значними екологічними ризиками, що вимагає впровадження комплексних заходів для мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище та здоров'я людини. Ці заходи включають раціональне використання пестицидів, впровадження альтернативних засобів захисту рослин, розвиток інтегрованих систем управління шкідниками, покращення технологій та практик обробки, ефективне нормативно-правове регулювання, освіту та підвищення обізнаності фермерів та використання нових технологій та інновацій.

Одним з основних підходів до зниження екологічних ризиків є раціональне використання пестицидів. Це включає оптимізацію дозування, частоти та способів внесення хімічних засобів захисту рослин. Наприклад,

застосування точного землеробства, яке передбачає точкове внесення пестицидів на основі даних про конкретні потреби культур та стан ґрунту, дозволяє значно зменшити кількість використовуваних хімікатів. Це не лише знижує екологічне навантаження, але й економічно вигідно для фермерів.

Ізраїльські фермери активно використовують технології точного землеробства, включаючи системи крапельного зрошення, які дозволяють оптимально дозувати пестициди. Це призводить до значного зменшення використання хімікатів та зниження негативного впливу на навколишнє середовище.

Альтернативні засоби захисту рослин, такі як біопестициди, феромони та природні вороги шкідників, можуть бути ефективними заміниками хімічних пестицидів. Вони менш токсичні для навколишнього середовища та здоров'я людини. У США фермери все частіше використовують біопестициди, зокрема на основі бактерії *Bacillus thuringiensis*, для контролю шкідників. Ці біопестициди ефективні проти гусениць, не завдаючи шкоди іншим комахам та тваринам, що сприяє збереженню екосистемного балансу [12-30].

Інтегроване управління шкідниками (ІПМ) поєднує різні методи контролю шкідників для зниження використання хімічних пестицидів. Цей підхід включає моніторинг шкідників, використання культурних практик, біологічний контроль та раціональне використання хімічних засобів лише в разі необхідності. У багатьох європейських країнах впроваджено ІПМ для вирощування яблук. Це включає моніторинг популяцій шкідників, використання феромонних пасток для контролю плодожерки та застосування біопестицидів. Такий підхід дозволяє зменшити використання хімічних пестицидів на 50-70%, зберігаючи при цьому високий рівень захисту культур.

Використання сучасних технологій та кращих практик обробки дозволяє знизити ризики, пов'язані із застосуванням пестицидів. Це включає використання обладнання для точного внесення, впровадження буферних зон та зони захисту навколо водних об'єктів. В Японії дрони використовуються

для точного внесення пестицидів. Вони оснащені системами GPS і можуть точно визначати місце внесення, що мінімізує розпилення пестицидів на нецільові ділянки. Це дозволяє значно знизити кількість використовуваних хімікатів та зменшити їх негативний вплив на навколишнє середовище.

Ефективне нормативно-правове регулювання є важливим інструментом для зниження екологічних ризиків. Це включає встановлення суворих стандартів для використання пестицидів, регулярний моніторинг та контроль за їх дотриманням, а також стимулювання впровадження екологічно безпечних методів захисту рослин. Європейський Союз впровадив суворі норми та правила щодо використання пестицидів, включаючи заборону на використання деяких високотоксичних хімікатів та обмеження на використання неонікотиноїдів. Це сприяло зменшенню негативного впливу пестицидів на навколишнє середовище та здоров'я людини.

Освіта та підвищення обізнаності фермерів та населення про екологічні ризики, пов'язані з пестицидами, та методи їх зниження є ключовими елементами стратегії. Це включає проведення тренінгів, семінарів та інформаційних кампаній. У багатьох країнах впроваджуються програми навчання фермерів з метою підвищення їх обізнаності про безпечне використання пестицидів та альтернативні методи захисту рослин. Наприклад, в Індії програма "Фермерські поля" (Farmer Field Schools) навчає фермерів методам ІРМ та безпечного використання пестицидів, що сприяє зниженню їх використання та підвищенню екологічної стійкості [12-30].

У сучасному світі нові технології відіграють важливу роль у зниженні екологічних ризиків, пов'язаних із застосуванням пестицидів. Наприклад, застосування дронів для моніторингу полів дозволяє точно оцінити рівні пестицидів у різних частинах поля та виявити зони високого ризику. Також важливим є використання геоінформаційних систем (ГІС) для аналізу розподілу пестицидів у великих масштабах. У Канаді геоінформаційні системи активно використовуються для моніторингу розподілу пестицидів у

різних регіонах. Це допомагає виявляти зони з високим рівнем забруднення та розробляти стратегії для зниження екологічних ризиків.

Зниження екологічних ризиків від застосування пестицидів є складним і багатогранним завданням, що вимагає комплексного підходу. Раціональне використання пестицидів, впровадження альтернативних засобів захисту рослин, розвиток інтегрованих систем управління шкідниками, покращення технологій та практик обробки, ефективне нормативно-правове регулювання, освіта та підвищення обізнаності, а також використання нових технологій та інновацій є ключовими елементами стратегії зниження екологічних ризиків. Лише за допомогою таких заходів можна забезпечити стале використання пестицидів та збереження екологічної рівноваги [12-30].

5.3 Альтернативи застосування пестицидів: біологічні методи боротьби зі шкідниками

Застосування пестицидів у сільському господарстві, хоча й ефективно для контролю шкідників, несе значні екологічні ризики. Це спонукає до пошуку альтернативних методів, які були б менш шкідливими для навколишнього середовища та здоров'я людини. Одним із найперспективніших напрямків є біологічні методи боротьби зі шкідниками, що включають використання природних ворогів шкідників, біопестицидів, а також агроекологічних підходів, таких як змішані посіви та сівозміна.

Природні вороги шкідників, такі як хижі комахи, паразити та патогенні організми, можуть ефективно контролювати популяції шкідників без використання хімічних засобів. Цей метод не лише знижує чисельність шкідників, але й сприяє збереженню біорізноманіття. У Нідерландах, де тепличне господарство є одним з провідних секторів сільського господарства, активно використовуються хижі комахи, такі як хижі кліщі та

оси, для контролю популяцій шкідників, зокрема павутинного кліща та білокрилки. Це дозволяє значно зменшити використання хімічних пестицидів та підтримувати здоровий екологічний баланс у теплицях.

Біопестициди, виготовлені з природних матеріалів, таких як мікроорганізми, рослинні екстракти та інші природні сполуки, є безпечною альтернативою хімічним пестицидам. Вони менш токсичні для нецільових видів та навколишнього середовища. *Bacillus thuringiensis* (Bt) є бактерією, яка виробляє токсини, смертельні для певних комах-шкідників, але безпечні для людей, тварин і корисних комах. У США Bt використовується для контролю шкідників у вирощуванні кукурудзи, бавовнику та овочів. Це дозволяє знизити використання хімічних пестицидів і забезпечити екологічно чистіші продукти.

Агроекологічні методи, такі як змішані посіви, сівозміна та використання покривних культур, сприяють природному контролю шкідників та підвищують стійкість агроecosystem. Ці методи не тільки знижують чисельність шкідників, але й покращують родючість ґрунтів та зменшують ерозію. У багатьох африканських країнах фермери практикують змішані посіви, вирощуючи різні культури на одному полі. Наприклад, комбінація кукурудзи та бобових не тільки сприяє контролю шкідників, але й покращує структуру ґрунту та збагачує його азотом. Це дозволяє зменшити використання хімічних добрив та пестицидів, сприяючи стійкому сільському господарству [12-30].

Інтегроване управління шкідниками (IPM) поєднує різні методи контролю шкідників, включаючи біологічні, механічні, культурні та хімічні засоби. Цей підхід дозволяє знизити використання пестицидів до мінімально необхідного рівня, зберігаючи при цьому високий рівень захисту культур. У багатьох країнах Азії, зокрема у В'єтнамі та Індонезії, впроваджено IPM у вирощуванні рису. Фермери використовують поєднання біологічних контролерів, таких як жаби та хижі комахи, культурних практик, таких як зміна часу посіву, та обмежене використання хімічних пестицидів. Це

дозволяє зменшити витрати на пестициди, знизити екологічний вплив та підвищити врожайність.

Феромони використовуються для контролю шкідників шляхом приманки та дезорієнтації. Це дозволяє знизити чисельність шкідників без використання токсичних речовин. У виноградарських регіонах Франції та Італії фермери використовують феромонні пастки для контролю популяцій виноградного метелика (*Lobesia botrana*). Пастки з феромонами приманюють метеликів, знижуючи їх чисельність та зменшуючи необхідність у хімічних пестицидах.

Органічне землеробство спрямоване на виробництво сільськогосподарської продукції без використання синтетичних пестицидів та добрив. Воно покладається на біологічні методи контролю шкідників, використання компосту та природних мінеральних добрив. Ферма "Earthbound Farm" в Каліфорнії є одним з найбільших органічних виробників овочів та фруктів у США. Вона використовує біологічні методи боротьби зі шкідниками, включаючи використання природних ворогів шкідників та біопестицидів, що дозволяє вирощувати продукцію без використання хімічних засобів захисту рослин. Ферма "Bio-Hof Büsch" у Німеччині практикує органічне землеробство, використовуючи компост, сидерати та біопестициди для підтримки родючості ґрунтів і контролю шкідників. Ферма також застосовує сівозміну та змішані посіви для забезпечення здоров'я ґрунтів і зниження чисельності шкідників [12-30].

Біологічні методи боротьби зі шкідниками представляють собою ефективну та екологічно безпечну альтернативу хімічним пестицидам. Використання природних ворогів шкідників, біопестицидів, агроекологічних підходів, інтегрованого управління шкідниками, генетично модифікованих організмів, феромонів та органічного землеробства дозволяє знизити екологічні ризики, пов'язані із застосуванням пестицидів, та сприяє сталому розвитку сільського господарства. Реальні приклади з різних країн світу демонструють успішність цих методів

5.4 Стале управління агрохімікатами: шлях до екологічної рівноваги

Стале управління агрохімікатами є критично важливим для забезпечення екологічної рівноваги та довготривалого здоров'я сільськогосподарських екосистем. У світі, де застосування агрохімікатів, таких як пестициди та добрива, є невід'ємною частиною сільського господарства, необхідно розробляти і впроваджувати стратегії, які мінімізують їх негативний вплив на навколишнє середовище та здоров'я людини.

Стале управління агрохімікатами базується на кількох ключових принципах, серед яких:

- застосування агрохімікатів у мінімально необхідних кількостях для досягнення ефективності без перевищення допустимих рівнів.
- використання біологічних, механічних та культурних методів для контролю шкідників та підвищення родючості ґрунтів.
- регулярний моніторинг стану навколишнього середовища для виявлення та запобігання негативним впливам агрохімікатів.
- навчання фермерів та агрономів принципам сталого управління агрохімікатами.

Реалізація принципів сталого управління агрохімікатами вимагає інтегрованого підходу, що включає наукові дослідження, розробку нових технологій, нормативне регулювання та освітні програми. Австралійські фермери активно впроваджують технології точного землеробства для оптимізації використання агрохімікатів. Системи GPS, дрони та сенсори дозволяють точно визначати потреби культур у добривах та пестицидах, що знижує їх використання та мінімізує екологічний вплив. Це сприяє

збереженню родючості ґрунтів та зменшенню забруднення водних ресурсів. В Італії органічні фермери використовують біологічні методи контролю шкідників, такі як природні вороги шкідників та біопестициди, для підтримання екологічної рівноваги. Вони також застосовують сівозміни та покривні культури для поліпшення структури ґрунту та зменшення ерозії. Ці методи дозволяють зменшити залежність від хімічних засобів та підвищити стійкість агроecosystem. Європейський Союз встановлює суворі норми та стандарти для використання агрохімікатів, що включає обмеження на використання певних високотоксичних речовин, таких як неонікотиноїди. Регулярний моніторинг та контроль за дотриманням цих норм допомагає запобігти забрудненню навколишнього середовища та забезпечити безпеку харчових продуктів [12-30].

Незважаючи на значні досягнення у впровадженні сталого управління агрохімікатами, існують певні виклики. Один з основних викликів – це необхідність балансування між потребами у високих врожаях та мінімізацією негативного впливу на навколишнє середовище. Високі витрати на впровадження нових технологій та освітні програми також можуть бути перешкодою для малих фермерських господарств.

Проте перспективи розвитку сталого управління агрохімікатами виглядають обнадійливими. Розвиток нових технологій, таких як біотехнології та інформаційні технології, відкриває нові можливості для оптимізації використання агрохімікатів. Зростаюча обізнаність про екологічні проблеми та підтримка з боку урядів і міжнародних організацій також сприяють поширенню сталих практик у сільському господарстві.

Стале управління агрохімікатами є ключовим елементом для забезпечення екологічної рівноваги та довготривалого здоров'я сільськогосподарських екосистем. Оптимізація використання агрохімікатів, впровадження альтернативних методів, регулярний екологічний моніторинг та освітні програми є основними складовими цього підходу. Реальні приклади з різних країн світу демонструють успішність сталого управління

агрохімікатами та його позитивний вплив на навколишнє середовище та здоров'я людини.

РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ

У сучасному сільському господарстві застосування пестицидів є поширеною практикою, необхідною для захисту культур від шкідників і хвороб. Однак ці хімічні речовини можуть мати серйозні негативні наслідки для здоров'я працівників та навколишнього середовища, що вимагає суворого дотримання правил охорони праці та техніки безпеки. Забезпечення безпеки при роботі з пестицидами є критично важливим для зниження ризиків отруєнь, захворювань та аварійних ситуацій.

Одним з основних аспектів охорони праці є навчання та інформування працівників про небезпеки, пов'язані з використанням пестицидів, та методи їхнього безпечного застосування. Працівники повинні бути ознайомлені з інструкціями щодо використання пестицидів, методами надання першої допомоги та діями у разі аварійної ситуації. Наприклад, проведення спеціальних курсів з охорони праці та техніки безпеки є обов'язковим для всіх працівників, які мають справу з пестицидами. Це допомагає підвищити обізнаність і забезпечити належний рівень підготовки до роботи з небезпечними хімічними речовинами [31-34].

Засоби індивідуального захисту є обов'язковими при роботі з пестицидами. ЗІЗ включають захисний одяг, рукавички, маски або респіратори, захисні окуляри та взуття. Ці засоби допомагають знизити контакт працівників з небезпечними хімічними речовинами та запобігти їхньому потраплянню на шкіру, у дихальні шляхи та очі. Важливо, щоб ЗІЗ були виготовлені з високоякісних матеріалів та відповідали міжнародним стандартам безпеки.

Використання сучасного обладнання для внесення пестицидів також сприяє зниженню ризиків для працівників. Такі системи, як точне землеробство, автоматичні розпилювачі та дрони, мінімізують контакт людей з пестицидами та забезпечують рівномірний розподіл хімікатів на полях. Наприклад, сучасні трактори з GPS-навігацією дозволяють точно визначати місця внесення пестицидів, зменшуючи витрати та мінімізуючи ризик потрапляння хімічних речовин на нецільові ділянки.

Правильне зберігання та транспортування пестицидів є ще одним важливим аспектом безпеки. Пестициди повинні зберігатися у спеціально призначених для цього місцях, подалі від продуктів харчування та кормів для тварин. Важливо забезпечити відповідну вентиляцію та дотримання температурного режиму. Транспортування пестицидів також має здійснюватися відповідно до встановлених норм та правил, щоб уникнути випадкових розливів та забруднень. Наприклад, використання спеціалізованих транспортних засобів з ізольованими відсіками для пестицидів допомагає забезпечити їхню безпечність під час перевезення [31-34].

Проведення регулярних медичних оглядів для працівників, які постійно працюють з пестицидами, є необхідним для виявлення можливих негативних впливів на здоров'я. Це дозволяє вчасно виявити симптоми отруєння або інших захворювань та вжити необхідних заходів для їхнього лікування та запобігання. Наприклад, регулярні огляди у медичних закладах дозволяють контролювати стан здоров'я працівників та запобігати розвиткові хронічних захворювань, пов'язаних з роботою з пестицидами.

У Німеччині впроваджено суворі регуляторні вимоги щодо безпечного використання пестицидів. Фермери проходять обов'язкове навчання, де їх ознайомлюють з правилами безпеки та використанням ЗІЗ. Крім того, фермери повинні використовувати спеціальні контейнери для зберігання та транспортування пестицидів, а також регулярно проходити медичні огляди.

У США дрони активно використовуються для внесення пестицидів, що зменшує контакт працівників з хімічними речовинами. Це дозволяє знизити ризики отруєнь та інших негативних впливів на здоров'я. Крім того, дрони забезпечують точне і рівномірне внесення пестицидів, що сприяє ефективності та безпеці процесу.

Для підвищення рівня безпеки необхідно проводити регулярні тренінги та семінари для працівників щодо безпечного використання пестицидів. Це допоможе підвищити їхню обізнаність про потенційні небезпеки та методи запобігання ризикам. Важливо також впроваджувати нові технології, такі як дрони та автоматичні розпилювачі, які дозволяють знизити ризики для працівників та підвищити ефективність застосування пестицидів. Розробка та дотримання нормативно-правових актів є ключовими для забезпечення безпеки. Необхідно розробляти та впроваджувати суворі нормативно-правові акти щодо використання пестицидів, забезпечення безпеки працівників та захисту навколишнього середовища. Регулярний моніторинг та контроль за дотриманням цих норм є важливими для забезпечення безпеки.

Роботодавці повинні забезпечувати працівників необхідними засобами індивідуального захисту та контролювати їхнє використання. Це включає забезпечення якісними захисними костюмами, рукавичками, масками та іншими ЗІЗ [31-34].

Забезпечення охорони праці та техніки безпеки при роботі з пестицидами є важливим завданням для збереження здоров'я працівників та захисту навколишнього середовища. Навчання та інформування працівників, використання засобів індивідуального захисту, впровадження сучасного обладнання, правильне зберігання та транспортування пестицидів, а також проведення регулярних медичних оглядів є ключовими елементами стратегії забезпечення безпеки. Реальні приклади з різних країн демонструють успішність цих заходів та їх позитивний вплив на безпеку праці. Враховуючи виклики та перспективи, подальший розвиток та вдосконалення заходів з

охорони праці є необхідним для забезпечення стійкого та безпечного розвитку сільського господарства.

ВИСНОВОК ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

У ході даної дипломної роботи було досліджено вплив застосування пестицидів на стан навколишнього середовища, а також розглянуто різні методи зниження екологічних ризиків та альтернативи використання хімічних засобів захисту рослин.

- Негативний вплив пестицидів на екосистеми: Пестициди мають значний негативний вплив на ґрунти, водні ресурси, флору та фауну. Вони можуть призводити до накопичення токсичних речовин у ґрунтах та воді, порушувати мікробіологічні процеси, знижувати чисельність корисних комах-запилювачів, а також викликати отруєння та загибель птахів і ссавців.

- Біоаккумуляція та біомагніфікація: Пестициди можуть накопичуватися у живих організмах і передаватися через харчові ланцюги, що призводить до біомагніфікації. Це має серйозні наслідки для здоров'я хижаків та людей, які споживають забруднені продукти харчування.

- Результати досліджень: В результаті досліджень було встановлено, що досліджувані ґрунти відносяться до категорії малогумусні та потребують вапнування. За показником рН ґрунти слабокислі з наближенням до нейтральних. За показниками рухомих форм азоту та фосфору досліджуваний ґрунт відноситься до низькозабезпечених. Концентрація атразина водорозчинного перевищує допустимі норми від двох до п'яти разів. Аналіз показав, що зі збільшенням вмісту гумусу збільшується і накопичення атразину. Також була встановлена залежність атразину від загальної мінералізації. По іншим показникам залежність не виявлена.

- Екологічні ризики: Оцінка екологічних ризиків від застосування пестицидів показала, що багато з них мають високий рівень токсичності для

нецільових видів та можуть викликати довготривалі екологічні проблеми. Важливо враховувати ці ризики при розробці та впровадженні нових пестицидів.

- Альтернативні методи контролю шкідників: Існують ефективні альтернативи хімічним пестицидам, такі як біологічні методи боротьби зі шкідниками, використання біопестицидів, агроекологічні підходи та інтегроване управління шкідниками. Ці методи є екологічно безпечнішими та можуть забезпечити стале сільське господарство.

- Стале управління агрохімікатами: Стале управління агрохімікатами включає оптимізацію використання пестицидів, впровадження альтернативних методів, екологічний моніторинг та освітні програми. Це дозволяє мінімізувати негативний вплив на навколишнє середовище та забезпечити здоров'я сільськогосподарських екосистем.

Виходячи з наведених висновків можна надати наступні рекомендації:

Необхідно активно розвивати та впроваджувати біологічні методи боротьби зі шкідниками, використання біопестицидів та агроекологічні підходи. Це дозволить зменшити залежність від хімічних пестицидів та знизити екологічні ризики.

Важливо проводити освітні програми та тренінги для фермерів щодо сталого управління агрохімікатами та альтернативних методів захисту рослин. Це сприятиме поширенню екологічно безпечних практик у сільському господарстві.

Необхідно здійснювати регулярний екологічний моніторинг рівнів пестицидів у ґрунті, воді та продуктах харчування, а також розробляти і впроваджувати суворі нормативи та стандарти для їх використання.

Підтримка наукових досліджень у галузі біологічних методів боротьби зі шкідниками та розробки нових технологій для сталого управління агрохімікатами є необхідною для забезпечення довготривалого розвитку сільського господарства.

Необхідно розвивати міжнародне співробітництво для обміну досвідом та знаннями щодо сталого управління агрохімікатами, впровадження найкращих практик та новітніх технологій.

Таким чином, для забезпечення стійкого розвитку сільського господарства та захисту навколишнього середовища необхідно впроваджувати комплексні заходи щодо зниження екологічних ризиків від застосування пестицидів. Використання альтернативних методів контролю шкідників, стале управління агрохімікатами, освіта та підвищення обізнаності фермерів є ключовими елементами цієї стратегії. Реалізація цих заходів дозволить забезпечити довготривалу екологічну рівновагу та високу продуктивність сільськогосподарських систем.

ЛІТЕРАТУРА

1. Конвенція про стійкі органічні забруднювачі (Стокгольмська конвенція). Прийнята на конференції в Стокгольмі у 2001 році. Онлайн ресурс
2. Роттердамська конвенція про процедуру попереднього обґрунтованого погодження для деяких небезпечних хімічних речовин і пестицидів у міжнародній торгівлі. Прийнята на конференції в Роттердамі у 1998 році. Онлайн ресурс
3. Регламент (ЄС) № 1107/2009 Європейського парламенту і Ради від 21 жовтня 2009 року щодо розміщення засобів захисту рослин на ринку та скасування директив Ради 79/117/ЄЕС і 91/414/ЄЕС. Онлайн ресурс
4. Директива 2009/128/ЄС Європейського парламенту і Ради від 21 жовтня 2009 року про встановлення рамок дій спільноти для досягнення сталого використання пестицидів. Онлайн ресурс
5. Регламент (ЄС) № 396/2005 Європейського парламенту і Ради від 23 лютого 2005 року щодо максимально допустимих рівнів залишків пестицидів у продуктах харчування та кормах рослинного та тваринного походження і внесення змін до Директиви Ради 91/414/ЄЕС. Онлайн ресурс
6. Закон України "Про пестициди і агрохімікати" від 2 березня 1995 року № 86/95-ВР. Онлайн ресурс
7. Закон України "Про захист рослин" від 14 жовтня 1998 року № 180-XIV. Онлайн ресурс
8. Державні санітарні правила і норми "Гігієнічна класифікація пестицидів за ступенем небезпеки". Затверджені наказом Міністерства охорони здоров'я України від 28 серпня 2000 року № 256. Онлайн ресурс

9. Наказ Міністерства охорони здоров'я України "Про затвердження порядку встановлення максимально допустимих рівнів залишків пестицидів у сільськогосподарській продукції, харчових продуктах та кормах" від 29 грудня 2012 року № 1138. Онлайн ресурс
10. Агентство з охорони навколишнього середовища США (EPA). Регулювання пестицидів. Онлайн ресурс
11. Австралійське агентство з управління пестицидами і ветеринарними ліками (APVMA). Онлайн ресурс
12. Міністерство сільського, лісового та рибного господарства Японії (MAFF). Онлайн ресурс
13. Міністерство охорони здоров'я, праці та соціального забезпечення Японії (MHLW). Онлайн ресурс
14. Konradsen, F., van der Hoek, W., Cole, D.C., Hutchinson, G., Daisley, H., Singh, S., & Eddleston, M. (2003). Reducing acute poisoning in developing countries—options for restricting the availability of pesticides. *Toxicology*, 192(2-3), 249-261.
15. Jayaraj, R., Megha, P., & Sreedev, P. (2016). Organochlorine pesticides, their toxic effects on living organisms and their fate in the environment. *Interdisciplinary Toxicology*, 9(3-4), 90-100.
16. Casida, J.E., & Durkin, K.A. (2013). Neuroactive insecticides: targets, selectivity, resistance, and secondary effects. *Annual Review of Entomology*, 58, 99-117.
17. Miller, G.T. (2004). *Sustaining the Earth*. 6th edition. Thompson Learning, Inc. Pacific Grove, California.
18. Aktar, M.W., Sengupta, D., & Chowdhury, A. (2009). Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards. *Interdisciplinary Toxicology*, 2(1), 1-12.
19. Pimentel, D., & Burgess, M. (2014). Environmental and economic costs of the application of pesticides primarily in the United States. *Integrated Pest Management: Pesticide Problems*, 47-71.

20. European Commission. The EU pesticides database. Онлайн ресурс
21. Григор'єва, О.В. (2019). Пестициди в агроєкосистемах: проблеми та перспективи. Агроєкологічний журнал, №2, с. 24-28.
22. Кравченко, В.Л., та ін. (2017). Вплив пестицидів на біорізноманіття ґрунтової мікрофлори. Вісник аграрної науки, №5, с. 45-50.
23. Сидоренко, І.О. (2020). Оцінка екологічних ризиків використання пестицидів у сільському господарстві України. Екологічний вісник, №3, с. 12-18.
24. Таран, О.В. (2018). Вплив пестицидів на здоров'я людини та шляхи його мінімізації. Український журнал екології, №4, с. 22-28.
25. Ляшенко, В.М. (2016). Екологічні наслідки застосування пестицидів у сільському господарстві України. Науковий вісник НУБіП України, Серія: Екологія, №233, с. 15-22.
26. Aktar, M.W., Sengupta, D., & Chowdhury, A. (2009). Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards. *Interdisciplinary Toxicology*, 2(1), 1-12.
27. Casida, J.E., & Durkin, K.A. (2013). Neuroactive insecticides: targets, selectivity, resistance, and secondary effects. *Annual Review of Entomology*, 58, 99-117.
28. Pimentel, D., & Burgess, M. (2014). Environmental and economic costs of the application of pesticides primarily in the United States. *Integrated Pest Management: Pesticide Problems*, 47-71.
29. Jayaraj, R., Megha, P., & Sreedev, P. (2016). Organochlorine pesticides, their toxic effects on living organisms and their fate in the environment. *Interdisciplinary Toxicology*, 9(3-4), 90-100.
30. Konradsen, F., van der Hoek, W., Cole, D.C., Hutchinson, G., Daisley, H., Singh, S., & Eddleston, M. (2003). Reducing acute poisoning in developing countries—options for restricting the availability of pesticides. *Toxicology*, 192(2-3), 249-261.

31. Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 № 2694-ХІІ
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text>.

32. Охорона праці: обов'язки роботодавців і працівників URL:
<https://berislav-mr.gov.ua/news/ohorona-pratsi-obov-yazky-robotodavtsiv-i-pratsivnykiv/>

33. Створення безпечних і нешкідливих умов праці URL:
<https://wiki.legalaid.gov.ua/index.php/>

34. Інструкція з охорони праці та безпеки життєдіяльності URL:
<http://sanschool11.org.ua/wp-content/uploads/2023/05/%D0%>