ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра загальної та прикладної екології і зоології

Кваліфікаційна робота

бакалавра

На тему: ВПЛИВ АГРОХІМІКАТІВ НА РІСТ ТА ВРОЖАЙНІСТЬ РОСЛИН НА ПРИКЛАДІ SPINACIA ORELACEA

INFLUENCE OF AGROCHEMICALS ON PLANT GROWTH AND YIELD ON THE EXAMPLE OF SPINACIA ORELACEA

Виконав студент 4 курсу, групи 6.1011

спеціальності 101 Екологія

освітньо-професійної програми

Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування

Заїка В.В

Керівник к.с.г.н., доц. Притула Н.М

Рецензент к.б.н., доц. Домбровський К.О

Запоріжжя 2024

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Біологічний факультет

Кафедра загальної та прикладної екології і зоології

Рівень вищої освіти Бакалавр

Спеціальність 101 Екологія

Освітньо-професійна програма

Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри загальної та прикладної екології і зоології,

д.б.н., проф.

О.Ф. Рильський

«_____» _____ 2025 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Заїкі Владиславу Володимировичу

(Прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи Вплив агрохімікатів на ріст та врожайність рослин на прикладі Spinacia Orelacea.

керівник роботи Притула Наталія Михайлівна к.с/г.н., доц

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

затвердження наказом ЗНУ від «29» січня 2025 р. №160-С

2. Строк подання студентом роботи «__» _____ 2025 року

3. Вихідні дані до роботи методичні матеріали, дані попередніх досліджень, особисті спостереження та експериментальні дослідження.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

− Дослідити вплив агрохімікатів на трав’янисту рослинність

− Охарактеризувати та оцінити як добриво вплинуло на ріст та врожайність рослини.

− Зробити висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов’язкових креслень): 4 таблиці, 10 рисунків.

6. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1.	Огляд літературних джерел. Написання відповідного розділу роботи.	09.2024 – 11.2024	Виконано
2.	Вивчення, засвоєння методик дослідження. Написання відповідного розділу роботи.	10.2025 – 01.2025	Виконано
3.	Засвоєння правил техніки безпеки під час виконання експериментальної частини. Написання відповідного розділу роботи.	01.2025 – 02.2025	Виконано
4.	Проведення експериментальних досліджень. Оформлення результатів експерименту.	01.03.2025 – 30.04.2025	Виконано
5.	Оформлення кваліфікаційної роботи. Передзахист роботи.	01.05.2025 – 19.05.2025	Виконано
6.	Рецензування кваліфікаційної роботи.		Виконано
7.	Захист кваліфікаційної роботи.	19.06.2025	Виконано

Студент _____ В.В Заїка

Керівник роботи _____ Н.М Притула

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ К.О Домбровский

ЗМІСТ

ЗМІСТ 3
РЕФЕРАТ 4
ABSTRACT 5
ВСТУП 6
1 ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ 8
1.1 Застосування пестицидів, як засобу захисту рослин 8
1.2 Безпечне використання агрохімікатів та пестицидів 15
2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ 31
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА 37
ВИСНОВКИ 41
ВИКОРИСТАННІ ДЖЕРЕЛА 43

РЕФЕРАТ

Робота складається з 49 сторінок, 10 рисунків, 4 таблиць. Було використано 54 інформаційних джерел, із них 16 іноземною мовою.

Кваліфікаційна робота присвячена вивченню впливу агрохімікатів, зокрема гумату калію, на ріст і врожайність *Spinacia oleracea* (шпинату городнього). У роботі проведено теоретичний аналіз наукових джерел щодо використання добрив та пестицидів у сільському господарстві, окреслено їх переваги та потенційні екологічні ризики.

Основна увага приділена експериментальному дослідженню, під час якого визначено позитивний вплив органо-мінерального добрива на морфологічні показники шпинату. Результати експерименту показали, що застосування гумату калію сприяє суттєвому прискоренню росту рослин, збільшенню біомаси та покращенню якості листя, що свідчить про ефективність даного агрохімікату.

Об’єкт дослідження - *Spinacia oleracea*, предмет - вплив агрохімікатів на його ріст і врожайність. Робота має практичну значущість для екологічно обґрунтованого сільськогосподарського виробництва.

АГРОХІМІКАТИ, ПЕСТИЦИДИ, ДОБРИВА, ВРОЖАЙНІСТЬ, РІСТ РОСЛИН, ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ, ТОКСИЧНІСТЬ, ЗАХИСТ РОСЛИН, БІОЛОГІЧНА АКТИВНІСТЬ ГРУНТУ.

ABSTRACT

The work consists of 49 pages, 10 figures, 4 tables. 54 information sources were used, 16 of them in a foreign language.

This coursework focuses on studying the impact of agrochemicals, particularly potassium humate, on the growth and yield of Spinacia oleracea (garden spinach). The paper provides a theoretical analysis of scientific literature regarding the use of fertilizers and pesticides in agriculture, outlining their benefits and potential environmental risks.

The main focus is on the experimental research, which determined the positive effect of the organo-mineral fertilizer on the morphological parameters of spinach. The experimental results showed that applying potassium humate significantly accelerated plant growth, increased biomass, and improved leaf quality, indicating the effectiveness of this agrochemical.

The object of the study is Spinacia oleracea, and the subject is the influence of agrochemicals on its growth and yield. This work has practical significance for environmentally sound agricultural production.

AGROCHEMICALS, PESTICIDES, FERTILIZERS, YIELD, PLANT GROWTH, ENVIRONMENTAL RISKS, TOXICITY, PLANT PROTECTION, SOIL BIOLOGICAL ACTIVITY.

ВСТУП

Актуальність цієї кваліфікаційної роботи обумовлена тим, що сучасне сільське господарство неможливо уявити без використання агрохімікатів, що підвищують врожайність і якість продукції. Проте неправильне чи надмірне їх застосування може мати суттєві негативні наслідки для довкілля, здоров'я людини та біорізноманіття. У зв'язку з цим актуальним є вивчення впливу агрохімікатів на рослини як з точки зору ефективності, так і безпеки.

Метою роботи є дослідити екологічний вплив органо-мінерального агрохімікату (гумату калію) на ріст та врожайність рослин на прикладі *Spinacia oleracea*.

Для досягнення поставленої мети було сформовано та виконано такі *завдання*:

- Провести огляд наукової літератури щодо екологічного впливу агрохімікатів на рослини.
- Вивчити методики дослідження росту та розвитку рослин.
- Провести експеримент з використанням гумату калію на *Spinacia oleracea*.
- Проаналізувати отримані результати та зробити відповідні висновки щодо ефективності добрива.

Об'єктом дослідження є: рослина *Spinacia oleracea* (шпинат городній).

Предметом дослідження є: вплив агрохімікатів (зокрема гумату калію) на ріст і врожайність шпинату.

Методи дослідження: аналіз наукової літератури, експериментальне вирощування рослин, морфометричні вимірювання, статистична обробка результатів.

Практична значущість роботи полягає у можливості застосування отриманих результатів у сільськогосподарській практиці з метою підвищення ефективності вирощування шпинату та інших зелених культур. Виявлений

позитивний вплив органо-мінерального добрива (гумату калію) дозволяє рекомендувати його як екологічно доцільний засіб для стимулювання росту, збільшення врожайності та покращення якості продукції. Результати дослідження можуть бути корисними для агрономів, фермерів, екологів і фахівців у сфері сталого природокористування, оскільки вони сприяють впровадженню безпечних агротехнологій з мінімальним впливом на довкілля.

1 ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Застосування пестицидів, як засобу захисту рослин

Історія розвитку світового сільського господарства свідчить: шкідливі комахи, рослиноїдні кліщі, нематоди, мишоподібні гризуни, грибні, бактеріальні і вірусні хвороби, бур'яни здатні різко знизити валове виробництво і якість продукції, а в окремих випадках навіть цілком знищити врожай. За даними ФАО від шкідливих організмів світові втрати врожаю основних сільськогосподарських культур становлять: пшениці від хвороб – 21%, від шкідників – 11, від бур'янів – 24%; кукурудзи – 12, 10 і 29%; цукрових буряків – 10, 14, і 37%; картоплі – 24, 25 і 23% відповідно [1, 41].

В Україні середньорічні втрати врожаю від шкідників, хвороб і бур'янів становлять 20–30%, в тому числі пшениці – 27, кукурудзи – 29, цукрових буряків – 27, картоплі – 32, плодових – 48% [1] .

Ці втрати включають зменшення врожайності внаслідок пригнічення культурних рослин бур’янами та ушкодження шкідниками і хворобами. Тому для зменшення таких витрат використовують пестициди і різні агрохімікати.

Агрохімікати - це хімічні речовини або їхні суміші, які використовуються в сільському господарстві для підвищення врожайності, покращення якості продукції та захисту рослин від шкідників і хвороб. Вони включають добрива, пестициди, регулятори росту та інші спеціальні препарати[2, 44].

Пестициди відносяться до різних класів органічних і неорганічних сполук. Більшість з них – це органічні речовини, отримані синтетичним шляхом. Відповідно до хімічної класифікації (або за походженням), пестициди поділяються на хлорорганічні, фосфорорганічні, ртутьорганічні, похідні оцтової і масляної кислот та органолу, ціанисті сполуки, препарати кальцію, миш'яку та сірки, алкалоїди тощо [2, 46].

Ефективність використання пестицидів значною мірою залежить від форми препарату та умов, за яких відбувається контакт зі шкідливими

організмами. Для застосування в сільському господарстві виготовляють різні препаративні форми пестицидів: змочувані порошки, водні концентрати суспензій, концентрати емульсій, водні розчини, гранульовані пестициди, водорозчинні гранули. У мікрокапсульованих препаратів діюча речовина вміщена в оболонку (капсулу), яка легко руйнується під впливом тих або інших речовин, світла, механічним шляхом або при нагріванні. Такі препарати застосовують тоді, коли необхідно виключити прямий контакт людини, тварин і рослин з діючою речовиною на певний час або уповільнити його вплив. Мікрокапсулювання пестицидів перспективне оскільки зменшує шкідливий вплив на довкілля [3, 42, 43].

Пестициди є одним із важливих елементів інтенсивних технологій, без яких неможливе одержання високих і стабільних урожаїв практично жодної сільськогосподарської культури. Витрати на їх застосування окуповуються в 5–10 разів [3, 44].

Підвищення урожайності сільськогосподарських культур в умовах сучасного господарювання неможливе без надійного захисту рослин від шкідливих організмів. Причиною недобору близько третини врожаю нині є вплив шкідників, хвороб, бур'янів, а також несприятливих умов розвитку культурних рослин. Вони не тільки знижують рівень урожайності сільськогосподарських культур, але й значною мірою погіршують якість продукції та призводять до значного зростання її собівартості [4, 45].

Залежно від властивостей самих пестицидів, а також від того, які саме шкідники, хвороби чи бур’яни потрібно знищити, і які є умови в господарстві, їх можна застосовувати різними способами. Це можуть бути обприскування, обпилення, протруювання насіння, отруєння шкідників, використання приманок або фумігація (обробка парами чи газами).

Кожен із цих способів має свої особливості, і важливо обирати правильний варіант у залежності від ситуації. Треба враховувати, як розвиваються шкідники, яку культуру обробляють, які властивості має сам препарат і які екологічні умови навколо.

Обприскування – найпоширеніший спосіб нанесення на поверхню, що обробляється, пестициду у вигляді розчинів, емульсій та суспензій. Перевага його полягає в тому, що при малих витратах діючої речовини на одиницю площі можна забезпечити рівномірний розподіл рідини і покриття поверхні; при додаванні до складу робочої рідини прилипачів забезпечується надійне утримання препарату на поверхні, що обробляється, а при додаванні синергістів – одержання синергічного ефекту. Можна застосовувати суміші пестицидів одного або різного призначення. Ефективність обприскування певною мірою залежить від метеорологічних умов [5].

До мінусів цього методу можна віднести те, що іноді витрачається багато води, складно правильно приготувати робочі розчини і точно дотримуватись норми використання рідини та препарату.

Речовини для обприскування – це різні дисперсні системи, тобто розчини, суспензії або емульсії. Тут вода виступає як основа (середовище), а часточки пестициду - це тверді чи рідкі елементи, які розподілені у воді.

За кількістю рідини, яку використовують на певну площу, обприскування поділяють на три типи: багатолітражне, малооб’ємне і ультрамалооб’ємне.

Обпилювання. Цей спосіб полягає у безпосередньому нанесенні на поверхню рослин, комах дрібномелених пилоподібних препаратів пестицидів за допомогою спеціальної наземної або авіаційної апаратури. Перевага цього методу полягає в його простоті, високій продуктивності та незалежності від наявності води [5].

Головні мінуси методу обпилювання – це те, що витрачається набагато більше препаратів, ніж при інших способах, а також сильне запилення повітря на робочому місці, що може бути небезпечним для працівників. Крім того, вітер і повітряні потоки можуть розносити пестициди на великі відстані, що іноді призводить до небажаних наслідків. Пестициди при обпилюванні розподіляються менш рівномірно і гірше тримаються на поверхні [5,6,46].

Окрім загальних вимог, пестициди для обпилювання мають бути спеціальними - вони повинні добре розпилюватися, рівномірно осідати і міцно прилипати до обробленої поверхні. Оптимальний розмір часточок для обпилювання з землі – від 15 до 25 мікрон, а для авіаційного – від 25 до 40 мікрон [5, 46].

Протруювання. Це спеціальний спосіб – застосування препаратів для знешкодження збудників грибних і бактеріальних хвороб, які поширюються через насіння, садивний матеріал і ґрунт. Протруювання проводять спеціальними фунгіцидними препаратами, які називають протруйниками. Протруювання посівного і садивного матеріалу є обов'язковим технологічним заходом при вирощуванні сільськогосподарських культур [5].

У сучасному сільському господарстві дуже важливо добре підготувати насіння перед посівом, щоб отримати хороший і стабільний врожай. Надійний захист насіння на ранніх стадіях розвитку рослин допомагає отримати здорові та міцні сходи. Для цього існує кілька технологій обробки насіння різними речовинами і способами. Серед них – дражування, інкрустування, гідрофобізація, капсулювання і токсикація. Кожен метод має свої особливості та переваги, які допомагають підвищити схожість насіння, захистити його від шкідників і хвороб, а також створити хороші умови для росту майбутніх рослин [41, 42].

Дражування насіння - це метод обробки, що полягає в нанесенні на насінину одно- або багатошарової оболонки, до складу якої входять макро- та мікроелементи, регулятори росту, пестициди та інші речовини. Процедуру здійснюють у спеціалізованому обладнанні – дражираторах. У результаті навколо насінини формується штучна оболонка, яка надає їй округлої форми, вирівнює вагу та розміри. Завдяки додаванню пестицидів до складу оболонки забезпечується захист насіння і проростків від шкідників і хвороб. Найбільш широке застосування цей метод знайшов у вирощуванні овочевих культур і цукрових буряків [6, 41].

Для дражування насіння овочевих культур використовують суміші з таких компонентів, %: торфу – 26,8 – 25,8; діатоліту – 26,8 – 25,8; натрійкарбоксиметилцелюлози – 0,6-0,7; суперфосфату – 1,1–1,2; води – 44,5–44,7; пестицид – згідно з фітосанітарним станом насіння та нормою витрати для відповідного виду рослин [6].

Інкрустування насіння – спосіб обробки насіння, який передбачав нанесення на оболонку насінин полімерної плівки, до складу якої входять необхідні для активізації проростання насіння речовини та пестициди для захисту його від ураження ґрунтовими збудниками хвороб і шкідниками. Під впливом грунтової вологи полімерна плівка набрякає і пропускає воду до насіння. Використання розчинів полімерів передбачає надійне закріплення пестицидів на поверхні насіння, значно зменшує пестицидне навантаження на навколишнє середовище, поліпшує санітарно-гігієнічні умови праці при обробці та висіванні насіння [6].

Під час інкрустування насіння робочий розчин проникає в зони мікропошкоджень, особливо в області зародка, створюючи сприятливі умови для активного росту і розвитку проростків. Процедуру здійснюють шляхом змочування насіння водним розчином полівінілового спирту з концентрацією 1–2 %. Об’єм витрати робочої суміші залежить від культури і зазвичай становить 40–50 літрів на тонну насіння [6].

Гідрофобізація насіння – технологічний захід, який передбачає обробку насіння гідрофобним плівкоутворювальним розчином, до складу якого входять відповідні пестициди. Гідрофобізація насіння дає можливість надійно закріпити на ньому пестицид і подовжити термін захисної дії препарату. Поряд з цим до робочих гідрофобних розчинів можна додавати мікро– і макроелементи, регулятори росту, репеленти тощо. Основне призначення гідрофобізації – захист насіння від пошкодження ґрунтовими шкідниками і ураження фітопатогенними грибами [7].

Капсулювання насіння – технологічний захід, який передбачає створення навколо насіння штучної оболонки, яка на певний час захищає насіння від

несприятливих погодних умов, що дає можливість регулювати строки його проростання [7].

На практиці застосовуються різні методи капсулювання насіння, які передбачають приготування спеціальних робочих сумішей, до складу яких входять вода, пестициди, репеленти та інші біологічно активні компоненти. Капсулювання є одним із засобів, що забезпечує створення оптимального живильного середовища для проростання насіння та його захист від ґрунтових шкідників і збудників хвороб [7].

Токсикація рослин. Останнім часом у хімічному захисті набув широкого застосування метод токсикації рослин шляхом передпосівної обробки насіння пестицидами або припосівного внесення їх у формі гранул у грунт [7].

Цей метод вважається значно ефективнішим порівняно із суцільним обприскуванням посівів завдяки ряду ключових переваг. Насамперед, він є менш шкідливим для довкілля, зокрема для ентомофагів, що пояснюється локальним характером застосування – пестициди не потрапляють у повітря, а також значно нижчими нормами витрати препаратів (у 3–4 рази меншими й більше). На відміну від обприскування, метод токсикації забезпечує надійний захист проростків від шкідників, таких як хлібна жужелиця, бурякові довгоносики та інші, у критичний період їхньої активності. Крім того, важливою перевагою цього способу є можливість комплексного внесення інсектицидів, фунгіцидів, добрив, мікроелементів та біологічно активних речовин в одному технологічному процесі [7].

Фумігація. Суть методу полягає у використанні пестицидів, які виділяють отруйні гази і пару. Найчастіше фумігацію застосовують для знезараження різних приміщень від шкідників запасів, ґрунту, насіння та інших рослинних продуктів. Роботи необхідно проводити згідно зі спеціальними інструкціями, обов'язково дотримуватися встановлених регламентів [7].

Отже, кожен із цих методів має свої особливі риси та переваги, які допомагають покращити якість насіння і захистити його від шкідливих

факторів – як погодних, так і шкідників чи хвороб – на ранніх стадіях росту рослин. Використання таких технологій допомагає отримати більш рівномірні та міцні сходи, а також може позитивно впливати на навколишнє середовище, бо захисні засоби застосовуються більш точно і економно.

Вибір способу обробки насіння залежить від багатьох факторів: який це вид культури, які умови ґрунту і клімату, які шкідники чи хвороби можуть з’явитися, а також від технічних можливостей самого господарства.

1.2 Безпечне використання агрохімікатів та пестицидів

Ми вже говорили про те що, застосування агрохімікатів, зокрема пестицидів, є невід'ємною частиною сучасного сільського господарства. Вони допомагають захищати рослини від шкідників, хвороб і бур’янів, тим самим підвищуючи врожайність та забезпечуючи стабільність аграрного виробництва. Проте ці речовини мають потенційно небезпечні властивості, тому їх використання повинно здійснюватися відповідально, з дотриманням санітарно-гігієнічних, екологічних та технологічних норм.

1) Вибір і підготовка препаратів

Безпечне застосування пестицидів починається з вибору препарату. Важливо використовувати лише ті засоби, що дозволені до використання в конкретній країні, мають відповідні сертифікати і відповідають регламентам. Перед застосуванням необхідно уважно ознайомитися з інструкцією, особливо щодо дозування, термінів очікування, рекомендованих культур і допустимих норм витрати [39,40].

2) Зберігання та транспортування

Пестициди слід зберігати в спеціально відведених, добре вентильованих і захищених від прямих сонячних променів приміщеннях, недоступних для дітей та тварин. Усі препарати мають зберігатися в оригінальній упаковці з чітким маркуванням. Транспортування повинно проводитись у закритій тарі, окремо від харчових продуктів, кормів і води [39,40].

3) Індивідуальні засоби захисту

Під час приготування робочих розчинів і безпосереднього внесення агрохімікатів необхідно використовувати засоби індивідуального захисту: спеціальний одяг, рукавички, захисні окуляри, респіратори або протигази. Після роботи обов’язково слід ретельно вимити руки й обличчя, змінити одяг і прийняти душ [39,40].

4) Технології внесення

Для запобігання негативному впливу на довкілля та здоров’я людини важливо дотримуватись технології внесення препаратів. Застосування повинне проводитись у безвітряну або маловітряну погоду, з урахуванням температури, вологості й інших погодних умов. Слід уникати потрапляння пестицидів у водойми, на суміжні культури чи пасовища [39,40].

5) Охорона довкілля

Пестициди можуть мати тривалий вплив на ґрунт, воду та корисних комах, зокрема запилювачів і ентомофагів. Тому необхідно мінімізувати їх використання, впроваджувати інтегровані системи захисту рослин, чергувати різні препарати і способи обробки, щоб уникнути резистентності та зменшити екологічне навантаження [39,40].

6) Утилізація залишків

Залишки робочих розчинів і використана тара не повинні потрапляти в довкілля. Їх необхідно утилізувати відповідно до нормативних вимог, передбачених чинним законодавством. Заборонено використовувати порожню тару з-під пестицидів у побутових цілях [39,40].

Підсумовуючи вище сказане, можемо зробити висновок що, безпечне використання пестицидів – це не лише питання технології, а й культури ведення господарства. Дотримання встановлених правил і рекомендацій дозволяє досягти ефективності в захисті рослин, не завдаючи шкоди людині, тваринам і навколишньому середовищу.

Попри так звану користь для врожаю, пестициди несуть значно більший негативний вплив на довкілля та на життя і здоров’я людини.

Пестициди забруднюють ґрунти, повітря, водні ресурси, у тому числі підземні водоносні горизонти. При розпиленні пестициди потрапляють на сусідні земельні ділянки, знищують листя дерев та іншу рослинність. Гинуть від пестицидів і комахи. Цілими сім’ями вимирають бджоли, які є індикатором чистого довкілля [8, 41].

Пестициди мають здатність накопичуватися в сільськогосподарській продукції, з якої потрапляють до організму людей і тварин. Подібну шкідливу дію чинять забруднені пестицидами вода та повітря. Потрапляння цих речовин в організм людини може спричинити утруднене дихання, ураження центральної нервової системи, інтенсивний головний біль, розлади травлення, підвищення температури тіла, а в окремих випадках – навіть кому. Тривале надходження пестицидів до організму супроводжується значним зниженням маси тіла, погіршенням слуху, розвитком катаракти та алергічними реакціями [8, 41].

Оцінювання екологічної небезпеки пестицидів базуються на санітарно-гігієнічних і токсикологічних показниках пестицидів: здатність зберігати свої властивості в ґрунті і воді, здатність мігрувати ґрунтовим профілем, накопичення в сільськогосподарській продукції, вплив на природу. В той же час використання пестицидів обумовлено необхідністю збереження врожаю сільськогосподарських культур, тому їх вносять в грунти, і таким чином пестициди безперервно циркулюють у навколишньому середовищі. Циркуляція пестицидів обумовлена їх фізико-хімічними властивостями і умовами середовища, в яке вони потрапляють [8].

Використання пестицидів допомагає захистити урожай від шкідників та хвороб, Проте шкода від їхнього використання є значно більшою.

Небезпеку несуть не тільки діючі речовини препаратів, але і продукти їх метаболізму. Незалежно від способу застосування основна маса пестицидів потрапляє в ґрунт. Кількості, в яких пестициди знаходяться у навколишньому середовищі, значно перевищують здатність природи до самоочищення. За сучасними даними, лише 1–3% фунгіцидів та інсектицидів досягають мети, лише 5–40% гербіцидів знищують бур’яни, а не використані кількості залишаються в ґрунті [9].

Ґрунт має дуже важливе значення в кругообігу пестицидів у природі. Деякі пестициди можуть залишатися в навколишньому середовищі дуже довго – навіть до 40 років і більше. Особливо небезпечна міграція стійких

пестицидів, які важко розкладаються. Старі склади агрохімікатів часто стають постійним джерелом забруднення ґрунту. Це створює серйозну екологічну проблему через складний хімічний склад забруднень, високу токсичність речовин і неправильне зберігання [36].

Усі без винятку пестициди при ретельному вивченні виявляли або мутагенну, або інші негативні дії на живу природу і людину. Близько 90% усіх фунгіцидів, 60% гербіцидів і 30% інсектицидів є канцерогенними2, тобто здатними викликати ракові захворювання, і є надзвичайно токсичними для довкілля і людей [37].

Біологічні процеси є основними в розкладанні більшості пестицидів. Біологічна активність ґрунту визначається його типом, генетичним шаром, pH, вмістом органічної речовини, гідротермічним режимом, умовами аерації тощо. Особливості поширення ґрунтових мікроорганізмів пов'язані з географією основних типів ґрунтів. У міру просування із півночі на південь біогенність ґрунтів зростає. Різну мікробіологічну активність ґрунтів визначає температурний режим [10].

Швидкість розкладання пестицидів залежить від типу ґрунту, його складу та рівня окультуреності. Через нерівномірну активність мікрофлори в різних шарах ґрунту пестициди розкладаються не повністю. Найнебезпечнішими є інертні та стійкі препарати, що здатні мігрувати вглиб і зберігатися там тривалий час без змін [10, 49].

Для більшості ґрунтових мікроорганізмів оптимальний показник pH = 6,5 – 7,5 (нейтральне середовище). Можна передбачити, що в межах цих показників pH мікробіологічна трансформація (розкладання) пестицидів у ґрунті повинна проходити найбільш інтенсивно [10, 50].

Дослідження показують, що рівень pH середовища по-різному впливає на перетворення різних пестицидів. Активність пестицидів знижується через те, що вони та продукти їх розпаду поглинаються ґрунтовими колоїдами.

Якщо у ґрунті накопичується більше води, ніж він може увібрати, разом із пестицидами вона може легко проникати у підземні води. Таке часто відбувається під час сильних злив або при надмірному поливі.

Більшість фунтових мікроорганізмів є активними в аеробних умовах, тому найчастіше аерація позитивно впливає на розкладання пестицидів. Пестициди як біологічно активні речовини не повинні накопичуватися у ґрунті в концентраціях, які негативно впливають на життєдіяльність мікроорганізмів. Тому застосовувати пестициди необхідно згідно з регламентом, особливо дотримуватися норми витрати препаратів, що є надзвичайно важливим для самоочищення фунту [10].

Леткість пестицидів залежить від температури та вологості фунту і повітря. Наприклад, через 15 хв після застосування ептаму втрати його з сухого фунту становлять 20 %, з вологого 27, з сирого – 44%. Це стосується й інших летких препаратів, які вносяться у фунт. Адсорбція пари летких пестицидів сухим грунтом значно вища, ніж вологим. Це дає змогу застосовувати їх при сухому грунті без ризику зменшення ефективності [10, 31, 30].

Наскільки сильно пестициди поглинаються ґрунтом, багато в чому залежить від того, скільки в ньому гумусу. У ґрунтах з великим вмістом органічних речовин пестициди утримуються краще, ніж у суглинках чи пісках [30].

На жаль, в Україні є багато прикладів шкідливого впливу пестицидів. Наприклад, у 2015–2016 роках у 25 селах Рівненської області компанія ТзОВ «Акріс Агро» обробляла поля невідомими пестицидами без відповідного маркування, прямо поруч із житловими будинками. Через це у багатьох людей з’явилися симптоми отруєння – запаморочення, нудота, що підтвердили звернення до лікарів. Постраждала й природа: були пошкоджені дерева, загинули як свійські, так і дикі тварини, а також сталася масова загибель бджіл. У 2024 році подібні випадки повторилися у Рівненській, Житомирській, Черкаській та Сумській областях - знову отруїлися люди і загинули сотні бджолиних сімей [37].

В світі існує багато різновидів агрохімікатів, але розглянемо агрохімікати, які вважаються особливо небезпечними через їхній вплив на здоров'я людини, довкілля та корисних комах. Деякі з них заборонені в Європейському Союзі, але досі дозволені до використання в Україні.

Таблиця 1.1 – Найнебезпечніші агрохімікати та пестициди

№	Назва препарату	Клас пестициду	Потенційна небезпека	Статус в ЄС
1	Імідаклоприд	Неонікотиноїд (інсектицид)	Токсичний для бджіл, порушення нервової системи у людей	Заборонений
2	Тіаметоксам	Неонікотиноїд (інсектицид)	Високотоксичний для бджіл, можливі ризики для людини	Заборонений
3	Хлорпірифос	Органофосфат (інсектицид)	Порушення розвитку у дітей, ендокринні розлади	Заборонений
4	Карбендазим	Фунгіцид	Токсичний при тривалому контакті, подразнення органів	Заборонений
5	Ацетохлор	Гербіцид	Ендокринні порушення, гормональні збої	Заборонений
6	Пропіконазол	Фунгіцид (триазол)	Можлива канцерогенність, ендокринні порушення	Заборонений

У сучасному сільському господарстві пестициди та агрохімікати залишаються важливим інструментом для підвищення врожайності та забезпечення продовольчої безпеки. Однак разом з ефективністю вони несуть серйозні ризики для здоров'я людини, тварин, комах-запилювачів та довкілля загалом. Особливо небезпечними є ті препарати, що містять хімічні речовини, визнані токсичними, мутагенними, канцерогенними або такими, що порушують ендокринну систему [39, 41].

Як показано в таблиці, низка препаратів, зокрема імідаклоприд, хлорпірифос, ацетохлор та інші, заборонені в Європейському Союзі, проте досі використовуються в окремих країнах, включно з Україною. Це свідчить про необхідність перегляду національних підходів до регулювання використання пестицидів, посилення контролю за їх обігом, а також ширшого впровадження екологічно безпечних технологій.

Забезпечення безпеки сільськогосподарського виробництва повинно базуватись на принципах сталого розвитку: мінімізація хімічного навантаження, впровадження інтегрованих систем захисту рослин, використання біологічних засобів і агротехнічних прийомів. Ключову роль також відіграє навчання фермерів, агрономів і всіх, хто працює з агрохімікатами, адже грамотне використання навіть дозволених препаратів здатне значно знизити ризики для здоров’я людей і довкілля [38].

У низці наукових праць висвітлено результати досліджень щодо процесів руйнування, накопичення та переміщення пестицидів у ґрунті, водоймах і рослинах, а також оцінки екологічних ризиків і екотоксикологічного обґрунтування їх використання під час вирощування різних сільськогосподарських культур [30].

Проте через постійне оновлення асортименту інсектицидів, їхнє неконтрольоване використання та порушення регламентів застосування залишається актуальним завданням виявлення найбільш ефективних і водночас найменш шкідливих для довкілля препаратів.

У структурі асортименту пестицидів за кількістю препаратів, дозволених до використання в Україні, інсектициди посідають одне з останніх місць і в загальному обсязі внесених пестицидів у 2020 р. становили лише 6,3%. Водночас за показниками токсичності та небезпечності під час потрапляння в організм людини та за впливом на нецільові об’єкти інсектициди і акарициди посідають перше місце [11].

Прояв токсичності визначається фізико-хімічними властивостями речовини, тоді як характеристика токсичного процесу є функцією кількості

діючої речовини та залежить від низки чинників. Вважають, що застосування пестицидів є методом управління якістю агроценозів, який враховує економічну доцільність і екологічну безпеку. Зазначене і визначає актуальність проведених досліджень щодо екотоксикологічної оцінки інсектицидів і акарицидів, які найчастіше використовують у технологіях вирощування різних сільськогосподарських культур [11].

Використання пестицидів може мати негативний вплив на різні нецільові види, які відіграють важливу роль у функціонуванні екосистем. До цих видів належать запилювачі, комахи-хижаки, риби, земноводні, птахи та ссавці. Непередбачений вплив пестицидів на такі різноманітні види підкреслює широкі та значні наслідки їх використання. Пестициди можуть безпосередньо спричиняти підвищення смертності або зниження фертильності у цільових видів, що призводить до зменшення їх популяцій [48].

Крім того, непрямий вплив може виникати через екологічні зміни, зміну середовища існування та конкуренцію за ресурси між видами, що призводить до коливань популяцій різних видів [49].

Розглянемо таке поняття як дрейф пестицидів. Дрейф пестицидів – це ненавмисне переміщення крапель пестицидів під час та після їх застосування. За даними Агентства з охорони навколишнього середовища США (USEPA), дрейф пестицидного розпилення відбувається, коли пил або краплі пестицидів переносяться повітрям на ділянки за межами цільової ділянки під час або невдовзі після застосування. Це може призвести до впливу пестицидів на нецільові ділянки та потенційно спричинити негативний вплив на навколишнє середовище та здоров'я [48].

Дрейф можна розділити на дві категорії: дрейф частинок та дрейф пари. Дрейф частинок включає рух частинок і крапель, тоді як дрейф пари виникає, коли пестицид випаровується як під час, так і після застосування [49].

Тверді частинки, що беруть участь у дрейфі частинок, можуть складатися з частинок ґрунту, оброблених пестицидами або інсектицидами. Важливо зазначити, що деякі пестициди є леткими, що означає, що за певних

умов вони можуть легко переходити з твердої або рідкої форми в газоподібну [50].

Летючість, склад та розмір частинок пестицидів впливають на їхню поведінку під час застосування. Високолеткі пестициди більш схильні до випаровування та відхилення від цільової області застосування. Деякі пестицидні формуляції більш схильні до дрейфу, ніж інші. Наприклад, емульговані концентрати та спреї наднизького об'єму, як правило, мають вищу швидкість дрейфу порівняно зі змочуваними порошками. Ці фактори є важливими міркуваннями для ефективного та безпечного застосування пестицидів Різниця в поведінці між формуляціями емульгованих концентратів (ЕК) та змочуваних порошків (ЗП) в першу чергу зумовлена розчинниками, які вони містять. Формули ЕК містять розчинники, які знижують поверхневий натяг розчину для розпилення, що призводить до створення менших крапель, які більш схильні до дрейфу. З іншого боку, ЗП, які не містять розчинників, утворюють більші краплі, які менш схильні до дрейфу. Крім того, в'язкість пестициду впливає на розмір крапель, що утворюються під час обприскування [51].

На рух та вплив дрейфу пестицидів впливає безліч факторів. До них належать топографія місцевості, наявність водойм та густота рослинності. Наприклад, пагорби, долини та ліси можуть впливати на режим вітру, що призводить до турбулентності, яка змінює напрямок та силу дрейфу пестицидів. Крім того, взаємодія крапель пестицидів з рослинами та ґрунтовим покривом є вирішальним фактором. Тип флори та топографія регіону можуть суттєво впливати на ступінь дрейфу пестицидів. Ці змінні є критично важливими для зменшення або прискорення потоку пестицидів від їх передбачуваної зони застосування. Розробка ефективних планів управління дрейфом вимагає глибокого розуміння цих факторів. Краплі можуть демонструвати різну поведінку на різних поверхнях, таку як підстрибування або кочення, що потенційно впливає на ступінь дрейфу. Крім того, густота рослинності є ключовим фактором, оскільки ділянки з рідкою рослинністю

можуть допускати більше проникнення вітру та подальший дрейф порівняно з ділянками з більш рясною рослинністю [50,51,52].

Забруднювачі, що потрапляють у водойми, надходять з двох основних джерел: природних та антропогенних. До природних джерел належать опади та використання людиною зрошення. Забруднювачі можуть потрапляти у водні об'єкти шляхом пасивного транспорту або залежно від напрямку вітру. Пестициди накопичуються у ґрунтових водах такими шляхами, як опади, вимивання та стік із сільськогосподарських ґрунтів [52].

Дослідження показали, що щільність рослин є значним фактором кількості пестицидів на поверхні ґрунту. Пестициди можуть проникати у прісноводні середовища існування та екосистеми через точкові джерела, дифузію або випадкові розливи [53].

Розуміння процесів деградації пестицидів має вирішальне значення для прогнозування їхнього потенціалу накопичуватися в ґрунті, просочуватися в ґрунтові води або зберігатися в певних середовищах. Після нанесення на ґрунт пестициди зазвичай проходять одним із трьох шляхів: прикріплюючись до частинок ґрунту, розкладаючись під дією організмів та/або вільних ферментів або проходячи через ґрунт, коли присутня вода [54].

Доступ до даних про пестициди та сучасні технології відкриває нові можливості для безпечного використання та захисту від цих речовин. Насамперед, комплексні дані дозволяють відстежувати пестициди протягом усього їхнього життєвого циклу, гарантуючи безпеку довкілля та харчового ланцюга. Крім того, ці дані можна використовувати для моніторингу та оцінки негативного впливу комбінацій пестицидів, що надає важливі докази для оцінки екологічних ризиків, пов'язаних з хімічними речовинами, і закладає основу для прогнозування їхньої токсичності.

Рослини тісно пов’язані з середовищем, яке їх оточує. Для свого розвитку вони вимагають певних умов. Основними факторами життя рослин є світло, тепло, вода, повітря, поживні речовини [12].

Світло енергії сонячного променя. Завдяки хлорофілоносній клітині зеленої рослини безперервно відбувається синтез простих елементів в складні органічні хімічні сполуки – фотосинтез. Світло – джерело електромагнітних імпульсів, які збуджують хлорофіл і забезпечують фотосинтез [12].

Кожна культура неоднаково вимоглива до світлового режиму. Світловий режим характеризується інтенсивністю випромінювання, спектральним складом світла, тривалістю денного освітлення, співвідношенням тривалості дня і ночі (фотоперіодизм).

Тепло необхідне рослинам для синтезу органічних сполук, переміщення поживних речовин по рослині, для проростання насіння і формування врожаю. Різні польові культури мають різні вимоги до тепла. Так, ярій пшениці, ячменю, вівсу за період вегетації потрібна необхідна сума середніх добових температур від 1500 до 2000°С, кукурудзі, рису – від 3000 до 4500°С, бавовнику – 5000°С і більше. На ріст і розвиток рослин згубно діють як низькі, так і високі температури. Оптимальні для кожної культури температури в кожний період знаходяться в досить вузькому температурному інтервалі. Знання вимог рослин до тепла, теплового режиму ґрунту і повітря – важливе завдання землеробства [12].

Різна вимогливість рослин до тепла виявляється вже при проростанні насіння і спостерігається протягом їх життя. Для кожної фази розвитку і росту рослини існують мінімальні, оптимальні і максимальні температури. За вимогливістю до тепла польові культури умовно можна поділити на холодостійкі (культури ранніх строків посіву), середньохолодостійкі (культури середніх строків посіву) і теплолюбні (культури пізніх строків посіву).

Вода. У більшості зелених і свіжозібраних рослин її міститься 75–90%. Рослинна клітина повинна бути постійно насичена водою. З нею в рослину надходять і переміщуються в ній поживні речовини. Вода бере участь в утворенні поживних речовин, фотосинтезі, завдяки їй підтримується постійна температура в рослині, попереджається перегрів її сонцем [12].

Близько 0,2–0,3% увібраної рослинами води витрачається на утворення маси рослини, а більше 99% випаровується, забезпечуючи транспортування поживних речовин і теплорегулюючий ефект [12].

Повітря необхідне рослинам як джерело вуглекислого газу (C02) і кисню (02) для фотосинтезу та дихання і азоту для синтезу білків [12].

Кисень потрібний рослині протягом життя – від проростання насіння до завершення вегетації. Насіння, залите водою, бубнявіє, але не проростає доти, доки до зародка не буде достатнього доступу кисню. Корені більш вимогливі до вмісту кисню, ніж надземні органи [12].

Роль поживних речовин у житті рослин. Елементи мінерального живлення ґрунту. Крім вуглецю, кисню і водню, до складу рослин входить близько 70 хімічних елементів. Більшість із них рослини вбирають з ґрунту. Ті елементи, які після спалювання рослин залишаються в золі (попелі), називаються зольними. Це – калій, фосфор, магній, сірка, марганець, залізо, натрій, бор, кремній та ін. Елементи, вміст яких у рослинах становить більше сотих часток відсотка, називають макроелементами (азот, фосфор, калій, кальцій, кисень, вуглець, водень, сірка та ін.). Елементи, яких рослини містять дуже мало від тисячних до стотисячних часток відсотка, називають мікроелементами (марганець, бор, молібден, мідь, ванадій, цинк, кобальт, йод та ін.), а менше мільйонних часток відсотка льтрамікроелементами (рубідій, цезій, селен, кадмій, срібло, ртуть, золото та ін.) [12, 34, 35].

Крім сонячного світла, вуглекислого газу, кисню і води, розглядають тринадцять важливих елементів живлення для росту рослин.

Вони поділяються на:

1. Макроелементи – N, P, K (азот, фосфор, калій);
2. Мезоелементи – Ca, Mg, S (кальцій, магній, сірка);
3. Мікроелементи – Fe, Mn, B, Zn, Cu, Mo, Cl (залізо, марганець, бор, цинк, мідь, молібден, хлор) [13].

Макро – та мезоелементи є життєво необхідними для рослин, оскільки входять до складу основних структурних компонентів, зокрема білків,

нуклеїнових кислот і хлорофілу. Вони також відіграють ключову роль у фізіологічних процесах, таких як дихання та регуляція осмотичного тиску [13].

Мікроелементи відіграють ключову роль у житті рослин, оскільки входять до складу ферментів, що виступають каталізаторами біохімічних процесів і підвищують їх ефективність. Їхній дефіцит не лише знижує врожайність і провокує різноманітні захворювання, аж до загибелі рослин, але й негативно впливає на якість продуктів харчування для людини й тварин. Мікроелементи сприяють активному росту та розвитку рослин, підвищують їхню стійкість до стресових чинників зовнішнього середовища і відіграють важливу роль у захисті від окремих хвороб [14, 33].

Якщо в ґрунті чи в атмосфері один із елементів, що бере участь в живленні рослин, знаходиться в недостатній кількості чи недостатньо засвоюється, рослина не розвивається або ж розвивається погано. Елемент, що повністю відсутній чи мінімально присутній, перешкоджає іншим поживним сполукам ефективно впливати на рослину, чи, в крайньому, зменшує їх дію. При внесенні в ґрунт відсутнього елементу чи того, що надходить в недостатній кількості, чи забезпечуючи перехід його із нерозчинного стану в розчинний, відбувається відновлення ефективності інших елементів [15].

Таблиця 1.2 Основні елементи живлення і їх роль для рослин

Елемент	Група	Роль у житті рослин
Азот (N)	Макроелемент	Входить до складу білків, нуклеїнових кислот, хлорофілу; стимулює ріст зеленої маси
Фосфор (P)	Макроелемент	Необхідний для енергообміну, формування ДНК/РНК, розвитку кореневої системи
Калій (K)	Макроелемент	Регулює водний баланс, підвищує стійкість до посухи та хвороб

Кальцій (Ca)	Мезоелемент	Важливий для формування клітинних стінок, кореневого росту
Магній (Mg)	Мезоелемент	Центральний елемент хлорофілу, бере участь у фотосинтезі
Сірка (S)	Мезоелемент	Входить до складу амінокислот, сприяє білковому обміну
Залізо (Fe)	Мікроелемент	Участь у диханні, фотосинтезі; необхідне для утворення хлорофілу
Марганець (Mn)	Мікроелемент	Активує ферменти, бере участь у фотосинтезі
Цинк (Zn)	Мікроелемент	Регулює ріст, бере участь у синтезі гормонів

Мінеральні та органічні добрива застосовують для підвищення родючості ґрунтів і стимуляції росту рослин. Азотні, фосфорні й калійні добрива є найпоширенішими у сільському господарстві. Їх правильне використання сприяє формуванню густої, зеленої маси трав, підвищує вміст білка в кормових культурах [16].

Однак надмірне внесення добрив може мати зворотний ефект: накопичення нітратів у рослинах, порушення балансу поживних елементів, пригнічення кореневої системи.

Гербіциди - це хімічні речовини, що знищують небажану рослинність. Їх застосовують для боротьби з бур’янами, які конкурують з культурною травою за світло, вологу та поживні речовини [17].

Проте неправильне використання гербіцидів може призвести до знищення не тільки бур’янів, а й цінної рослинності. Деякі гербіциди мають залишкову дію в ґрунті, яка шкодить наступним посівам. Крім того, постійне застосування гербіцидів сприяє розвитку стійких до них видів бур’янів [28,29].

Пестициди захищають трав’янисту рослинність від ушкоджень і хвороб, тим самим зберігаючи врожайність [30].

Проте побічною дією пестицидів є можливе пригнічення росту або опіки листя при надмірному застосуванні. Також вони можуть впливати на мікрофлору ґрунту, знижуючи його біологічну активність [31].

На трав’янисту рослинність також впливають солі, важкі метали, нафтопродукти та інші промислові забруднювачі. Наприклад, солі, що використовуються взимку для розчищення доріг, викликають засолення ґрунтів, зниження водопоглинання, пригнічення росту трав [18].



Рисунок 1.1 – Дія хімічних речовин на трав’янисту рослинність

Рослини по-різному реагують на хімічні речовини. Деякі трави є стійкими до дії хімікатів (наприклад, пирій, подорожник), інші – дуже чутливими (наприклад, люцерна, конюшина). Тривалий вплив хімікатів призводить до зміни видового складу рослинного покриву.

2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідження впливу агрохімікатів на ріст та розвиток трав’янистих рослин має велике значення для оптимізації їх вирощування та отримання високих врожаїв. Цей експеримент допоможе краще зрозуміти, як добрива впливають на різні аспекти розвитку рослини. Для проведення дослідження впливу було обрано органо-мінеральне добриво збагачене азотом та мікроелементами, а також насіння Шпинату (Spinacia oleracea).

Матеріали та обладнання:

- Насіння шпинату(Spinacia oleracea);
- Ґрунт (чорнозем змішаний з кокосовим субстратом);
- Органо-мінеральне добриво 0.5л
- Горщики для розсади
- Вода відстояна
- Лінійка
- Фотоапарат

Шпина́т (Spinacia oleracea) - трав'яниста рослина родини лободових, що культивується як овоч, листя якого споживають свіжим, вареним і консервованим; страва або приправа з листя цієї рослини [26].

Шпинат – однорічна рослина (рідко дворічна), яка досягає у висоту до 30 см. Листки прості, овальні або трикутної форми, чередуються на пагоні, розміром 3–30 см завдовжки та 1–15 см завширшки, з більшими листами в основі рослини й меншими вище на стеблі [25].

Квітки непримітні, жовто-зелені, 3–4 мм у діаметрі, визрівають у маленькі тверді плоди, зібрані у кластер розміром 5–10 мм що містить кілька насінин. За формою листя шпинату різне: округле, перистолапчасте; є зелені, різних відтінків (від світлого до темного) [26].

За товщиною листя шпинати поділяють на жиро-листі та гладко-листі. Темно-зелене забарвлення листя характерне для жиро-листих сортів, ясно-зелена для гладко-листих [23].

Чоловічі рослини шпинату мають менш листя і швидше утворять квітконосні стебла. Жіночі рослини формують більш велике листя (вони ж дають насіння). Дуже важливо не пропустити терміни збирання, якщо рослина перестоїть – листя грубішає і стає непридатним для їжі [25].

Культура скоростигла і належать до числа холодостійких. Насіння починає проростати при температурі +2 °С, сходи можуть переносити короткочасні заморозки до −6 °С не одержуючи серйозних ушкоджень. На півдні шпинат можна обробляти протягом усього року. Оптимальною температурою для росту і розвитку вважається +12..+15 °С. При температурі вище +20 °С, особливо якщо вона сполучається з недоліком вологи в ґрунті й сухістю повітря, врожайність зменшується, погіршується і якість продукції [22].

Шпинат рослина довгого дня. До світла невимогливий, однак при недоліку світлової енергії ріст рослини затримується, у листах менше накопичується вітаміну С. При довжині дня понад 12 годин прискорюється стеблування. Штучне укорочування дня сприяє інтенсивнішому зростанню листя і підвищенню врожайності [22].

Листя шпинату багаті мінеральними солями (калій, кальцій), вітамінами (А, С, В1, В2, В3, У6, D, Е, К, Р, РР), провітаміном А, каротином, солями заліза, йоду, є фолієва кислота. Особливість вітамінів С та А в шпинату вони не руйнуються при варінні. За вмістом заліза ця культура займає перше місце серед овочів, а за вмістом білка поступається тільки бобовим культурам (білок у шпинату за своїми властивостями подібний з білком коров'ячого молока) [23].

Шпинат, як і будь-яку іншу зелень, цілком можна вирощувати не тільки в саду, але і в домашніх умовах. При культивуванні в «неволі» продовжити термін продуктивного життя кущика більш ніж на півтора – два місяці не

вийде. Після 4-5 зрізаних розеток обов'язково сформується квіткова стрілка. Урожай збирають раз на 7-10 днів [23].

Насіння висаджують так само, як при вирощуванні розсади шпинату. Спочатку сіянці не демонструють високих темпів зростання, але це норма. Нарощування зеленої маси різко зростає через 15-20 днів після появи сходів [22].

Подальший догляд за сіянцями зводиться до регулярного поливу (грунт повинен постійно бути помірно вологим, але не мокрим) і щоденного обприскування. Підживлення рослині не потрібні. На перший урожай можна розраховувати через 3-5 тижнів після появи сходів. Оптимальна температура для вирощування шпинату – 18-20 °С, його обов'язково потрібно захищати від попадання прямих сонячних променів. Тінь або півтінь на врожайність і якість листя ніяк не впливає [22].

На будь-які підгодівлі шпинат реагує позитивно. Але з ними важливо не переборщити, оскільки рослина може накопичувати в листі нітрати. Якщо грядка була підготовлена правильно, а ґрунт досить родючий, можна взагалі обійтися без добрив. В іншому випадку бажано використовувати натуральну органіку або інші природні засоби [27].

Починати збирати урожай шпинату можна при утворенні на рослинах 6 листя. Шпинат, посіяний навесні, готовий до збирання врожаю через 8 тижнів після перших сходів, річний – через 10. Вчасно збирайте урожай шпинату: якщо рослини перестою, загрубіє листя і стане несмачною [22].

Під час проведення дослідження у якості добрива використовувався Гумат Калію. Гумат калію – це натуральний стимулятор росту, що є водорозчинною калійною сіллю гумінової кислоти. Він виготовляється з природних джерел, таких як торф, буре вугілля або леонардіт. Гумат калію широко використовується в сільському господарстві для стимуляції росту рослин, підвищення врожайності та поліпшення якості продукції.

Гумат калію стимулює ріст і розвиток рослин, сприяючи кращому розвитку кореневої системи та збільшенню біомаси, а також може покращити

смак, розмір і загальну якість плодів, овочів та інших сільськогосподарських культур. Його застосування може призвести до збільшення врожайності завдяки покращеній ролі та розвитку рослин. Гумат калію може допомогти рослинам краще переносити стресові умови, такі як посуха, перепади температур та інші несприятливі фактори [19].

Загальний склад добрива : Гумінові кислоти – не менше 40 г/л, Фульвові кислоти - не менше 30 г/л, Гумусові речовини - не менше 70 г/л, Азот(N) - 10 г/л, Фосфор(P_2O_5) – 1,5 г/л, Калій(K_2O) – 42 г/л, містить макро- та мікроелементи pH – 10–11 [19-21].

Рекомендації щодо зберігання мінерального добрива Гумат Калію:

- Зберігати в сухому, прохолодному приміщенні при температурі від +5°C до +25°C.
- Приміщення повинно бути захищене від вологи. У разі зберігання в мішках чи тарі – не ставити на голу підлогу, а лише на піддони.
- Уникати прямого сонячного світла, яке може зруйнувати активні компоненти добрива.
- Тримати подалі від продуктів харчування, води та кормів для тварин.

Способи застосування:

1. Замочування насіння, цибулин, коренів

- Концентрація: 0,1–0,2% розчин (10–20 мл на 10 л води)
- Час замочування: насіння овочів: 12–24 години, а цибулини, коріння розсади: 4–6 годин.

2. Позакореневе підживлення (обприскування по листу)

- Концентрація: 0,01–0,05% розчин (1–5 мл на 10 л води)
- Частота: кожні 10–15 днів у період активного росту

3. Кореневе підживлення (полив під корінь)

- Концентрація: 0,05–0,1% розчин (5–10 мл на 10 л води)
- Частота: 2–4 рази за сезон

4. Обробка ґрунту

- Перед посівом або посадкою для покращення структури ґрунту: доза: 50–100 мл концентрату на 10 л води на 1 сотку

Таблиця 1.2 Норми витрати для окремих культур

Культура	Спосіб обробки	Норма на 10 л води	Частота
Овочі	Полив під корінь	10 мл	2–3 рази
Картопля	Замочування бульб	10 мл	Перед посадкою
Саджанці плодових	Замочування коріння	20 мл	4–6 годин
Зернові	Обробка насіння	10 мл	Перед сівбою
Кімнатні рослини	Полив або обприскування	5 мл	Раз на 2 тижні

У досліду було взято дві проби. Перша проба, це проба, без додавання добрива. Друга проба, це подвійна концентрація добрива, яка діє на рослини при таких самих умовах. Ґрунт до використання необхідно просіяти, зволожити до оптимальної вологості (60% повної вологоємності) та заповнити ним горщики для розсади. Добриво вноситься у верхні шари ґрунту, після чого рослини пересаджують у горщики для розсади. Для кожної проби в горщиках міститься по 3-4 рослини. Проби забезпечуємо достатнім освітленням (не менше 10 годин на добу). Необхідно регулярно проводити полив, прополювання та розпушування ґрунту. При експерименті проводяться заміри довжини стебла та листків, а також фотографуються проби. Заміри будуть

проводитися проводитись протягом декількох днів. Цим ми можемо показати загальний вплив добрива на розвиток рослин.

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Застосування гумату калію позитивно вплине на ріст та розвиток шпинату городнього, збільшуючи висоту рослини, кількість листків, кореневу масу, врожайність та стійкість до хвороб.

Проба з додаванням добрива на 4 день має: висоту паростка приблизно 3.5 см, насичено зелений колір, листкі більші та помітно розвиненіші.

Проба без додавання добрива на 4 день має: висоту паростка приблизно 1 см, світло зелений колір, листки слабші та менш розвинуті.



Рис. 3.1 – 3.2 Фотографії шпинату з добривом і без добрива на 4 день

Застосування добрива сприяло суттєвому пришвидшенню росту рослини. Паросток із добривом майже в 3,5 раза вищий, ніж без нього. Добриво позитивно вплинуло на розвиток листя – вони довші та розгорнутіші, що свідчить про активніший фотосинтез. Насичений зелений колір паростка з добривом вказує на кращий вміст хлорофілу та, відповідно, вищу життєздатність рослини.

Проба з додаванням добрива на 7 день має: висоту приблизно 8-8,5 см, близько 8 листків, листя яскраво зелене та ширше.

Проба без додавання добрива на 7 день має: висоту приблизно 6 см, всього 2 не повністю сформованих листочка.

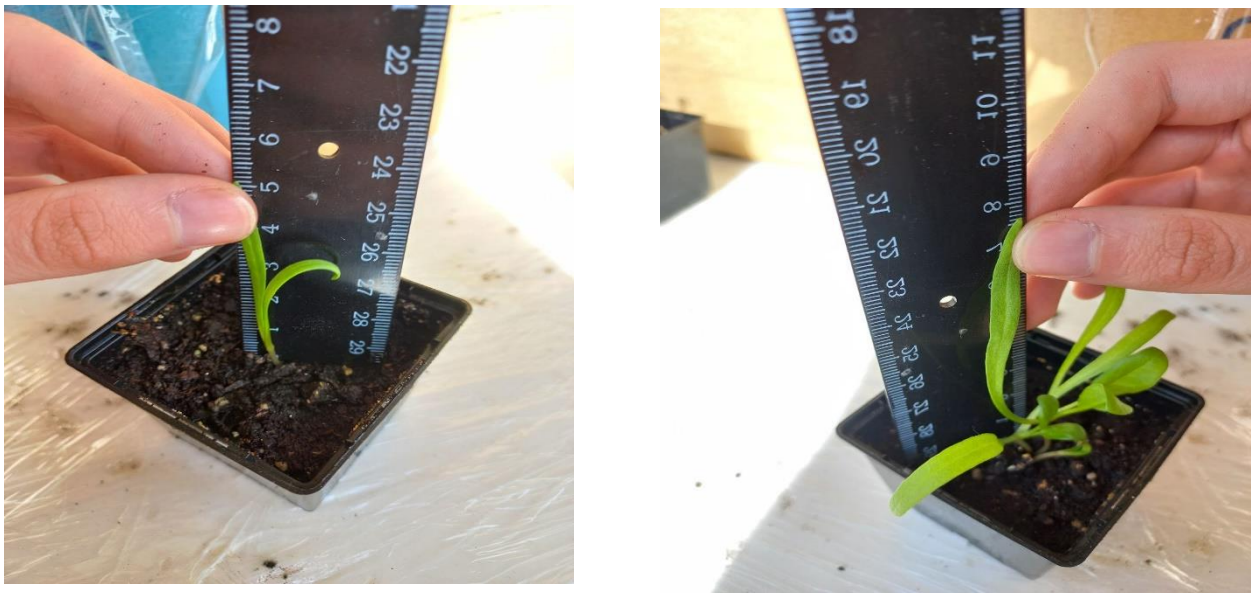


Рис. 3.3 – 3.4 Фотографії шпинату з добривом і без добрива на 7 день

Проба з додаванням добрива на 12 день має: висоту приблизно 11-12 см, близько 8 листків, які стали помітно ширшими та більш сформованими, листя яскраво зелене та ширше.

Проба без додавання добрива на 12 день має: висоту приблизно 6 см, 4 листочка, які на відмінну від проби з добривом, мають світліший зелений колір, не окріпше стебло та тоненьки листочки.



Рис. 3.5 – 3.6 Фотографії шпинату з добривом і без добрива на 12 день.

Використання добрива суттєво покращило ріст шпинату – як у висоту, так і в загальному розвитку листя. Добриво сприяє більш інтенсивному росту, зеленішому та щільнішому листю, а також кращому загальному стану рослини. У варіанті без добрива ріст повільніший, листя менш розвинене, що свідчить про дефіцит поживних речовин.

Проба з додаванням добрива на 18 день має: листя насиченого зеленого кольору, без ознак хлорозу або посушливих країв. Деякі листочки мають еліпсоподібну форму й демонструють хороший тургор (напруження тканин), що є позитивним індикатором загального стану рослини. За лінійкою можна оцінити, що висота шпинату приблизно 8–9 см.

Проба без додавання добрива на 18 день має: здоровий зелений колір листя, без жовтизни чи плям, що є хорошим знаком. Форма листків характерна для шпинату – довгаста, злегка овальна, з помітними жилками. Один листок (зліва внизу) виглядає трохи в’янучим або підсохлим на кінчику – можливо, ознака нестачі вологи, світла або початкового дефіциту поживних речовин. Стебло виглядає міцним і не витягнутим, що свідчить про нормальний розвиток без надлишкової тіні. Рослина загалом виглядає здоровою, проте її ріст дещо обмежений через відсутність добрив.



Рис. 3.7 – 3.8 Фотографії шпинату з добривом і без добрива на 18 день

Добриво суттєво вплинуло на інтенсивність росту, забарвлення та масу листя. Рослина виглядає здоровішою та продуктивнішою, що вказує на позитивний ефект живлення.

Таблиця 3.1 Порівняння шпинату з добривом та без добрива на 18 день

Параметр	Без добрива	З добривом
Висота	~7–8 см	~9 см
Колір листя	Зелений	Яскраво зелений
Кількість листків	Менше	Більше
Розмір листя	Менші	Більші, більш розвинуті
Стан листя	Одне трохи в'яле	Одне злегка бліде
Загальний розвиток	Помірний	Активний

Ось графік, який чітко і наочно демонструє різницю між ростом шпинату з добривом і без



Рис. 3.9 Порівняння росту шпинату з добривом та без

У всіх параметрах рослина з добривом значно переважає. Особливо помітний приріст у кількості листків, насиченості зеленого кольору та загальному розвитку.

ВИСНОВКИ

Використання агрохімікатів (гербіцидів, фунгіцидів, інсектицидів, регуляторів росту тощо) на трав’янисту рослинність є важливою складовою сучасного сільського господарства, ландшафтного дизайну та догляду за територіями. Однак їх застосування повинно здійснюватися обґрунтовано, з урахуванням екологічних, агрономічних та соціально-економічних аспектів.

Нерозбірливе або надмірне використання агрохімікатів може призвести до знищення не лише бур’янів, а й корисної трав’янистої рослинності, що є середовищем існування для багатьох комах і дрібних тварин.

Деякі речовини мають здатність до тривалого збереження у навколишньому середовищі, що може призвести до забруднення ґрунтів і водних ресурсів.

Агрохімікати можуть бути ефективним засобом контролю трав’янистої рослинності, проте їх використання повинно бути науково обґрунтованим, збалансованим та підпорядкованим принципам екологічної безпеки. Надмірне або нераціональне застосування може призвести до серйозних екологічних та соціальних проблем. Оптимальним підходом є інтегроване управління рослинністю із застосуванням сучасних технологій, що дозволяє забезпечити стабільне виробництво без шкоди для довкілля та здоров’я людини.

У ході спостереження за розвитком шпинату в умовах з використанням мінерального добрива та без нього було виявлено суттєві відмінності у морфологічних показниках рослин.

Рослини шпинату, яким було додано добриво, продемонстрували значно вищий темп росту. Їх висота сягала приблизно 11–12 см, у той час як шпинат без добрива мав висоту 5–6 см. Це свідчить про те, що добриво суттєво активізувало процеси вегетативного росту, сприяючи кращому засвоєнню поживних речовин із ґрунту.

У шпинату з добривом спостерігалося більше листків (в середньому 5–7), вони були значно ширшими, довшими, яскраво-зеленими та щільними. У той час як у контрольних рослин (без добрива) кількість листя була меншою (2–3), листя вузьке, м’яке, зі світлішим відтінком зеленого. Це може свідчити про обмежене надходження азоту та інших елементів, що відповідають за розвиток зеленої маси.

Рослини з добривом мали більш розгалужену структуру, виглядали здоровішими, з добре сформованими листовими розетками. Їхній розвиток був рівномірним, що свідчить про стабільне живлення протягом усього періоду росту. Без добрив ріст сповільнений, рослини виглядають менш життєздатними, що вказує на дефіцит мікро- та макроелементів.

Результати досліду підтверджують, що використання добрив позитивно впливає на фотосинтетичну активність, ріст клітин, формування органів рослини, що зрештою веде до збільшення врожайності. Для шпинату, як листової культури, це має особливо важливе значення, оскільки метою вирощування є отримання максимальної кількості зеленої маси.

ВИКОРИСТАННІ ДЖЕРЕЛА

1. Pesticide productivity and food security. A review - Agronomy for Sustainable Development. SpringerLink. URL: https://link.springer.com/article

2. Закон України «Про пестициди і агрохімікати» | Кадровий портал KadrEX. Кадровий портал. URL: https://vk24.ua/regulations_and_jurisprudence/zakoni/zakon-ukraini-pro-pesticidi-i-agrokhimikati

3. Пестициди: що варто знати. Головне управління Держпродспоживслужби в Херсонській області. URL: https://dpss-ks.gov.ua/novini/

4. Обгрунтування застосування пестицидів (засобів захисту рослин). Городенківська громада – вітаємо на офіційному вебсайті. URL: https://hth.gov.ua/news/1710843508/

5.Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного.URL:http://www.tsatu.edu.ua/rosl/wp content/uploads/sites/20/lekcija-9.sposoby-zastosuvannja-pestycydiv.pdf

6. Способи обробки насіння перед посівом. URL: https://www.cherk-consumer.gov.ua/hromadianam/upravlinnia-fitosanitarnoi-bezpeky/novyny-upravlinnia-fitosanitarnoi-bezpeky/1968-sposoby-obrobky-nasinnia-pered-posivom

7. Євтушенко М.Д. Фітофармокологія. Київ : «Вища освіта», 04119,, 2007. 360 с.

8. Пестициди мала користь, велика школа. Шульгинська громада. URL: https://shulgynka-rada.gov.ua/news/

9. Забруднення пестицидами навколишнього середовища. Відділ освіти, культури, молоді та спорту Поляницької сільської ради Надвірнянського районуІвано-Франківської обл.URL: https://pol.osv.org.ua/news/1681894121/

10. Вплив пестицидів на навколишнє середовище. Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного.

URL: http://www.tsatu.edu.ua/rosl/wp-content/uploads/sites/20/lekcija-7.vplyv-pestycydiv-na-navkolyshnye-pryrodne-seredovyshche.pdf

12. Технологія галузі. URL: https://tehngaluzy.wordpress.com/

13. Основні елементи живлення і їх роль для рослин – ТОВ "АРТА-ХІМГРУП". Захищена сторінка. URL: https://artahg.com.ua/statti/osnovni-elementy-zhyvlennya-i-yikh-rol-dlya-roslyn.html

14. Елементи живлення і їх роль для рослин. Новини компанії «Агротерем». «Агротерем».URL: https://agroterem.com.ua/ua/n331708-elementy-pitaniya-rol.html

15. Вплив елементів живлення на стресовий стан польових культур. quantum.ua. URL: https://quantum.ua/ua/statti/

16. Застосування мінеральних добрив. Підживлення рослин. AgreeMarket. URL: https://agreemarket.com.ua/uk/blog-uk/primenenie-mineralnyh-udobrenij-podkormka-rastenij-uk.html

17. Гербіциди: що це і як правильно використовувати. agroapp. URL: https://agroapp.com.ua/uk/blog/gerbicidi-shho-ce-i-yak-pravilno-vikoristovuvati

18. Черлінка В. Засолення Ґрунтів: Причини, Наслідки Та Методи Боротьби. EOS Data Analytics. URL: https://eos.com/uk/blog/zasolennia-hruntiv/

19. Стимулятор росту рослин MicroStim™ Гумат Калію Стимулятор росту рослин MicroStim™URL: https://imexagro.com.ua/goods/stimulyatori-rosta

20.Гумат калію: властивості і особливості застосування. Galicina. URL: https://galicina.com.ua/humat-kaliyu-vlastyvosti-osoblyvosti-zastosuvannya/

21. Гумат калію: норми внесення та інструкція. Galicina. URL: https://galicina.com.ua/humat-kaliyu-normy-vnesennya-instruktsiya/

22. Шпинат: посадка і догляд, корисні властивості. Інформаційний жіночий портал. Все для успішної жінки для дівчини. URL: https://cn-portal.org.ua/shpinat-posadka

23. Шпинат: користь та шкода для організму людини, застосування та зберігання – FitoBlog. Фітомаркет – Здоров'я, Краса та Спорт. URL: https://fitomarket.com.ua/ua/fitoblog/shpinat-polza-ili-vred

24. Шпинат – Шуба. shuba.life. URL: https://shuba.life/ingredients/225-shpinat

25. Шпинат городній // Лікарські рослини : енциклопедичний довідник / за ред. А. М. Гродзінського. Київ : Видавництво «Українська Енциклопедія» ім. М. П. Бажана, Український виробничо-комерційний центр «Олімп», 1992. С. 482.

26. Шпинат. Для натхнення на кухні Бондюель Bonduelle. URL: https://bonduelle.ua/enciklopediya-ovochiv

27. Служба новин. Інтенсивне використання гербіцидів викликає в бур'янів стійкість до препаратів. Куркуль – онлайн-асистент фермера. URL: https://kurkul.com/news/10847-intensivne-vikoristannya-gerbitsidiv-viklikaye-v-buryaniv-stiykist-do-preparativ

28. Гербіциди: побічні ефекти. Статті компанії «ТОВ Торговий дім СоюзАгроКонсалтинг».URL:https://s-sorgo.com.ua/ua/a301861-gerbitsidy-pobochnye-effekty.html

29.Токсичність пестицидів для рослин. nauka.ua. URL: https://nauka.ua/news/toksichnist-pesticidiv-dlya-roslin-ta-zapilyuvachiv-zrosla

30.Фармецевтичнаенциклопедія. URL:https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/791/

31. Мікроелементи ключ до здорових рослин. Vegetable Садова Магія. URL:https://vegetable.com.ua/znachennya-mikroelementiv-u-zhivlenni-roslin/?utm_source=chatgpt.com

32. Мікроелементи і макроелементи для збалансованого зростання рослин. Aidamin. URL: https://aidamin.com/ua/articles/mikroelementy-malenykie-soldaty-bolyshoy-pobedy

33. Важливість макро- та мікроелементів для розвитку рослин. Superagronom.com. URL:https://superagronom.com/blog/418-vajlivist-makro--ta-mikroelementiv-dlya-rozvitku-roslin

34. Головний сайт для агрономів. Важливість макро- та мікроелементів длярозвиткурослин.Superagronom.com.URL:https://superagronom.com/blog/418-vajlivist-makro--ta-mikroelementiv-dlya-rozvitku-roslin

35. Значення грунту для людини та в природі – Dovidka.biz.ua. Dovidka.biz.ua. URL: https://dovidka.biz.ua/znachennya-gruntu-dlya-lyudini-ta-v-prirodi/

36. Пестициди: велика шкода, мала користь – Екологія Право Людина. Екологія Право Людина. URL: https://epl.org.ua/environment/pestytsydy-velyka-shkoda-mala-koryst/

37. Що таке ЗЗР (Засоби захисту рослин), класифікація та застосування | Agrimatco. Агріматко Україна–офіційний сайт компанії. URL: https://agrimatco.ua/news/zasobi-zakhistu-roslin-zzr-shcho-tse-klasifikatsiya-ta-zastosuvannya

38.Пам’ятка для населення, сільськогосподарських підприємств, установ та організацій, приватних господарств щодо забезпечення дотримання основних вимог санітарного законодавства під час проведення робіт із пестицидами та агрохімікатами URL: https://zotg.gov.ua/pamyatka-dlya-naselennya-

39. Інструкція з безпечного виконання робіт із пестицидами та агрохімікатами працівниками сільськогосподарських підприємств, розроблена ТОВ «ХІМАГРОМАРКЕТИНГ». URL: https://www.himagro.com.ua/wp-content/uploads/Ecology/instruction.pdf?utm_source=chatgpt.com

40. Jay Prakash Verma Catriona A. Macdonald Appa Rao Podile. New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering Phytomicrobiome for Sustainable Agriculture. 2020. 412 c

41. Höhner R, Galvis VC, Strand DD, Völkner C, Krämer M, Messer M, Dinc F, Sjuts I, Bölter B, Kramer DM, Armbruster U, Kunz HH. Photosynthesis in

Arabidopsis Is Unaffected by the Function of the Vacuolar K+ Channel TPK3. Plant Physiol. 2019 Vol.180 №3 P:1322-1335. doi: 10.1104/pp.19.00255. Epub 2019 May 3. PMID: 31053658; PMCID: PMC6752931.

42. Zörb C, Senbayram M, Peiter E. Potassium in agriculture--status and perspectives. J Plant Physiol. 2014 Vol.171 №9 P:656-669. doi: 10.1016/j.jplph.2013.08.008. Epub 2013 Oct 17. PMID: 24140002.

43. Cui J, Pottosin I, Lamade E, Tcherkez G. What is the role of putrescine accumulated under potassium deficiency? Plant Cell Environ. 2020 Vol.43 №6 P:1331-1347. doi: 10.1111/pce.13740. Epub 2020 Feb 19. PMID: 32017122.

44. Xue Y, Zhu S, Schultze-Kraft R, Liu G, Chen Z. Dissection of Crop Metabolome Responses to Nitrogen, Phosphorus, Potassium, and Other Nutrient Deficiencies. Int J Mol Sci. 2022 Vol.23 №16 P:979. doi: 10.3390/ijms23169079. PMID: 36012343; PMCID: PMC9409218.

45. Haro R, Benito B. The Role of Soil Fungi in K+ Plant Nutrition. Int J Mol Sci. 2019 Vol.20 №13 P:169. doi: 10.3390/ijms20133169. PMID: 31261721; PMCID: PMC6651076.

46. Chérel I, Gaillard I. The Complex Fine-Tuning of K^+ Fluxes in Plants in Relation to Osmotic and Ionic Abiotic Stresses. Int J Mol Sci. 2019 Vol.20 №3 P:715. doi: 10.3390/ijms20030715. PMID: 30736441; PMCID: PMC6387338.

47. El Afandi, G.; Ismael, H.; Fall, S.; Ankumah, R. Effectiveness of Utilizing Remote Sensing and GIS Techniques to Estimate the Exposure to Agricultural Pesticides Drift over Macon, Alabama. Agronomy 2023

48. Allpress, J.L.; Curry, R.J.; Hanchette, C.L.; Phillips, M.J.; Wilcosky, T.C. A GIS-Based Method for Household Recruitment in a Prospective Pesticide Exposure Study. Int. J. Health Geogr. 2008,

49. Figueiredo, D.M.; Krop, E.J.M.; Duyzer, J.; Gerritsen-Ebben, R.M.; Gooijer, Y.M.; Holterman, H.J.; Huss, A.; Jacobs, C.M.J.; Kivits, C.M.; Kruijne, R.; et al. Pesticide Exposure of Residents Living Close to Agricultural Fields in the Netherlands: Protocol for an Observational Study. JMIR Res. Protoc. 2021, 10, 27883.

50. Kannan, N. An Analysis of the Climate Change Effects on Pesticide Vapor Drift from Ground-Based Pesticide Applications to Cotton. Sci. Rep. 2023, 13, 9740.

51. Fishel, F.M.; Ferrell, J.A. Managing Pesticide Drift: PI232/PI232, 9/2010. EDIS 2010, 2010, 7.

52. MacLeod, C.J.; Blackwell, G.; Benge, J. Reduced pesticide toxicity and increased woody vegetation cover account for enhanced native bird densities in organic orchards. J. Appl. Ecol. 2012, 49, 652–660.

53. Stehle, S.; Dabrowski, J.M.; Bangert, U.; Schulz, R. Erosion rills offset the efficacy of vegetated buffer strips to mitigate pesticide exposure in surface waters. Sci. Total Environ. 2016, 545–546, 171–183.

54. Agrawal, A.; Pandey, R.S.; Sharma, B. Water pollution with special reference to pesticide contamination in India. J. Water Res. Prot. 2010, 2, 432448