

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

к.с.-г.н. _____ В.В. Кацевич

« ____ » _____ 20__ р.

Пояснювальна записка

до дипломної роботи

освітнього ступеня «Бакалавр»

на тему: «Обґрунтування стратегії біологічного захисту *Echinacea purpurea*
при промисловому вирощуванні в Україні»

Виконала: здобувачка вищої освіти 4 курсу,
групи Е-1-20 спеціальності 101 «Екологія»

_____ Лохань І. В.

Керівник _____ к.с.-г.н. доцент Зленко І. Б.

Рецензент _____ ст.н.с., к.с.-:г.н.Гайдаш О. Л.

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. _____ В.В. Кацевич

«___» _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу для здобуття освітнього ступеня «Бакалавр»

здобувачу вищої освіти

Лохань Ірини Василівни

1. Тема проекту (роботи) Обґрунтування стратегії біологічного захисту *Echinacea purpurea* при промисловому вирощуванні в Україні

керівник роботи: доц. к. с-г. н. Зленко Ірина Борисівна

(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): «__» _____ 2024 р.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити): Вступ; 1 Огляд літератури; 2 Матеріали та методи досліджень; 3 Результати досліджень; 4 Охорона праці; Висновок; Список використаних джерел

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

Рисунків – 8

Таблиць – 6

Використаної літератури – 33

Розділів – 4

Сторінок – 71

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1-4	Зленко І. Б.		

Дата видачі завдання: «___» _____ 20___ р.

Керівник проекту (роботи) Зленко Ірина Борисівна / _____
(ПІБ). / (підпис)

Завдання прийняв до виконання: Лохань Ірина Василівна / _____
(ПІБ). / (підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

- № пп	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд літератури	09.04.24-15.04.24	виконано
2	Матеріали та методи досліджень	09.10.23-13.11.23	виконано
3	Результати досліджень	15.01.24-30.03.24	виконано
4	Охорона праці	30.04.24-05.05.24	виконано
5	Висновок	06.05.24-06.05.24	виконано

Студент-дипломник _____ / Лохань Ірина Василівна
(підпис) / (ПІБ).

Керівник проекту (роботи) _____ / Зленко Ірина Борисівна
(підпис) / (ПІБ).

РЕФЕРАТ

Дипломна робота складається з 71 сторінки та включає в себе 6 табл., 8 рис., 33 джерела.

Актуальність: обумовлена необхідністю розробки ефективних та екологічно безпечних методів захисту ехінацеї, що дозволить підвищити врожайність та якість сировини, зменшити негативний вплив на навколишнє середовище та забезпечити стійкий розвиток аграрного сектору

Мета: полягає у науковому обґрунтуванні стратегій біологічного захисту ехінацеї пурпурової при промисловому вирощуванні в умовах України.

Предмет досліджень – оцінку ефективності біологічного захисту.

Об'єкт досліджень: агроценози ехінацеї пурпурової

Поставлені завдання: Провести аналіз проб ґрунту для виявлення різних рівнів залишкової токсичності пестицидів та виявити негативні впливи умов вирощування ехінацеї пурпурової на якість рослинної сировини.

Методи досліджень: Метод фенологічних спостережень, метод визначення залишкових кількостей пестицидів за допомогою біотестування.

Ключові слова: ЕХІНАЦЕЯ, БІОБЕЗПЕКА, БІОЛОГІЧНИЙ ЗАХИСТ, БІОТЕСТУВАННЯ, ҐРУНТИ.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ЕКОЛОГІЧНІ ТА АГРОНОМІЧНІ ОСНОВИ ВИРОЩУВАННЯ КУЛЬТУРИ ЕХІНАЦЕЇ (огляд літератури)	9
.	
1.1 Екологічне та господарське значення <i>Echinacea purpurea</i>	9
1.2 Фенологічні особливості культури	15
1.3 Особливості вирощування <i>Echinacea purpurea</i>	18
1.4 Захворювання та шкідники при вирощуванні культури	24
1.5 Біологічний захист при вирощуванні <i>Echinacea purpurea</i>	30
.	
2 УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	35
2.1 Лабораторні умови для проведення досліджень	35
2.2 Методика біотестування культур	37
2.3 Умови розподілу вирощування <i>Echinacea purpurea</i>	40
.	
3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ	44
.	
3.1 Визначення залишкової токсичності ґрунтів	44
3.2 Результати проведення біотестування на тест-культурах	47
3.3 Оцінка застосування біологічного захисту	55
3.4 Потенційні економічні переваги при застосуванні біологічного захисту <i>Echinacea purpurea</i>	57
.	
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	61
4.1 Заходи безпеки в лабораторних умовах	61
.	
4.2 Безпека при біотестуванні культур	63
ВИСНОВКИ	66
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	68
.	

ВСТУП

Ехінацея пурпурова (*Echinacea purpurea*) є багаторічною трав'янистою рослиною родини Айстрових (*Asteraceae*), яка завоювала велику популярність завдяки своїм цінним лікарським властивостям. Її багатий хімічний склад забезпечує широкий спектр фармакологічних ефектів, таких як імуностимулююча, протизапальна, антимікробна та антиоксидантна дія. Завдяки цим властивостям ехінацея широко використовується у медицині, косметології та харчовій промисловості. Однак, для забезпечення стабільного виробництва високоякісної сировини необхідно вирішувати ряд агротехнічних і фітопатологічних проблем, які виникають при промисловому вирощуванні цієї культури.

Сучасні тенденції у сільському господарстві спрямовані на зменшення використання хімічних засобів захисту рослин через їх негативний вплив на навколишнє середовище та здоров'я людини. В цьому контексті особливого значення набувають біологічні методи захисту, які передбачають використання природних ворогів шкідників, біопестицидів та інших екологічно безпечних засобів. Біологічний захист є складовою частиною інтегрованих систем захисту рослин, які базуються на використанні комплексного підходу до управління агроценозами.

Об'єктом даного дослідження є ехінацея пурпурова, а предметом - стратегії біологічного захисту цієї культури при промисловому вирощуванні в Україні.

Актуальність роботи обумовлена необхідністю розробки ефективних та екологічно безпечних методів захисту ехінацеї, що дозволить підвищити врожайність та якість сировини, зменшити негативний вплив на навколишнє середовище та забезпечити стійкий розвиток аграрного сектору.

Мета роботи полягає у науковому обґрунтуванні стратегій біологічного захисту ехінацеї пурпурової при промисловому вирощуванні в умовах України. Для досягнення поставленої мети були визначені наступні завдання:

1. Провести аналіз літературних джерел щодо екологічних та агрономічних особливостей вирощування ехінацеї пурпурової.
2. Вивчити основні захворювання та шкідників, які впливають на продуктивність та якість ехінацеї пурпурової.
3. Оцінити вплив біологічних засобів захисту на врожайність та якість сировини ехінацеї.
4. Розробити рекомендації щодо впровадження біологічного захисту в технологію промислового вирощування ехінацеї пурпурової.

Наукова новизна роботи полягає у комплексному підході до розробки стратегій біологічного захисту ехінацеї пурпурової, що включає вивчення взаємодії різних факторів середовища, методів біологічного захисту та їх впливу на врожайність і якість продукції. Вперше в умовах України проведено систематичне дослідження ефективності біологічних засобів захисту ехінацеї пурпурової на промислових плантаціях.

Практичне значення роботи полягає у розробці рекомендацій щодо впровадження екологічно безпечних методів захисту ехінацеї пурпурової, які можуть бути використані аграріями для підвищення ефективності виробництва та якості лікарської сировини. Результати дослідження сприятимуть зниженню хімічного навантаження на агроєкосистеми та покращенню екологічного стану сільськогосподарських угідь.

Методи дослідження включають аналіз наукової літератури, лабораторні аналізи, статистичні методи обробки даних.

У першому розділі роботи представлено огляд літератури щодо екологічного та господарського значення ехінацеї пурпурової, її фенологічних особливостей, агротехніки вирощування, захворювань та шкідників, а також методів біологічного захисту. У другому розділі описано

умови та методику проведення досліджень, включаючи лабораторні та польові експерименти. Третій розділ присвячено результатам досліджень та їх обговоренню, де наведено аналіз ефективності біологічних засобів захисту та їх впливу на продуктивність ехінацеї. У висновках підсумовано основні результати роботи та сформульовано практичні рекомендації щодо впровадження біологічного захисту в агротехнологію вирощування ехінацеї пурпурової.

Результати досліджень спрямовані на вирішення актуальної проблеми забезпечення стабільного та екологічно безпечного виробництва лікарської сировини ехінацеї пурпурової в Україні шляхом розробки та впровадження ефективних стратегій біологічного захисту.

1 ЕКОЛОГІЧНІ ТА АГРОНОМІЧНІ ОСНОВИ ВИРОЩУВАННЯ КУЛЬТУРИ ЕХІНАЦЕЇ (огляд літератури)

1.1 Екологічне та господарське значення *Echinacea purpurea*

Ехінацея пурпурова є дуже важливою лікарською травою, вона належить до сімейства айстрових і відома як американська конусоподібна квітка.

В саду вона одна з перших приверне вашу увагу, завдяки своїм великим та яскравим квітам. Її батьківщиною є Північна Америка та Канада, і вона в основному росте природно в преріях, безплідних і сухих відкритих лісах.

Латинська назва "ехінацея" походить від грецького слова «echinos», що означає «їжак», назва відображає схожість між колючими та опуклими головками квітів ехінацеї та їжаками [1].

Ехінацея справді здобула широку популярність завдяки своїм цілющим властивостям. Використання коріння цієї рослини для зменшення зубного болю та болю у горлі було практиковано корінними американцями ще в давні часи. Нині ехінацея стала популярним лікарським засобом, і вона часто використовується для підтримки імунної системи та попередження застудних захворювань.

У багатьох країнах світу ехінацея вирощується як лікарська та декоративна рослина. Хоча в Європі різноманіття видів може бути меншим, ніж у Північній Америці, рослини все ж можуть успішно рости і цвісти в

помірному кліматі. Вона є додатком до багатьох садів завдяки своїм яскравим квіткам та корисним властивостям.

На сьогоднішній день ехінацея вузьколиста, біла та пурпурова, активно використовуються в медицині, але слід відмітити ехінацею пурпурову. Вперше ехінацею згадують ще в 1762 році, тоді вони спробували її для загоєння ран у скакових коней, результат був неперевершений. Але перший лікарській засіб з'явився бiш ніж через 100 років, в 1871 році. Цікава історія лікарського препарату, який був розроблений американським лікарем Джоном Мейером в XVIII столітті.

Він приготував цей препарат на основі ехінацеї і використовував його для лікування поранених та хворих тварин. Поширились чутки про її дивовижні цілющі властивості, після того як він провів публічний експеримент, під час якого дозволив щоб гримуча змія вжалила його, а потім застосував свій препарат як очищувач крові. Цей випадок привернув увагу вчених із усього світу до цілющих властивостей ехінацеї та сприяв подальшим дослідженням її лікувальних властивостей.

Доктор Мадаус, засновник відомої компанії з виробництва препаратів на основі ехінацеї в Німеччині, приїхав до США з метою купити насіння ехінацеї вузьколистої. Але, його надурили і він купив насіння ехінацеї пурпурової. Виявилось, що ця помилка виявилася виграшною, оскільки під час досліджень з'ясувалось, що ехінацея пурпурва має навіть кращі цілющі властивості порівняно з ехінацеєю вузьколистою.

Еволюція інтересу до ехінацеї як лікарського засобу була досить неоднозначною. До початку XX століття ехінацея дійсно користувалася великою популярністю в США, де настоянка з цієї рослини широко використовувалась у вигляді лікарської форми.

Але з появою нових хімічних препаратів у XX столітті інтерес до традиційних лікарських засобів, таких як ехінацея, почав згасати у багатьох країнах, включаючи США. Натомість, у Німеччині дослідження фармакологічних властивостей ехінацеї активно продовжувалися, це сприяло

наприкінці 1980-х років до відкриття нових корисних властивостей цієї рослини.

В майбутньому ці відкриття слугували причиною відродження інтересу до ехінацеї в країнах Східної Європи та Америки. Сучасні дослідження продовжують вивчати потенційні медичні застосування ехінацеї, що робить її одним із цікавих об'єктів для медичних досліджень і використання.

Ехінацею визнали одним з найпотужніших імуностимуляторів в світі. Дослідження, проведені вченими з Америки, підтвердили, що препарати на основі ехінацеї можуть допомогти знизити ризик захворювання на застуду в середньому на 58%. Деякі дослідження показали, що екстракти ехінацеї можуть скоротити тривалість та важкість застудних симптомів, а також зменшити ризик розвитку застудних захворювань [2].

Використання лікарських засобів на основі рослин роду Ехінацея (*Echinacea*) стало широко поширеним у сучасній медицині. Її противірусні, імуномодулюючі та протипухлинні ефекти були зареєстровані в літературі експериментально підтвердженими фармакологічними дослідженнями в останні десятиліття.

Клінічні дослідження підтверджують низьку токсичність екстрактів ехінацеї та лікарських препаратів, що на їх основі створені. Екстракти ехінацеї підтверджують різноманітні корисні властивості, включаючи антиоксидантні, антибактеріальні, противірусні та протигрибкові властивості. Вони є ефективними у лікуванні застудних захворювань, а також у лікуванні сечових та респіраторних захворювань.

Ехінацея містить широкий спектр природних і хімічних компонентів, які надають їй цілющі властивості: полісахариди, прості цукри, фенольні сполуки, ефірні масла, корисні смоли, незамінні органічні кислоти, вітаміни, антиоксиданти та ін.

Рослини роду *Echinacea* містять різні типи полісахаридів, які відіграють надважливу роль у їхніх фармакологічних властивостях. Найголовніші з них: інουλін (полісахарид, він знаходиться у коренях ехінацеї

та має пребіотичні властивості та позитивно впливає на здоров'я кишечника); крохмаль: (цескладний вуглевод, основне джерело енергії для багатьох організмів, включаючи людину); целюлоза: (один з основних компонентів клітинних стінок рослин і вона має важливе значення для структурної підтримки рослини); пектин (полісахарид, який часто знаходиться в клітинних стінках рослин, і він має властивості желеутворення та використовується в харчовій промисловості як загущувач); кислі геміцелюлози – гетероксилани (складові можуть виявляти імуномодулюючі властивості та брати участь у різних біологічних процесах в рослині); альфа-арабіногалактан і арабінорамногалактан (полісахариди мають імуномодулюючі властивості та впливати на функцію імунної системи); нейтральний фукогалактоксилоглюкан (полісахарид має антиоксидантні властивості та впливати на імунну систему)

Такий полісахаридний комплекс ехінацеї має значний імунорегулюючий вплив на організм: активація фагоцитів (клітини імунної системи, які "поглинають" та перетравлюють шкідливі мікроорганізми та інші чужорідні частинки); стимуляція синтезу інтерферону(біологічно активні речовини, які грають ключову роль у боротьбі з вірусами); збільшення кількості та активності Т-супресорів та лімфоцитів(клітини відповідають за регулювання імунної відповіді та уникнення автоімунних реакцій); пригнічення алергічних реакцій(водорозчинний полісахаридний комплекс допомагає зменшити виразність алергічних відповідей організму на зовнішні подразники).

Флавоноїди, які містяться в рослинах роду Echinacea, є цінними біоактивними сполуками з потенційно корисними властивостями для здоров'я людини. Найважливіших флавоноїдів, які знайдені в траві ехінацеї пурпурової: апігенін(має протизапальні та антиоксидантні властивості); лютеолін(флавоноїд з протизапальними та антиоксидантними властивостями); кемпферол і кверцетин: (флавоноїди які відомі своїми

антиоксидантними властивостями та протизапальними ефектами); рутин (підтримує здоров'я судин та кровообігу).

Ехінацея містить значні кількості похідних кавової кислоти, які включають кон'югати з цукрами, хінною і винною кислотами. Основною сполукою цієї групи є цикорієва (2,3-О-дикофеїлвинна) кислота, виділена спочатку з листя цикорію дикого. Вміст цикорієвої кислоти в ехінацеї може коливатися залежно від віку рослини, терміну культивування і фази вегетації. Кавова кислота проявляє антибактеріальну, протигрибкову, антиоксидантну та мембраностабілізуючу активність. Кон'югати кавової кислоти також виявили антигіалуронідазну активність, особливо це властиво цикорієвій і кафтаровій кислотам, менше - цинарину і хлорогеновій кислоті.

Ехінацея містить значні кількості заліза, яке сприяє утворенню червоних кров'яних тілець, кальцій для підтримки здорових кісток і зубів, а також селен і кремній. Вітаміни А, С, Е і життєво важливі мікроелементи, такі як магній, марганець, калій і натрій, додаються до цього цілющого ансамблю ехінацеї, що підсилює імунітет і поліпшує обмінні процеси в організмі.[3]

Ехінацея використовується в нашій країні не лише як цінна лікарська сировина, але й як важлива кормова, медоносна та декоративна культура. У вітчизняному тваринництві часто застосовують кормові домішки, для позитивного впливу на здоров'я та продуктивність тварин. Серед лікарських рослин, які використовують у тваринництві, ехінацея виділяється особливими перевагами. Зелена маса ехінацеї пурпурової має високу харчову цінність, містить значну кількість протеїну та інших поживних речовин, що сприяють здоров'ю та продуктивності тварин.

Поживність сухої надземної маси ехінацеї пурпурової виявляється доволі високою. У 1 кг такої маси міститься приблизно 0,58-0,65 кормових одиниць та 72-74 г протеїну, який може бути травлений. Це означає, що на кожну кормову одиницю при нормі 100-120 г, забезпечується від 130 до 132 г протеїну, який може бути переварений.

Дослідження підтверджують, що впровадження домішок ехінацеї пурпурової до кормів сприяє ряду позитивних ефектів у тваринництві. Ці домішки були ефективними у профілактиці безпліддя, підвищують приріст молодняку великої рогатої худоби та яйценосність курей, а також підвищують стійкість організму до інфекційних захворювань. Існують дані про те, що екстракти ехінацеї пурпурової підвищували імунітет у телят, що перебувають у зоні забруднення радіацією.

Застосування витяжки з ехінацеї пурпурової показалося ефективним при шлунково-кишкових захворюваннях, зокрема воно дозволяє скоротити термін лікування на 2-3 дні і зменшити повторність захворювання на 35%. Крім того, цей засіб демонструє позитивний вплив на перші місяці життя телят, підвищуючи середньодобові прирости на 10-12%.

Тому в контексті утримання тварин у господарствах, разом із традиційними препаратами, такими як премікси та синтетичні кормові добавки, ефективнішим варіантом може бути використання кормової добавки з ехінацеї пурпурової як біостимулятора. Це допомагає підвищити відтворювальні функції у тварин, має імуномодулюючу та антисептичну дію проти захворювань, особливо у шлунково-кишковому тракті. [4]

Також слід наголосити, що ехінацею ще використовують у харчовій промисловості як натуральну добавку, навіть люди. Листя, стебла і квіти використовують для приготування салатів. Вміст вітамінів та мікроелементів у листі ехінацеї не поступається овочам, тому їх можна додавати до різноманітних салатів з зелені, за винятком квасолі, яка робить салат неприємним на смак. Сама ехінацея має гострий смак через вміст ефірних олій.

Ще з початку 18-го століття ехінацею вирощували для декоративних цілей. Сьогодні доступні такі сорти, як «Король», «Сомбреро», «Вечірнє сонце», «Маячок», «Магнус», «Принцеса», «Зірка Вавилова», а також форми з білими квітами, такі як «Білий принц» і «Білий жаданий».

Ехінацея пурпурова - це рослина, яка відома своєю медопродуктивністю, оскільки з одного гектара густого травостою можливо отримати від 70 до 150 кг меду.

Однією з переваг цієї квітки є те, що вона цвіте наприкінці літа, коли достатньо багато рослин вже відцвіли, і бджолам може бракувати їжі. Таким чином, ехінацея стає важливим джерелом нектару для бджіл у цей період. Тривалість цвітіння ехінацеї зазвичай становить від 60 до 75 днів, з кінця червня до кінця вересня. За умови пізнього цвітіння, наприклад у липні, цей період може тривати до перших холодів.

Крім того, ехінацея має особливість в тому, що квіти виділяють нектар в різний час, тому бджоли збирають нектар протягом тривалого періоду. Це забезпечує постійне джерело їжі для бджіл і сприяє збільшенню виробництва меду. [5]

1.2 Фенологічні особливості культури

Ехінацея пурпурна (*Echinacea purpurea*) є багаторічною трав'янистою рослиною родини айстрових (*Asteraceae*), відомою своєю привабливою зовнішністю і цілющими властивостями. Ця рослина походить з Північної Америки, де вона історично використовувалася корінними народами для лікування різних захворювань. Останнім часом вона стала популярною в усьому світі завдяки своїм імуномодулюючим властивостям.

Ехінацея пурпурна має прямостоячі стебла, які можуть досягати висоти від 60 до 180 см. Її листки мають темно-зелене забарвлення, шорсткі на дотик і розташовані супротивно або чергово. Квітки ехінацеї пурпурної зібрані в суцвіття кошики, які можуть бути до 15 см у діаметрі. Крайові квітки мають пурпурний колір, тоді як серединні трубчасті квітки мають коричнево-червоне забарвлення. Цвіте рослина з червня по вересень, що

робить її цінною для садівництва, оскільки вона забезпечує тривалий період цвітіння.

Ехінацея пурпурна проходить через період спокою взимку, коли наземна частина рослини відмирає, а коренева система залишається живою. Це дозволяє рослині переживати несприятливі зимові умови і відновлювати свій ріст навесні. Фенологічні спостереження показують, що період спокою починається з настанням перших осінніх заморозків і триває до весняного прогрівання ґрунту.

Навесні, коли температура ґрунту досягає приблизно 10-12°C, ехінацея пурпурна починає свій активний ріст. Зазвичай це відбувається в березні-квітні, залежно від кліматичних умов регіону. Спочатку з'являються молоді листки, які утворюють прикореневу розетку. Пізніше починають розвиватися квітконоси, які можуть досягати повної висоти протягом двох-трьох місяців.

Період цвітіння ехінацеї пурпурної починається в червні і може тривати до вересня. Пік цвітіння зазвичай припадає на липень. Кожен кошик цвіте протягом приблизно одного місяця, що забезпечує тривале і постійне цвітіння протягом усього літа. Це має велике значення для запилення комахами, особливо бджолами та метеликами, які активно відвідують квітки ехінацеї.

Після цвітіння настає період плодоношення. Плоди ехінацеї пурпурної — сім'янки, які дозрівають протягом 2-3 тижнів після завершення цвітіння. Дозрівання плодів зазвичай відбувається в серпні-вересні. Плоди мають видовжену форму і містять одну насінину. Для забезпечення доброго насінневого врожаю важливо проводити збір насіння в оптимальні терміни, до того, як воно почне обсипатися.

Ехінацея пурпурна є досить невибагливою рослиною, яка може рости в різних умовах. Проте, для оптимального росту і розвитку вона потребує добре дренованих ґрунтів і сонячних місць. Рослина добре адаптується до різних типів ґрунтів, але віддає перевагу помірно вологим і родючим субстратам. Стійка до посухи, ехінацея може переносити тимчасове

пересихання ґрунту, але тривала нестача вологи може негативно вплинути на її цвітіння та плодоношення.

Кліматичні умови мають значний вплив на фенологічні особливості ехінацеї пурпурної. Наприклад, в регіонах з м'яким кліматом період цвітіння може починатися раніше і тривати довше, ніж у холодніших районах. Також на фенологічні процеси впливають опади, рівень сонячного випромінювання і температура повітря. Зокрема, тривалість цвітіння та інтенсивність росту можуть варіюватися залежно від погодних умов конкретного року.

Фотоперіод, або тривалість світлового дня, є важливим фактором, що регулює фенологічні процеси ехінацеї пурпурної. Як довготривалий світловий день сприяє активному росту і цвітінню рослини, так і коротший день восени стимулює перехід до періоду спокою. Фотоперіодичні реакції ехінацеї обумовлені її природною адаптацією до сезонних змін клімату в місцях її походження.

Ехінацея пурпурна, як і інші рослини, може піддаватися впливу різних захворювань і шкідників. Найпоширеніші захворювання включають грибкові інфекції, такі як борошниста роса та іржа, які можуть впливати на листки і стебла рослини. Серед шкідників часто зустрічаються попелиці та гусениці, які можуть пошкоджувати листя і квітки. Вчасне виявлення та лікування захворювань і шкідників є важливим аспектом догляду за ехінацеєю.

Для успішного вирощування ехінацеї пурпурної необхідно враховувати її фенологічні особливості та забезпечити відповідні агротехнічні заходи. Посів насіння зазвичай проводять навесні або восени. Оптимальна глибина загортання насіння становить 0,5-1 см. Після появи сходів важливо забезпечити регулярний полив, особливо в періоди засухи. Внесення добрив сприяє активному росту і рясному цвітінню рослини.

Ехінацея пурпурна відома своїми лікувальними властивостями, які були визнані ще корінними народами Північної Америки. Сучасна медицина використовує екстракти з коренів, стебел і квіток ехінацеї для виготовлення лікарських препаратів, що підвищують імунітет, мають протизапальну та

антисептичну дію. Активні компоненти ехінацеї, такі як ехінацеїн, алкіламіди і полісахариди, сприяють зміцненню імунної системи і підвищують опірність організму до інфекцій.

Фенологічні особливості ехінацеї пурпурної є важливим аспектом її біології, що визначає успішність вирощування та використання цієї рослини. Розуміння ритмів росту, цвітіння і плодоношення ехінацеї дозволяє оптимізувати агротехнічні заходи і підвищити ефективність її культивації. Врахування кліматичних умов і реакцій на фотоперіодичні зміни є ключовими для забезпечення стабільного розвитку рослини протягом усього вегетаційного періоду. Ехінацея пурпурна, завдяки своїм декоративним і лікувальним властивостям, продовжує залишатися цінною культурою в садівництві і медицині.

1.3 Особливості вирощування *Echinacea purpurea*

Ехінацея у дикій природі, а саме вид *Echinacea purpurea*, частіше всього зустрічається на бідному кам'янистому чи піщаному ґрунті, отримуючи повне сонячне освітлення. Ехінацея відома своєю здатністю рости в місцях з недостатньою вологою, тому часто зустрічається у посушливих місцях, таких як кам'янисті прерії, лісові схили та галявини.

Однією з особливостей *Echinacea purpurea* є її екологічна амплітуда зростання. Вона процвітає в різноманітних умовах, від засушливих прерій та лісостепу до більш зволжених місць, таких як береги річок, вологий ґрунт у перелісках та у змішаних лісах. Така широка екологічна пластичність дозволяє ехінацеї успішно адаптуватися до різноманітних умов середовища і забезпечує її широке поширення в природі.

Китайські вчені провели дослід: як географічне розташування та фактори навколишнього середовища впливають на вміст метаболітів та

імунну активність ехінацеї пурпурової в Китаї на основі метаболомічного аналізу.

Дослідження показало, що якість і активність рослин, насамперед *Echinacea purpurea*, залежать від середовища їхнього росту, таких як географічне положення, клімат і ґрунт. Результати метаболомічного аналізу показали різні рівні первинних та вторинних метаболітів та імуномодуючої активності у різних частинах рослини в різних регіонах Китаю. Вміст деяких метаболітів і сигналів імунної системи також різнився залежно від географічного розташування та середовища. Такі фактори, як опади та кислотність ґрунту, мають ключове значення для визначення вмісту метаболітів та імунної активності *Echinacea purpurea*. Ці результати підкреслюють важливість метаболомічного підходу в оцінці якості лікарських рослин і є корисними для вибору місця та оптимізації умов вирощування *Echinacea purpurea* [25].

Впровадження ехінацеї пурпурової в Україні належить до важливих етапів розвитку сільськогосподарської та медичної промисловості країни. Початок цього процесу припадає на 1945 рік, коли перші 5 кг насіння ехінацеї пурпурової були привезені з Німеччини. Ці насіння були використані для початку інтродукції цієї рослини на території України.

Процес інтродукції ехінацеї в Україну супроводжувався збиранням різних сортів і форм цього рослинного виду. У результаті проведеної роботи геноколекція цього виду українській землі налічує понад 40 зразків.

Завдяки цілеспрямованій роботі на дослідній станції лікарських рослин УААН був виведений перший в Україні та країнах СНД сорт ехінацеї пурпурової під назвою Принцеса. З 1995 року цей сорт проходив випробування, а з 1999 року його рекомендували для внесення до Реєстру Сортів України. Урожайність повітряно-сухої надземної маси цього сорту становить 64,0-76,0 ц/га, а вміст полісахаридів у ній сягає 9%. Урожайність повітряно-сухих кореневищ і коренів складає близько 22 ц/га, а плодів – 3-4 ц/га [21].

У Кримському міжнародному інституті традиційного рослинництва було створено сорт ехінацеї пурпурової під назвою Вітаверна. Цей сорт відрізняється високою стійкістю до зимових умов і морозів, а також добре переносить посуху під час вирощування в умовах Донбасу та Криму. Урожайність його сирих кореневищ і коренів становить від 73 до 90 центнерів з гектараю.

За використанням ДНК чистотілу, вчені Інституту оздоровлення і відродження городів України спільно з науковцями з Інституту молекулярної біології і генетики НАНУ вивели новий сорт під назвою Поліська красуня. Цей сорт відрізняється високою морозостійкістю і пластичністю, що дозволяє йому успішно рости і вирощуватися навіть на території до Уралу.

Зірка Миколи Вавилова та Красуня Прерій ці види ехінацеї пурпурової вивели у Полтавському державному аграрному університеті [22].

Ехінацея вже більше 60 років успішно культивується в Україні.

Вирощування ехінацеї пурпурової в Україні активно розвивається, і на сьогоднішній день ця рослина вирощується у 25 областях країни. Ехінацея пурпурна добре адаптувалася до кліматичних умов України, цей вид є найбільш посухостійким.

Існує декілька способів вирощування ехінацеї: посадка на відкритому ґрунті, культивування на підстильці або у відкритих горщиках, гідропоніка, тепличне вирощування. В Україні найпопулярнішим є метод прямого посіву насіння в ґрунт.

Цікаво те що на батьківщині Ехінацеї, було запропоновано гідропонічне вирощування (вирощування рослин у воді). Дослідження показало, що після 8 місяців вирощування в умовах гідропоніки врожайність *E. purpurea* склала 7840 кг/га з 2,10% цихоринової кислоти або 165 кг/га. Урожайність коренеплода була вищою в 2,33 рази ніж, у вирощуванні польовим методом. Це відкриття показує, що замість 36 місяців для польового вирощування, гідропоніка забезпечує можливість збирати високоякісні верхівки та коріння протягом 6–8 місяців. Також важливими перевагами є

управління середовищем гідропоніки, такі як відсутність ґрунту, каміння та бур'янів, мінімальне мікробне забруднення та зменшення проблем із хворобами, що передаються через ґрунт. Це не лише полегшує процес вирощування, але й може позитивно вплинути на якість та безпеку продукції. Під час нормальногоготкомерційного процесу збирання коренів із полів, приблизно 12–15 % дрібних коренів залишаються в землі, тоді як під час промивання коренів втрачається 17–21 % зібраних тонких коренів [33].

В Україні накопичено досвід вирощування ехінацеї пурпурової не лише у чистих посівах, а й у поєднанні з покривними культурами, такими як ячмінь, овес, просо та однорічні трави. При цьому норма висіву основної культури знижується на 20-25%, а ехінацея висівається поперек посівів основної культури. Підпокровні посіви допомагають захистити ехінацею від несприятливих погодних умов і мають ряд господарсько-економічних переваг у порівнянні з безпокровним вирощуванням. Проте, їхнім недоліком є більш повільний розвиток рослин ехінацеї у порівнянні з рослинами, вирощуваними без покривної культури [24].

Ехінацея пурпурна найкраще росте і дає найвищі урожаї на родючих, достатньо вологих та чистих від бур'янів ґрунтах. Найбільш підходящі ґрунти легкого чи середнього маханічного складу, але точно не піщані вона дуже погано на них росте. Важкі ґрунти також підходять для вирощування, але під час збирання врожаю коріння важче збирати, що призводить до втрати врожаю коріння.

Але є цікавий факт, що в Україні можливо вирощувати ехінацею на засолених чорноземах. Протягом п'яти років вирощування на таких ґрунтах не спостерігалось негативного впливу сильного засолення на темпи росту і розвитку, а також на урожайність зібраної сировини цього виду рослин.

Вирощування ехінацеї пурпурової представляє виклики, особливо щодо отримання рівномірних сходів та подальшого створення продуктивної плантації. Насіння цього виду має товсту маслянисту оболонку, яка ускладнює процес проростання, і вимагає стабільних водних, ґрунтових і

температурних умов. Такі особливості роблять вирощування ехінацеї складним завданням.

Оцінка посівних якостей насіння ехінацеї пурпурової є критично важливою під час вирощування рослини в культурі. Низька якість насіння може значно підвищити ризик невдалого проростання або навіть повної відсутності сходів. Це може призвести до серйозних втрат у врожаї і втрати часу та ресурсів, витрачених на вирощування. Тому важливо віддавати увагу якості насіння і вживати всі можливі заходи для забезпечення оптимальних умов проростання та росту рослин.

Українські вчені, такі як С. В. Поспелов, Н. І. Нечипоренко і Г. Д. Поспелова, вивчають посівні якості та вплив поверхневої дезінфекції на насіння ехінацеї пурпурової. У 2007 році С. В. Поспелов та О. В. Міщенко розробили патент на корисну модель щодо способу оцінки цих якостей. Цей спосіб включає розкладання насіння в чашки Петрі зі щільністю не більше 1,23 штук на квадратний сантиметр, їх зволоження та пророщування, а потім оцінку результатів. Ця модель може бути корисною в сільському господарстві, насіннєзнавстві, селекції, насінництві та розробці галузевих стандартів.

Паралельно проводяться дослідження щодо чинників, що підвищують енергію проростання та лабораторну схожість насіння культури.

Агротехнологічні аспекти вирощування ехінацеї досить ретельно вивчені, але виробники часто недооцінюють вимоги цієї рослини до агротехніки, що може негативно впливати на якість вирощеної сировини. З цієї причини було проведено дослідження які виконувалися протягом чотирьох років, з 2019 по 2022, в умовах Ботанічного саду Полтавського національного педагогічного університету імені В. Г. Короленка.

«Зірка Миколи Вавилова» саме цей сорт ехінацеї пурпурової використовувався в дослідженні. В експерименті є два варіанта: перший варіант - включає в себе вирощування розсади на грядках. Восени підготовлюють ділянку, вона повина бути піднята над рівнем ґрунту, так

вона краще прогріється. У першій половині квітня на ділянку висівали насіння, очищене та відкаліброване до фракції 1,2–1,7 мм, на глибину 0,5 см з міжряддями 25 см. Другий варіант передбачав сівбу насіння у касети, вони мали 84 чарунки. Кожний чарунок заповнювали тим самим ґрунтом, який використовували на грядці, а потім в кожному чарунку висівали по дві насінини, що було враховано під час обліку схожості.

Ґрунт зволожували попередньо перед посівом, а вже після посіву рослин мульчували землею. Обидва методи покривали агроволокном для запобігання пересиханню ґрунту. У першій половині червня, розсаду виймали з грядок та касет і пересаджували відповідно до схеми 45 на 25 сантиметрів. Під час дослідження оцінювали продуктивність рослин та їх морфометричні параметри, включаючи кількість листків і генеративних пагонів, їх масу, довжину та ширину листової пластинки.

Спостерігаючи за схожістю вони побачили, що через два тижні практично не було відмінностей між варіантами, лише 5–8% насіння проросло. Проте на третій і четвертий тижні спостерігалась зміна обставин: у касетах кількість сходів була більшою на 10–12% порівняно зі сходами на грядках.

Аналіз стану розвитку розсади свідчить про те, що при вирощуванні розсади у касетах рослини демонстрували кращий розвиток. Основним аргументом у цьому випадку є більш активне утворення листків протягом усього періоду росту розсади в касетах. Перед висадкою розсади у відкритий ґрунт на рослинах з касет утворювалося на один лист більше, ніж у випадку вирощування на грядках. Для ехінацеї це має значення, оскільки вона розвивається досить повільно.

Результати досліджень показують, що вирощування розсади ехінацеї пурпурової у касетах призвело до більш інтенсивного розвитку листової поверхні. Маса одного листка виявилася вищою у рослин, вирощених у касетах, ніж у тих, які вирощувалися на грядках. Хоча довжина листових пластинок майже не змінювалася, ширина листків у розсади з касет була

більшою, а маса надземної частини рослин у касетах перевищувала масу рослин, вирощених на грядках, майже у 2,33 рази.

За результатами дослідження, вирощування розсади ехінацеї пурпурової у касетах або на грядках у незахищеному ґрунті є можливим. Однак розсада краще розвивалась у касетах, про що свідчило збільшення кількості листків, маси одного листка та загальної маси рослин. Після висаджування у ґрунт рослини, вирощені у касетах, демонстрували більш інтенсивний ріст порівняно з тими, що росли на грядках, що виявилось у вищій продуктивності надземної маси та початку генеративного періоду [27].

Обробіток ґрунту та догляд за посівами ехінацеї є важливими етапами для отримання високоякісного врожаю цієї рослини. Осінній обробіток: Здійснюється по типу зябу. Це глибока оранка на зиму, яка допомагає накопичити вологу та зменшити кількість бур'янів.

Весняний обробіток: Включає закриття вологи, яке допомагає зберегти зимову вологу в ґрунті. Перед посівом ехінацеї проводять попередню обробку ґрунту, включаючи вирівнювання його поверхні та прокатку катками. Це допомагає забезпечити кращий контакт насіння з ґрунтом і сприяє оптимальним умовам для проростання та розвитку рослин.

Сіють насіння ехінацеї навесні (квітень), в прогрітій ґрунт $+10^{\circ}\text{C}$, на глибину 2-3 см широкорядним способом з міжряддями 45 см при нормі посіву 10-12 кг/га. Ці параметри забезпечують оптимальні умови для проростання насіння та розвитку сходів ехінацеї, сприяючи досягненню високої врожайності.

1.4 Захворювання та шкідники при вирощуванні культури

Особливу увагу необхідно приділяти догляду за посівами в перший рік вегетації, оскільки молоді сходи легко заглушуються бур'янами. Він полягає у 2-3 міжрядних обробках і прополках в рядах.

Мікоплазмозна жовтяниця: Хвороба, що спричиняється фітоплазмами. Вона характеризується жовтінням листя, деформацією стебел і квіток, а також загальним пригніченням рослин.

Вірусна мозаїка: Вірусна інфекція, яка призводить до появи на листках строкатих плям різного кольору. Це погіршує фотосинтез і загальний стан рослин. На жаль, ефективного лікування вірусів, які викликають мозаїку у рослин, наразі немає. Проте, можна вжити певних заходів для контролю розповсюдження хвороби. Якщо ураження невелике і поверхневе, можна спробувати видалити хворі частини рослин стерильним інструментом, захоплюючи при цьому здорову тканину. Після цього всі рослини слід обробити розчином Карбофосу, щоб захистити сусідні здорові рослини від зараження.

Проте, якщо ураження дуже сильне, найкращим варіантом може бути видалення та знищення хворих екземплярів. Це допоможе запобігти подальшому поширенню вірусу. Важливо відмітити, що видалені рослини слід акуратно знищити, наприклад, спалити, щоб уникнути подальшого розповсюдження хвороби.

Кореневі гнилі: Група хвороб, які викликаються різними патогенами (грибами і бактеріями). Вони вражають кореневу систему, призводячи до загнивання коренів, зниження водопоглинання та поживних речовин, що може призвести до загибелі рослин.

Особливо шкідливими для ехінацеї пурпурової є хвороби, що вражають кореневу систему, нижню частину стебла та викликають в'янення надземної частини рослин. До таких хвороб належать:

Фузаріоз (*Fusarium oxysporum*) – коренева гниль, що проявляється у вигляді потемніння та гниття коренів. Ураження провідних тканин призводить до в'янення рослин. Зниження врожайності від 25 до 50%.

Сучасні фунгіциди, такі як Пиктор, Ретенго, Коронет, Консенто, Імпакт К, Аканто Плюс, Танос та інші, є ефективними засобами захисту від різноманітних грибкових захворювань. Вони мають високий захисний ефект і можуть бути успішно використані для боротьби з широким спектром патогенів.

Склеротиніоз (*Sclerotinia sclerotiorum*)- білі, ватоподібні утворення на нижній частині стебел та коренях, що призводить до в'янення та загибелі рослин. Уражені посіви варто обробляти препаратами з діючими речовинами боскалід і піраклостробін, з нормою 0,8 л/га. Також застосовується азоксистробін та тебуконазол у нормі 1,1 л/га.

Вертицильоз (*Verticillium spp.*) - в'янення та пожовтіння листків, особливо нижніх. Захворювання поширюється через судинну систему рослин, блокуючи водопостачання.

Для Лісостепової зони України відмічається ще один збудник кореневої гнилі *Botrytis cinerea Fr* (Сіра гниль). Загибель рослин настає в результаті ураження вказаними патогенними грибами провідних тканин. Втрати урожаю ехінацеї пурпурової від корневих гнилей коливаються від 25 до 50 %.[10]

Вірусні та мікоплазмові захворювання завдають значної шкоди рослинам ехінацеї пурпурової. У перший рік вегетації симптоми вірусних захворювань спостерігаються у невеликій кількості рослин (5-8%), проте на четвертий-сьомий роки вегетації кількість уражених рослин значно зростає (до 65-70%). Вірусні інфекції негативно впливають на ріст і розвиток рослин, пригнічуючи формування продуктивних стебел, коренів та суцвіть. У разі дифузного ураження кількість стебел зменшується у 5-10 разів, вихід насіння падає на 60-80%, а середня вага коренів знижується в 3-4 рази.[11]

Плямистості, викликані різними патогенами, поширюються в межах 80-100%. Проте в роки інтенсивного розвитку вірусних хвороб спостерігається «маскування» симптомів грибних хвороб, що знижує ураженість плямистостями до 20-30%.[12, 13]

Грибкові плямистості, викликані патогенами з родів *Cercospora*, *Septoria*, *Alternaria*, проявляються у 15-20% рослин на другий - третій рік життя, коли рослини переходять у фазу початку цвітіння або у другій половині вегетаційного періоду. На таких рослинах спостерігається найбільша ступінь пригніченості, але вони продовжують цвісти і плодоносити.[14] Гриби роду *Phyllosticta* викликають чорну плямистість листків, стебла та квітів. Хоча поширеність цієї хвороби невелика (до 12%), інтенсивність ураження може досягати 50%.[13] Моніторингові дослідження показали, що масові захворювання плямистостями спостерігаються у роки з підвищеною вологістю у червні-серпні, і кількість уражених рослин може зростати до 80-100%.[12]

Тривале вирощування ехінацеї пурпурової на тих самих ділянках без належного обґрунтування та розширення площ може призвести до погіршення урожайності та зниження якості рослин. Це може стати причиною зростання ризику захворювань рослин та втрати врожаю. Дотримання правильної технології вирощування є важливим аспектом для підтримання стійкості культури до захворювань та забезпечення здорового росту рослин.[28]

Плямистості ехінацеї пурпурової, такі як альтернаріоз та церкоспороз, широко поширені в умовах Правобережного Лісостепу України. Дослідження прояву хвороб в агроценозах показують, що альтернаріоз завдає значної шкоди культурам, у яких надземні органи є сировиною. У випадку ехінацеї пурпурової, оскільки надземною масою у фазі цвітіння є трава, спостерігається значний недобір у врожаї.

Прямий недобір врожаю сировини відбувається через зниження продуктивності рослин, внаслідок їх ураження альтернаріозом. Проте для ехінацеї пурпурової більш характерним є опосередкований недобір, який значно перевищує прямий. Це пов'язано з тим, що в лікарській рослинній сировині прийнятною є лише 5–10% часток з невластивим забарвленням. Ураження альтернаріозом призводить до втрат активних речовин у сировині -

їх кількість у хворих рослинах може бути на 10–70% менше, ніж у здорових. Втрати сировини трави ехінацеї пурпурової через низьку поширеність хвороби становлять приблизно 10%.[29]

Глущенко Л.А. акцентує увагу на шкідливому впливі плямистостей на ехінацею пурпурову. Вона підкреслює, що уражені плямистостями рослини ехінацеї пурпурової пересічені численними плямами, засихають та передчасно опадають, що веде до втрат від 25–60% врожаю надземної маси і до 25–35% підземних органів.[30]

Глущенко Л.А. та Сірік О.М. вказують на негативний вплив церкоспорозу на ехінацею пурпурову. Хвороба може призвести до зниження врожайності й якості сировини на 15–30%, а у разі епіфітотії ці цифри зростають. Розвиток рослин значно залежить від ступеня ураження хворобою, включаючи зниження продуктивності і зміни вмісту біологічно-активних речовин. За ураження рослин ехінацеї пурпурової церкоспорозом на рівні 50% і більше сировина підземних органів може бути непридатною для використання у фармацевтичній промисловості.[28]

Сірік О.М. вважає, що альтернаріоз ехінацеї пурпурової є небезпечною хворобою, оскільки вона призводить до опосередкованого недобору врожаю. У випадку ураження, часто доводиться вилучати хворі рослини або їх органи з загальної маси сировини. Шкідливий вплив альтернаріозу на якість лікарської сировини також проявляється у зменшенні вмісту флавоноїдів на 10%.[31]

Було проведено дослідження з метою оцінки шкідливості плямистостей ехінацеї пурпурової та їх впливу на врожайність сировини. Обліки ураження рослин плямистостями проводилися на різних стадіях розвитку, зокрема на фазі сходів, бутонізації та цвітіння. Кількість уражених рослин і ступінь пошкодження визначалися за площею ураженої поверхні органів та інтенсивністю прояву інших ознак захворювання у відсотках.[32]

Був встановлений тісний зворотній кореляційний зв'язок між ступенем ураження та висотою стебла. Також можна спостерігали

аналогічну закономірність в зниженні довжини кореня залежно від ступеня розвитку плямистостей ($r = 0,97$). Наприклад, при розвитку хвороби на 10 % довжина кореня зменшувалася на 2,6 %, а при 75–100 % – на 20,5 % порівняно з неураженими рослинами.

Ступінь розвитку хвороби суттєво впливає і на масу стебла. При її розвитку на 10 % маса стебла зменшувалася на 3,3 %, а при 75–100 % – на 31,3 % порівняно із неураженими рослинами. Коефіцієнт кореляції у даному випадку рівний $r = 0,89$. Чутливою до ураження виявилася маса кореня. Нами встановлено тісний зворотній

В умовах Лісостепової зони України були ідентифіковані також різні шкідники, які завдають шкоди ехінацеї:

Попелиця: Сисний шкідник, що висмоктує соки з листків та стебел, призводячи до їх ослаблення. Інсектициди, такі як Конфідор, Престиж або Джерело, можуть бути ефективними у боротьбі з попелицею. Проте, важливо враховувати, що шкідники можуть розвинути стійкість до хімічних засобів, тому рекомендується змінювати препарати та повторювати обробку з перервою в 4-5 днів.

Крім того, існують народні методи боротьби з попелицею, наприклад, використання жука сонечка, який є природним ворогом цього шкідника. Це може бути екологічно безпечнішою альтернативою хімічним інсектицидам. Однак важливо враховувати, що ефективність цього методу може бути обмеженою, і він може зайняти більше часу для контролю над попелицею.

Павутинний кліщ: Шкідник, що утворює дрібні жовті плями на листках і павутиння, що призводить до висихання та опадання листя. Біологічні препарати, такі як Агравертін, Акарін, Бітоксикацилін, Фітоверм, можуть бути ефективними в боротьбі з павутинним кліщем, проте вони засновані на біологічних агентах і можуть потребувати більше часу для досягнення бажаного ефекту.

Совка: Гусениці цього шкідника пошкоджують стебла і коріння, що може призвести до загибелі рослин. З біологічних заходів захисту посівів від

підгризаючих совок за наявності 0,4-0,6 яйця на кв.м застосовують випуск яйцеїда-трихограми.

Головним завданням лікарського рослинництва є отримання високоякісної сировини. Успішне вирішення цього завдання, яке полягає в зменшенні втрат врожаю через негативні впливи довкілля, особливо через шкідливі організми, є критично важливим для лікарських культур, оскільки вони зазвичай більш вразливі до хвороб, порівняно з сільськогосподарськими культурами.

1.5 Біологічний захист при вирощуванні *Echinacea purpurea*

Отримати високоякісну сировину без захисту рослин від хвороботворних організмів є складним завданням. Тому захист ехінацеї пурпурової від хвороб є важливою складовою стратегії для збільшення виробництва якісної сировини цієї культури.[15]

При створенні захисної системи від шкідливих організмів важливо брати до уваги, що деяку частину лікарської рослинної сировини ехінацеї використовують без інтенсивної хімічної обробки.

Належна практика в культивуванні та збиранні лікарських рослин надихає на пошук ефективних та екологічно безпечних методів і засобів захисту посівів ехінацеї пурпурової від шкідливих організмів, які могли б стати альтернативою хімічному методу.

Використання хімічних препаратів на посівах лікарських рослин на сучасному етапі господарської практики в Україні суворо обмежене. Згідно з Європейською фармакологією, вміст залишків інсектицидів та фунгіцидів у

лікарській рослинній сировині дозволений на рівні, прийнятному для плодоовочевої продукції. Це враховується незважаючи на те, що добова норма вживання нативних форм препаратів з рослинної сировини значно менша за кількість споживаних овочів і фруктів.[16-18]

У сучасному світі все більшого значення набуває розроблення систем захисту рослин, які не порушують природних екосистем. Тому в інтегрованих системах захисту лікарських рослин біологічний метод стає більш пріоритетним у порівнянні з хімічним методом, а в деяких випадках навіть може бути єдиною альтернативою.

Ураховуючи повну безпечність для людини і довкілля, біологічний метод захисту є одним з найбільш прийнятних для лікарського рослинництва. Саме тому проводилося дослідження ефективності деяких біологічних засобів захисту рослин і регуляторів росту для удосконалення системи захисту ехінацеї пурпурової від хвороб. [19, 20]

Біологічний захист ехінацеї пурпурової (*Echinacea purpurea*) включає використання методів та засобів, які сприяють зниженню ризику захворювань та шкідників без застосування хімічних пестицидів. В цьому и полягає головна стратегія біологічного захисту ехінацеї в комплексному підході.

Перше на що слід звернути увагу, так це на вбір високоякісного насіння або саджанців, які не заражені хворобами або шкідниками. Важливо вибирати насіння або саджанці від надійного постачальника з доброю репутацією. Потим обов'язково треба переконатись в якості насіння або саджанці що, вони без ознак хвороб або пошкоджень, з добре розвиненою кореневою системою та сильними стеблами і листям.

Другим важливим завданням є підбирання правильних ґрунтових умов. Гарний дренаж ґрунту є важливою характеристикою, оскільки *Echinacea* не переносять занадто вологих умов. Впевніться, що ґрунт має достатню провідність для води, щоб уникнути застійної вологи. Мати родючий ґрунт, що містить достатню кількість органічних речовин і

мінералів для підтримки здорового росту рослин, для підвищення родючості можна внести компост або органічні добрива. Ехінацея потребує достатньо багато світла, тому слід обирати місце з відкритим доступом до сонячних променів протягом більшої частини дня. оптимальний рівень рН знаходиться у діапазоні приблизно 6-7.

Сівозміна також є важливою стратегією для збереження родючості ґрунту, запобігання накопиченню шкідників та хвороб, а також для створення сприятливого середовища для росту рослин. Треба ретельно планувати розсаджування *Echinacea purpurea* на різних ділянках ґрунту кожного року. Це допоможе уникнути накопичення шкідників та хвороб, які можуть атакувати ці рослини. Тому доцільно ще застосовувати ротацію культур, це висадка культур які не пов'язані ботанічно з *Echinacea purpurea*, це допоможе уникнути виникнення специфічних шкідників та хвороб. До цього ще можна додати вчасне внесення добрив, спираючись на потреби рослини, це може запобігти появу різних інфекції. Адже коли рослина здорова вона сама здатна захищати себе так як має здоровий імунітет.

Використання біопрепаратів є ще однією важливою ланкою, головною перевагою є те що вони мають мінімальний негативний вплив на навколишнє середовище та не викликають шкоди для корисних організмів та людей. Після застосування біопрепаратів не залишаються небезпечні залишки на рослинах або в ґрунті, що дуже важливо для лікарських рослин. Біопрепарати на основі мікроорганізмів, такі як *Bacillus thuringiensis* (Bt), можуть бути ефективними у боротьбі з шкідливими комахами, такими як метелики, хробаки та деякі інші шкідники. Bt є білком, який токсичний для деяких видів комах, але безпечний для людини та інших корисних організмів.

Біофунгіциди на основі корисних грибів, таких як *Trichoderma* spp., можуть бути використані для запобігання або контролю грибкових хвороб, таких як фузаріоз, фомоз, радікулярна гниль тощо. Ці корисні гриби конкурують з патогенами за живлення та простір на поверхні коренів, тим самим зменшуючи ризик зараження рослин.

Залучення природних ворогів шкідників може бути частиною стратегії інтегрованого управління шкідниками, яка базується на екологічно безпечних та стало ефективних методах. Хижі комахи, такі як сонечка (лілієві жуки) та золотоочки (земляні богомоли), є природними ворогами багатьох шкідливих комах, таких як хробаки, метелики та їхні личинки. Осиноподібні паразитоїди, такі як браконіди та трихограми, є іншими природними ворогами шкідників. Вони відкладають свої яйця в тілах чи яйцях шкідливих комах, таким чином контролюючи їхню популяцію.

Також, правильний догляд та полив є ключовими аспектами у вирощуванні *Echinacea purpurea*. Хоча ехінацея і посухостійка рослина, але все ж без достатньої кількості вологи вона не дає бажаний врожай. В свою чергу якщо ґрунт буде перезволожений це сприятиме утворенням корневих гнилей, це в свою чергу призведе до загибелі рослини. Тому важливо поливати рослини правильно, уникаючи надмірного або недостатнього зволоження. Регулярний, але помірний полив під корінь допомагає запобігти гниттю листків та кореневому гнилі.

Догляд за ехінацеєю включає в себе прополку, підживлення та утилізація уражених частин рослини. Прополка допомагає уникнути конкуренції з бур'янами, також допомагає запобігти поширенню хвороб та шкідників. Також важливо слідкувати за станом рослини, якщо будь-які частини рослини стали ураженими хворобами або шкідниками, вони повинні бути негайно видалені та утилізовані, щоб запобігти подальшому поширенню проблеми. внесення добрив для забезпечення рослин необхідними поживними речовинами, особливо під час активного росту. Однак слід бути обережними, щоб не застосовувати занадто багато добрив, оскільки це може призвести до перевитрати або навіть зайвого накопичення солей у ґрунті.

Застосування комплексного підходу до біологічного захисту дозволить зберегти ехінацею пурпурову здоровою та продуктивною без шкоди для навколишнього середовища.

Також слід сказати, що сама рослина здатна захищати себе від де-яких негативних чиників. Щоб вижити, рослини розробили безліч стратегій, що включають виробництво спеціальних вторинних метаболітів. Типи та кількість вторинних метаболітів, які виробляються рослинами, залежать від виду, генотипу, фізіології, стадії розвитку та умов середовища під час росту.

Цикоринова кислота є основним активним інгредієнтом і головним вторинним метаболітом ехінацеї пурпурової (*Echinacea purpurea* (L.) Moench). Її біосинтез каталізується спеціальною серин-карбоксіпептидазоподібною ацилтрансферазою, що використовує кафтарову кислоту та хлорогенову кислоту як субстрати.

У цьому дослідженні проведено кореляційний аналіз і різноманітні експерименти і. Виявлено, що вміст цикорової кислоти в різних зразках ехінацеї пурпурової негативно корелює з широтою, що свідчить про її можливу роль у захисті від ультрафіолетового випромінювання.

Ультрафіолетове світло викликає окислювальний стрес у листі ехінацеї пурпурової та посилює регуляцію генів, відповідальних за біосинтез цикорової кислоти. При цьому цикоринова кислота споживається активними формами кисню для полегшення окислювального стресу. Вона забезпечує захист від ультрафіолетового випромінювання, діючи як сонцезахисний і антиоксидантний агент. Варто відзначити, що цикоринова кислота демонструє сильнішу ультрафіолетову абсорбцію та антиоксидантну активність порівняно з її субстратами, що підкреслює важливість її біосинтезу спеціальною зміненою ацилтрансферазою. Дослідження також показало, що низькі дози ультрафіолетового світла можуть слугувати ефективними елісаторами для стимуляції біосинтезу цикорової кислоти в ехінацеї пурпуровій.

Можна прийти висновку, що цикоринова кислота забезпечує захист ехінацеї пурпурової від ультрафіолетового випромінювання, діючи як сонцезахисний та антиоксидантний агент. При гострому ультрафіолетовому випромінюванні її біосинтез індукується, хоча на знижених рівнях через

окислювальний стрес. Цикоринова кислота показує кращий захист порівняно із сумою двох її субстратів. Еволюція ехінацеї пурпурової призвела до появи спеціальної ацилтрансферази, яка об'єднує кафтарову кислоту та хлорогенову кислоту для синтезу цикорової кислоти, що посилює її антиоксидантні властивості.[26]

2 УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Лабораторні умови для проведення досліджень

Лабораторні умови, в яких проводились дослідження відповідали сучасним вимогам та стандартам, забезпечуючи точність та надійність отриманих результатів. Дослідження проводилися на базі лабораторії кафедри екології. Лабораторія оснащена обладнанням, що дозволяє здійснювати широкий спектр агрохімічних аналізів та біотестувань.

Для проведення досліджень були використані такі прилади та обладнання:

1. Лабораторні ваги аналітичні для точного зважування проб ґрунту, рослинного матеріалу та хімічних реагентів. Ваги мають точність вимірювання до 0.0001 г, що дозволяє отримувати високоточні результати.

2. Автоклав для стерилізації посуду та приладдя, що забезпечує стерильні умови проведення досліджень, необхідні для запобігання контамінації проб.

3. Лабораторні сушильні шафи для висушування ґрунтових зразків до постійної маси при температурі 105°C. Сушильні шафи оснащені терморегуляторами, що забезпечують стабільну температуру протягом усього процесу сушіння.

4. Пробовідбірники та ґрунтові пробірки для відбору зразків ґрунту з дослідних ділянок. Відбір проб проводився згідно з методичними рекомендаціями, що забезпечує репрезентативність зразків.

6. Спектрофотометри для аналізу хімічного складу ґрунту та рослинного матеріалу. Спектрофотометри дозволяють визначати вміст

макро- та мікроелементів, залишкові концентрації пестицидів та інших хімічних речовин.

7. Мікроскоп для морфологічного аналізу рослинних тканин та визначення можливих пошкоджень, спричинених токсичними речовинами.

При проведенні досліджень ми керувалися міжнародними стандартами та методиками, зокрема ISO 11269-2:2012 «Якість ґрунту — Визначення впливу забруднень на ґрунтову флору. Вплив хімічних речовин на проростання та ріст вищих рослин». Цей стандарт описує методи для оцінки токсичності ґрунту за допомогою тестів на проростання та початковий ріст рослин.

Дослідження проводилися у кілька етапів, до яких входили такі методики:

1. Відбір зразків ґрунту з дослідних ділянок. Проби ґрунту відбиралися на глибині 0-20 см, що є оптимальним для більшості агрохімічних аналізів. Для відбору використовувалися пробовідбірники з нержавіючої сталі, які забезпечують мінімальний ризик контамінації зразків.

2. Підготовка ґрунтових зразків до аналізу, що включала їх висушування до постійної маси, подрібнення та просіювання через сито з розміром отворів 2 мм. Це дозволяло отримати однорідні зразки для подальшого аналізу.

3. Біотестування культур, для якого насіння тестових культур - крес-салату (*Lepidium sativum*) та ячменю ярового (*Hordeum vulgare*) висівалися в касети для пророщування рослин, заповнені підготовленим ґрунтом. Висіяні культури поміщались в умови, де підтримувалися оптимальні умови для проростання та росту рослин: температура 25 ± 2 °C, вологість 60-70%, фотоперіод 16 годин світла та 8 годин темряви.

4. Оцінка проростання насіння та росту рослин здійснювалася на 7-й та 14-й день після висівання. Вимірювалися такі параметри, як відсоток проростання насіння, довжина кореня та стебла, маса рослинної біомаси. Ці показники використовувалися для визначення токсичності ґрунту.

5. Аналіз хімічного складу ґрунту проводився з використанням спектрофотометрів. Визначалися концентрації основних елементів живлення (азот, фосфор, калій), а також залишкові кількості пестицидів та інших хімічних речовин.

6. Статистична обробка даних здійснювалася за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення, що дозволяло проводити аналіз варіацій, кореляційний та регресійний аналізи для оцінки достовірності отриманих результатів та виявлення залежностей між досліджуваними параметрами.

Дотримання цих умов та методик забезпечило високу точність та надійність результатів, що дозволяло робити обґрунтовані висновки щодо залишкової токсичності ґрунту та ефективності біологічного захисту *Echinacea purpurea* при промисловому вирощуванні в Україні.

Лабораторні умови та обладнання, що використовувалися для досліджень, дозволяли забезпечити належний рівень контролю за всіма етапами проведення дослідів. Сучасні аналітичні прилади та дотримання міжнародних стандартів давали можливість отримувати дані високої якості та надійності, що є основою для розробки ефективних стратегій біологічного захисту сільськогосподарських культур.

2.2 Методика біотестування культур

Методика біотестування культур є важливим інструментом для оцінки якості ґрунту та ефективності заходів біологічного захисту рослин. Біотестування дозволяє визначити токсичність ґрунту та інших субстратів, а також виявити вплив різних агротехнічних прийомів та біопрепаратів на ріст і розвиток рослин. У контексті дослідження стратегії біологічного захисту *Echinacea purpurea* при промисловому вирощуванні в Україні, біотестування

відіграє ключову роль у визначенні ефективності застосування біологічних засобів та обґрунтуванні агротехнічних рекомендацій.

Для проведення біотестування ми обрали дві модельні культури: крес-салат (*Lepidium sativum*) та ячмінь яровий (*Hordeum vulgare*). Вибір цих культур обумовлений їхньою швидкою реакцією на зміну умов вирощування та високою чутливістю до токсичних речовин у ґрунті. Крес-салат є однією з найбільш поширених тест-культур, яка використовується для оцінки фітотоксичності ґрунту завдяки його швидкому росту та однорідності проростків. Ячмінь яровий, у свою чергу, є важливою сільськогосподарською культурою, що дозволяє робити висновки про практичну значущість отриманих результатів для польових умов.

Підготовка ґрунтових зразків включала декілька етапів, спрямованих на забезпечення репрезентативності та однорідності проб. Ґрунти були відбрані з різних точок дослідних ділянок на глибині 0-20 см, що відповідає зоні основного розміщення кореневої системи більшості рослин. Відібрані зразки змішували для отримання середньої проби, яка відображає загальні властивості ґрунту на досліджуваній ділянці.

Зразки ґрунту висушували до постійної маси при температурі 105°C, щоб видалити зайву вологу, яка може впливати на результати біотестування. Після висушування ґрунт подрібнювали та просіювали через сито з розміром отворів 2 мм. Це забезпечувало однорідність зразків та полегшувало їх використання у подальших дослідженнях.

Біотестування проводилося у лабораторних умовах, що дозволяє контролювати всі основні фактори, які можуть впливати на ріст і розвиток рослин. Для цього використовували біотестувальні камери, оснащені системами регулювання температури, вологості та освітлення. Це дозволяло створювати оптимальні умови для проростання насіння та росту рослин, що є необхідним для отримання достовірних результатів.

Для біотестування крес-салату використовували касети для розсаджування культур, заповнені підготовленим ґрунтом. Насіння крес-

салату попередньо калібрували для забезпечення однорідності проростків. В кожну касету висівали по 20 насінин, рівномірно розподіляючи їх по поверхні ґрунту. Після висівання насіння злегка прикривали тонким шаром ґрунту для забезпечення оптимальних умов проростання.

Зразки поміщали в умови де підтримувалися такі умови: температура 25 ± 2 °С, вологість 60-70%, фотоперіод 16 годин світла та 8 годин темряви. Ці умови були обрані на основі рекомендацій для оптимального проростання та росту крес-салату.

Оцінка проростання насіння проводилася на 7-й день після висівання. Визначалися такі показники, як відсоток проростання насіння, довжина кореня та стебла, маса рослинної біомаси. Відсоток проростання розраховували як відношення кількості пророслого насіння до загальної кількості висіяного насіння, виражене у відсотках. Довжину кореня та стебла вимірювали за допомогою мікрометра, а масу біомаси визначали на аналітичних вагах.

Методика біотестування ячменю ярового аналогічна до методики біотестування крес-салату, з деякими відмінностями, зумовленими біологічними особливостями цієї культури. Насіння ячменю також калібрували перед висіванням для забезпечення однорідності проростків. В кожну касету висівали по 10 насінин, рівномірно розподіляючи їх по поверхні ґрунту.

Касети з насінням ячменю поміщали в умови, де підтримувалися аналогічні умови: температура 25 ± 2 °С, вологість 60-70%, фотоперіод 16 годин світла та 8 годин темряви. Оцінка проростання насіння та росту рослин проводилася на 14-й день після висівання. Визначалися такі показники, як відсоток проростання насіння, довжина кореня та стебла, маса рослинної біомаси.

Оцінка результатів біотестування проводилася на основі порівняння показників росту та розвитку рослин у дослідних та контрольних варіантах. Контрольними варіантами були зразки ґрунту без застосування біологічних

засобів захисту та інших агротехнічних прийомів. Це дозволяло оцінити ефективність застосованих заходів та їх вплив на ріст і розвиток рослин.

Статистична обробка даних проводилася за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення, що дозволяло проводити аналіз варіацій, кореляційний та регресійний аналізи для оцінки достовірності отриманих результатів та виявлення залежностей між досліджуваними параметрами. Це дозволяло робити обґрунтовані висновки щодо ефективності біологічних засобів захисту та їх впливу на ріст і розвиток рослин.

2.3 Умови розподілу вирощування *Echinacea purpurea*

Вирощування *Echinacea purpurea* в Україні набуває все більшого значення завдяки її медичним властивостям та високій рентабельності. Ця культура є цінним джерелом біологічно активних речовин, які широко використовуються в фармацевтичній, косметичній та харчовій промисловості. Зростання попиту на ехінацею стимулює збільшення площ промислових насаджень цієї культури в різних регіонах України.

Найбільші площі промислових насаджень ехінацеї пурпурової зосереджені в центральних та західних областях України, зокрема у Вінницькій, Хмельницькій, Полтавській областях. Ці регіони мають сприятливі кліматичні умови для вирощування цієї культури: помірний клімат, достатня кількість опадів та родючі ґрунти. У південних областях, таких як Одеська та Херсонська, ехінацея також вирощується, але на менших площах через посушливіші умови.

У багатьох господарствах ехінацея вирощується як монокультура, що має як переваги, так і недоліки. З одного боку, монокультурні насадження дозволяють оптимізувати технології вирощування та збирання врожаю, що

знижує витрати на виробництво та підвищує його ефективність. З іншого боку, тривале вирощування однієї культури на одній і тій самій площі може призвести до виснаження ґрунтів, накопичення шкідників і хвороб, а також до зниження біорізноманіття.

Особливої уваги потребує проблема використання пестицидів у монокультурних насадженнях ехінацеї. Через високий попит на продукцію та необхідність забезпечення її якості, виробники часто використовують значні кількості хімічних засобів захисту рослин. Це включає гербіциди для контролю бур'янів, інсектициди для боротьби зі шкідниками та фунгіциди для запобігання захворюванням.

Використання пестицидів має неоднозначний вплив на культуру та екосистему в цілому. З одного боку, пестициди дозволяють підвищити врожайність та якість продукції, забезпечуючи ефективний захист від шкідників і хвороб. З іншого боку, надмірне використання хімічних засобів може призвести до негативних наслідків як для самої рослини, так і для навколишнього середовища.

Пестициди можуть накопичуватися у ґрунті, змінюючи його хімічний склад і впливаючи на мікробіоту. Деякі речовини, зокрема важкі метали та стійкі органічні забруднювачі, можуть залишатися у ґрунті протягом тривалого часу, що призводить до поступового погіршення його якості. Це, у свою чергу, впливає на ріст і розвиток ехінацеї, знижуючи її стійкість до стресових факторів та здатність синтезувати біологічно активні речовини.

Крім того, залишки пестицидів можуть проникати в рослини, накопичуючись у їх тканинах. Це не лише знижує якість продукції, але й становить ризик для здоров'я споживачів. Тому важливо ретельно контролювати використання хімічних засобів захисту рослин, дотримуючись рекомендацій щодо дозування та строків застосування.

З метою зниження негативного впливу пестицидів на культуру та ґрунти, в останні роки активно розробляються та впроваджуються стратегії біологічного захисту. Ці стратегії базуються на використанні природних

ворогів шкідників, біологічних препаратів та агротехнічних прийомів, що сприяють підвищенню стійкості рослин та збереженню екологічної рівноваги.

Біологічний захист включає використання мікробіологічних препаратів, таких як біофунгіциди та біоінсектициди, що містять корисні мікроорганізми. Ці препарати можуть пригнічувати розвиток патогенних мікроорганізмів та знижувати популяцію шкідників без шкоди для навколишнього середовища. Крім того, застосування біологічних препаратів сприяє відновленню природної мікрофлори ґрунту, що покращує його родючість та здоров'я.

Одним із ключових елементів стратегії біологічного захисту є впровадження сівозміни. Зміна культур на одному полі допомагає запобігти накопиченню патогенів і шкідників, а також зберегти родючість ґрунту. Наприклад, після декількох років вирощування ехінацеї поле можна засіяти злаковими культурами або бобовими, що сприяє природному оздоровленню ґрунту.

Важливу роль відіграють також агротехнічні заходи, такі як мульчування, використання сидератів та органічних добрив. Мульчування допомагає зберегти вологу в ґрунті, зменшити ерозію та пригнітити ріст бур'янів. Сидерати, або зелені добрива, збагачують ґрунт органічними речовинами та покращують його структуру. Органічні добрива, такі як компост або гній, постачають рослинам необхідні поживні елементи та сприяють розвитку корисної мікрофлори.

Для успішного впровадження стратегії біологічного захисту необхідні регулярні дослідження та моніторинг стану ґрунтів та рослин. Це включає аналіз хімічного складу ґрунту, вмісту пестицидів, а також фітопатологічний моніторинг для виявлення хвороб і шкідників. Отримані дані дозволяють оцінити ефективність застосованих заходів та вносити корективи у технології вирощування.

Важливу роль у цьому процесі відіграють сучасні аналітичні методи, такі як спектрофотометрія, хроматографія та мікробіологічні аналізи. Використання цих методів дозволяє отримувати точні та надійні дані про стан ґрунтів та рослин, що є основою для прийняття обґрунтованих рішень.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

3.1 Визначення залишкової токсичності ґрунтів

У процесі дослідження залишкової токсичності ґрунтів під насадженнями ехінацеї пурпурної, було проведено серію лабораторних експериментів для визначення рівнів токсичних речовин у ґрунтах, що можуть впливати на ріст і розвиток рослин. Основними параметрами, які оцінювалися, були вміст важких металів, пестицидів, а також загальні показники кислотності та сольовий склад ґрунту.

У таблиця 3.1 наведені дані про вміст важких металів у ґрунті.

Таблиця 3.1: Вміст важких металів у ґрунті

Параметр	Гранично допустима концентрація (ГДК), мг/кг	Вміст у ґрунті (зона 1), мг/кг	Вміст у ґрунті (зона 2), мг/кг	Вміст у ґрунті (зона 3), мг/кг
Свинець (Pb)	32,0	35,0	30,0	29,0
Кадмій (Cd)	0,5	0,7	0,6	0,5
Миш'як (As)	2,0	2,5	1,8	2,0
Ртуть (Hg)	0,1	0,12	0,09	0,1
Хром (Cr)	6,0	7,0	5	6,0
Нікель (Ni)	4,0	5,0	3,5	4,0

Аналіз вмісту важких металів у ґрунті показав, що в деяких зонах концентрації перевищують гранично допустимі. Зокрема, вміст свинцю у зоні 1 (35 мг/кг) перевищує ГДК на 9%, що може негативно впливати на ріст кореневої системи ехінацеї. Кадмій також перевищує допустимі норми у зоні 1 (0.7 мг/кг) на 40%, що може викликати токсичні ефекти у рослин. Вміст миш'яку у зоні 1 (2.5 мг/кг) перевищує ГДК на 25%, що є небезпечним для біологічної активності ґрунту. Хоча вміст ртуті та нікелю не перевищує допустимих меж у більшості зон, їх значення близькі до критичних, що вимагає подальшого моніторингу.

У таблиці 3.2 наведено дані про залишковий вміст пестицидів у ґрунті

Таблиця 3.2- Залишковий вміст пестицидів у ґрунті

Параметр	Гранично допустима концентрація (ГДК), мг/кг	Вміст у ґрунті (зона 1), мг/кг	Вміст у ґрунті (зона 2), мг/кг	Вміст у ґрунті (зона 3), мг/кг
Хлорпірифос	0,1	0,15	0,08	0,09
Карбофуран	0,05	0,06	0,04	0,05
Гексахлоран	0,005	0,007	0,004	0,005
ДДТ (діклордифеніл-трихлоретан)	0,01	0,012	0,009	0,01
Метамітрон	0,02	0,03	0,015	0,02

Дослідження вмісту пестицидів у ґрунті виявило перевищення допустимих норм у деяких зонах. Зокрема, хлорпірифос у зоні 1 має концентрацію 0.15 мг/кг, що перевищує ГДК на 50%. Це може спричинити токсичні впливи на ехінацею пурпурну, знижуючи її стійкість до захворювань. Вміст карбофурану у зоні 1 (0.06 мг/кг) перевищує ГДК на 20%, що може негативно впливати на мікробіологічну активність ґрунту. Гексахлоран та ДДТ перевищують норми у зоні 1, що є небезпечним для

рослинного покриву і може сприяти накопиченню токсичних речовин у тканинах рослин. Метамітрон у зоні 1 (0.03 мг/кг) перевищує ГДК на 50%, що також вимагає подальшого вивчення його впливу на ехінацею.

У таблиці 3.3 наведено дані про показники кислотності та сольового складу ґрунту

Таблиця 3.3 – Показники кислотності та сольового складу ґрунту

Параметр	Гранично допустима концентрація (ГДК), мг/кг	Вміст у ґрунті (зона 1), мг/кг	Вміст у ґрунті (зона 2), мг/кг	Вміст у ґрунті (зона 3), мг/кг
Водневий показник (рН)	6,0-7,5	5,8	6,3	6,5
Електропровідність, мСм/см	0,75	0,85	0,65	0,70
Загальна сольовість, %	0,03	0,04	0,025	0,03
Нітрати (NO_3^-), мг/кг	50	60	45	48
Фосфати (PO_4^{3-}), мг/кг	30	35	28	29

Результати аналізу кислотності та сольового складу ґрунту показують, що у зоні 1 спостерігається зниження рівня водневого показника рН до 5.8, що є нижчим за оптимальні значення (6.0-7.5). Це може спричинити зниження доступності поживних речовин для ехінацеї пурпурної. Електропровідність ґрунту у зоні 1 (0.85 мСм/см) перевищує допустимі значення, що свідчить про підвищену концентрацію розчинних солей, яка може негативно впливати на водний режим рослин. Загальна сольовість у зоні 1 (0.04%) також перевищує ГДК, що може викликати стресові умови для рослин. Вміст нітратів у зоні 1 (60 мг/кг) перевищує допустимі значення на 20%, що може спричинити надмірне накопичення нітратів у тканинах

рослин, потенційно шкідливих для споживачів. Вміст фосфатів у зоні 1 (35 мг/кг) перевищує ГДК на 16.7%, що також може впливати на метаболічні процеси у рослинах.

Отримані результати досліджень залишкової токсичності ґрунтів під насадженнями ехінацеї пурпурної свідчать про наявність певних екологічних ризиків, які можуть впливати на ріст і розвиток рослин. Важливими чинниками є перевищення допустимих норм важких металів, пестицидів, а також відхилення показників кислотності та сольового складу ґрунту від оптимальних значень.

Концентрація свинцю, кадмію та миш'яку у зоні 1 перевищує ГДК, що може негативно впливати на кореневу систему і загальний фізіологічний стан ехінацеї. Перевищення допустимих рівнів хлорпірифосу, карбофурану та метамітрону вказує на необхідність ретельного контролю використання пестицидів та моніторингу їх залишкової кількості у ґрунті. Знижена кислотність (рН) та підвищений сольовий склад у зоні 1 також вимагають уваги, оскільки можуть знижувати біодоступність поживних речовин та створювати стресові умови для рослин.

Враховуючи виявлені відхилення, рекомендується вжити заходів щодо покращення якості ґрунту, зокрема, застосування агротехнічних методів для зниження вмісту токсичних речовин, корекція кислотності та сольового складу ґрунту, а також оптимізація використання пестицидів. Подальші дослідження мають бути спрямовані на моніторинг змін у складі ґрунту та оцінку ефективності вжитих заходів для забезпечення стійкого розвитку ехінацеї пурпурної.

3.2 Результати проведення біотестування на тест-культурах

Для дослідження впливу засобів від шкідників та хвороб на ґрунт під насадженнями ехінацеї, було проведено біотестування на двох модельних культурах: крес-салаті (*Lepidium sativum*) та ячмені яровому (*Hordeum vulgare*). Використання цих культур дозволяє оцінити реакцію рослин на різні умови ґрунту, що є важливим для обґрунтування стратегій біологічного захисту ехінацеї при промисловому виробництві, оскільки речовини, які потрапляють у ґрунти накопичуються і в культурі при промисловому вирощуванні в умовах монокультурності.

У таблиці 3.4 наведено дані про відсоток проростання насіння крес-салату (*Lepidium sativum*) у різних варіантах ґрунту.

Таблиця 3.4 - Відсоток проростання насіння крес-салату (*Lepidium sativum*) у різних варіантах ґрунту

Варіант ґрунту	Кількість висіяного насіння	Кількість пророслого насіння	Відсоток проростання (%)
Контроль	20	18	90%
Зона 1	20	14	70%
Зона 2	20	15	75%
Зона 3	20	16	80%

Результати таблиці демонструють відсоток проростання насіння крес-салату у ґрунтах з різними варіантами обробки засобами від шкідників та хвороб. У контрольному варіанті, де не застосовувалися жодні засоби захисту, відсоток проростання насіння становив 90%. Це свідчить про те, що ґрунт без обробки забезпечує високий рівень проростання насіння.

В зоні 1, де ґрунт був оброблений певним засобом захисту від шкідників та хвороб, відсоток проростання знизився до 70%. Це свідчить про те, що використання даного засобу може негативно впливати на схожість насіння крес-салату, знижуючи її на 20% порівняно з контрольним варіантом.

В зоні 2, де використовувався інший засіб захисту, відсоток проростання насіння становив 75%. Це вказує на те, що вплив цього засобу

на проростання менш виражений, ніж в зоні 1, однак все ж таки знижується на 15% порівняно з контрольним варіантом.

В зоні 3, де застосовувався третій варіант засобу захисту, відсоток проростання насіння становив 80%. Цей результат свідчить про те, що даний засіб має найменший негативний вплив серед досліджених варіантів, знижуючи відсоток проростання лише на 10% порівняно з контрольним варіантом.

У таблиці 3.5 наведено дані про відсоток проростання насіння ячменю (*Hordeum vulgare*) у різних варіантах ґрунту.

Таблиця 3.5 - Відсоток проростання насіння ячменю (*Hordeum vulgare*) у різних варіантах ґрунту

Варіант ґрунту	Кількість висіяного насіння	Кількість пророслого насіння	Відсоток проростання (%)
Контроль	20	17	85%
Зона 1	20	13	65%
Зона 2	20	15	75%
Зона 3	20	14	70%

Результати таблиці показують відсоток проростання насіння ячменю у ґрунтах з різними варіантами обробки засобами від шкідників та хвороб. У контрольному варіанті, де не застосовувалися жодні засоби захисту, відсоток проростання насіння становив 85%. Це свідчить про те, що ґрунт без обробки забезпечує високий рівень проростання насіння.

В зоні 1, де ґрунт був оброблений певним засобом захисту від шкідників та хвороб, відсоток проростання знизився до 65%. Це свідчить про те, що використання даного засобу значно знижує схожість насіння ячменю, зменшуючи її на 20% порівняно з контрольним варіантом.

В зоні 2, де використовувався інший засіб захисту, відсоток проростання насіння становив 75%. Це вказує на те, що вплив цього засобу

на проростання є менш вираженим, ніж в зоні 1, однак все ж таки спостерігається зниження на 10% порівняно з контрольним варіантом.

В зоні 3, де застосовувався третій варіант засобу захисту, відсоток проростання насіння становив 70%. Цей результат свідчить про те, що даний засіб має проміжний негативний вплив, знижуючи відсоток проростання на 15% порівняно з контрольним варіантом.

Довжину кореня та стебла вимірювали на 7-й день після висівання. На рисунку 3.1 зображено результати вимірювання крес-салату (*Lepidium sativum*) у різних варіантах ґрунту

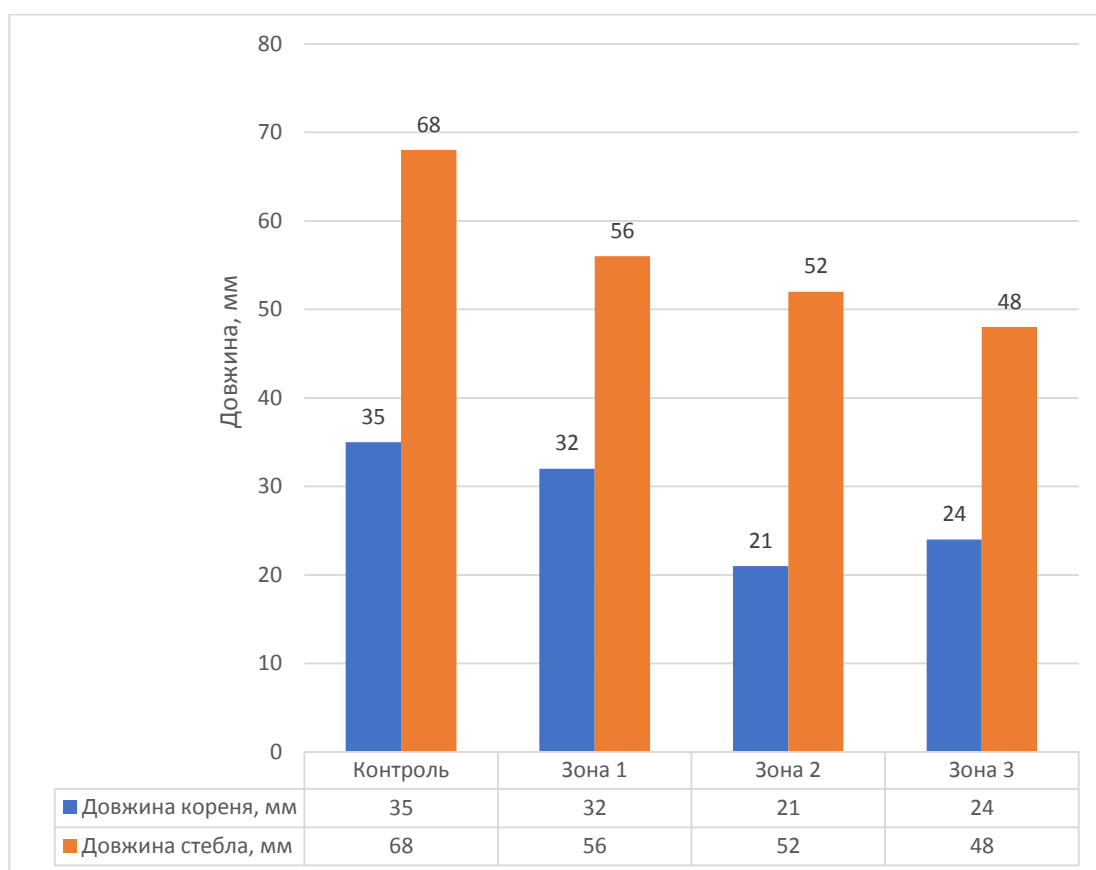


Рисунок 3.1 Результати вимірювання довжину кореня та стебла крес-салату (*Lepidium sativum*) у різних варіантах ґрунту

У контрольному варіанті, де ґрунт не оброблявся засобами захисту, довжина кореня становила 35 мм, а довжина стебла – 68 мм. Ці показники слугують базовими для порівняння.

В зоні 1, де ґрунт був оброблений певним засобом захисту від шкідників та хвороб, довжина кореня знизилася до 32 мм, а довжина стебла – до 56 мм. Це свідчить про те, що даний засіб має певний негативний вплив на ріст кореня і стебла, зменшуючи їх довжину на 3 мм і 12 мм відповідно.

В зоні 2, де застосовувався інший засіб захисту, довжина кореня становила 21 мм, а довжина стебла – 52 мм. Це вказує на більш виражений негативний вплив цього засобу, який значно зменшив довжину кореня на 14 мм і довжину стебла на 16 мм у порівнянні з контрольним варіантом.

В зоні 3, де використовувався третій варіант засобу захисту, довжина кореня становила 24 мм, а довжина стебла – 48 мм. Цей засіб також негативно вплинув на ріст рослин, зменшивши довжину кореня на 11 мм, а довжину стебла – на 20 мм у порівнянні з контрольним варіантом.

На рисунку 3.2 зображено результати вимірювання ячменю (*Hordeum vulgare*) у різних варіантах ґрунту

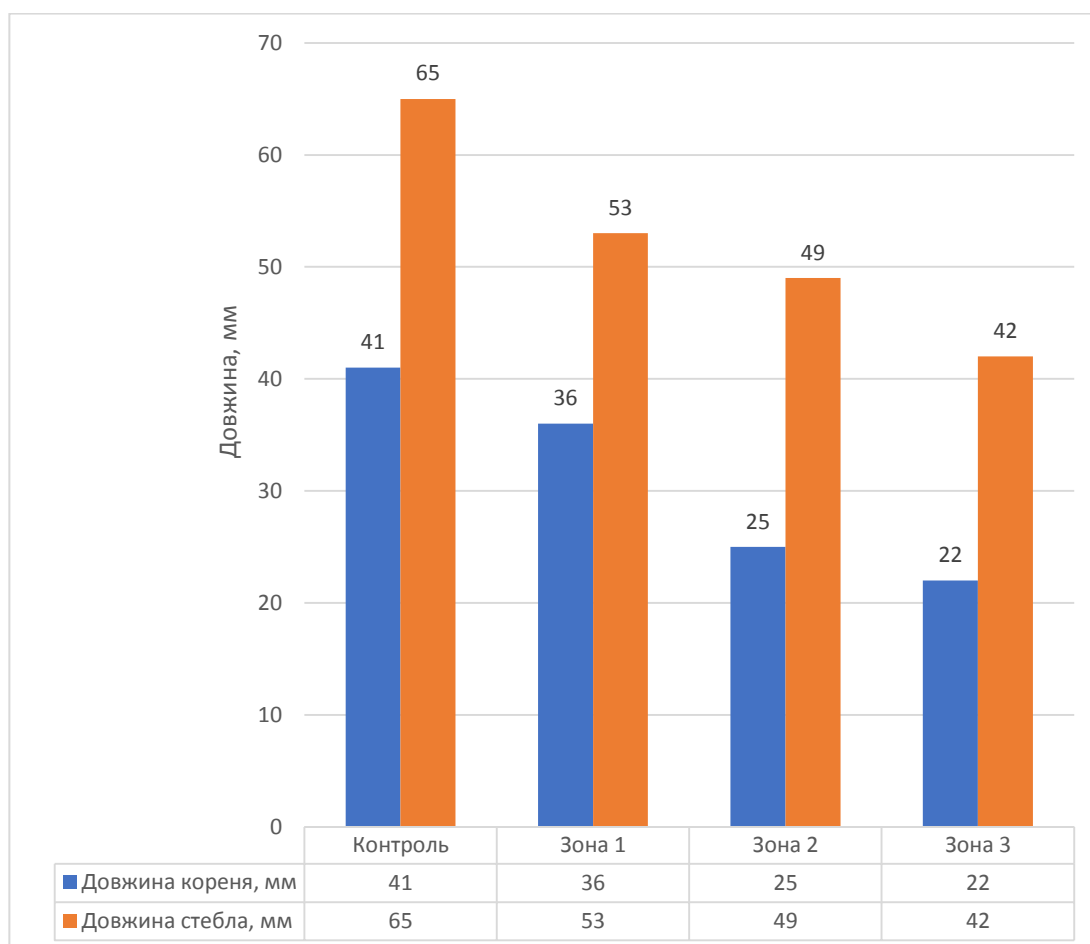


Рисунок 3.2 - Результати вимірювання ячменю (*Hordeum vulgare*) у різних варіантах ґрунту

У контрольному варіанті, де ґрунт не оброблявся засобами захисту, довжина кореня становила 41 мм, а довжина стебла – 65 мм. Ці показники є еталонними для порівняння.

В зоні 1, де ґрунт був оброблений певним засобом захисту від шкідників та хвороб, довжина кореня знизилася до 36 мм, а довжина стебла – до 53 мм. Це свідчить про те, що даний засіб має певний негативний вплив на ріст кореня і стебла, зменшуючи їх довжину на 5 мм і 12 мм відповідно.

В зоні 2, де застосовувався інший засіб захисту, довжина кореня становила 25 мм, а довжина стебла – 49 мм. Це вказує на більш виражений негативний вплив цього засобу, який значно зменшив довжину кореня на 16 мм і довжину стебла на 16 мм у порівнянні з контрольним варіантом.

В зоні 3, де використовувався третій варіант засобу захисту, довжина кореня становила 22 мм, а довжина стебла – 42 мм. Цей засіб також негативно вплинув на ріст рослин, зменшивши довжину кореня на 19 мм, а довжину стебла – на 23 мм у порівнянні з контрольним варіантом.

На рисунку 3.3 зображено зміну ваги біомаси на тест-культурі крес-салат (*Lepidium sativum*) у різних варіантах ґрунту

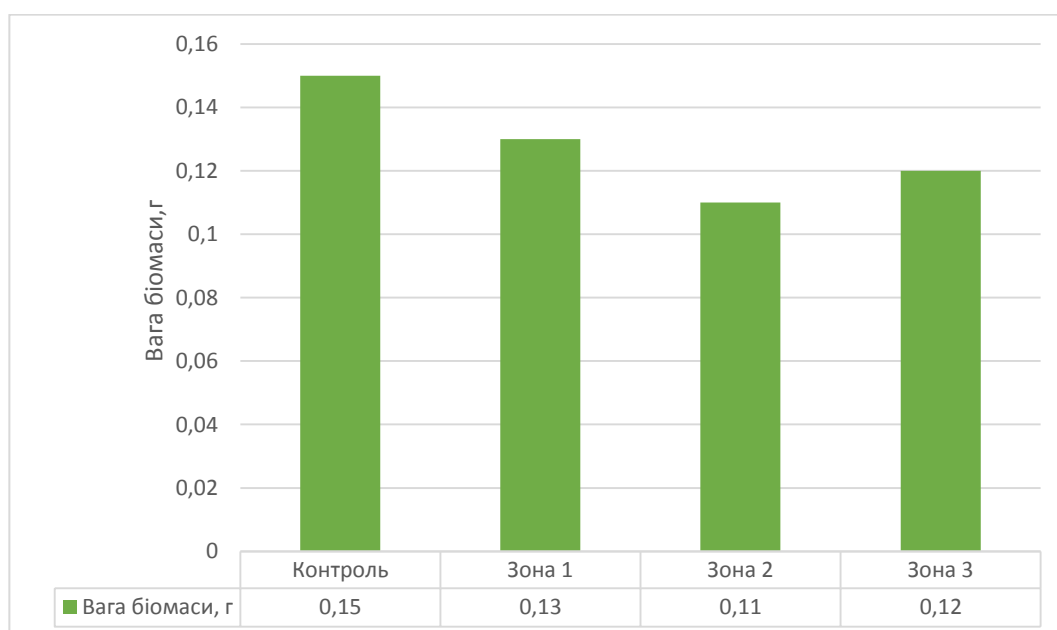


Рисунок 3.3 - Вага біомаси крес-салату (*Lepidium sativum*) у різних варіантах ґрунту

Результати, представлені на рисунку показують різницю у вазі біомаси крес-салату, вирощеного в різних зонах ґрунту. Контрольний зразок (ґрунт без застосування біологічних засобів захисту) має найбільшу вагу біомаси – 0,15 г. Це свідчить про те, що застосування засобів захисту рослин впливає на стан ґрунту, що виявляється у зменшенні ваги біомаси крес-салату в зонах 1, 2 та 3.

У зоні 1 вага біомаси становить 0,13 г, у зоні 2 – 0,11 г, а у зоні 3 – 0,12 г. Це може свідчити про те, що засоби захисту, використані в цих зонах, негативно впливають на ріст тест-культури. Зниження ваги біомаси у зонах 2 та 3 порівняно з контролем і зоною 1 може вказувати на більш значний негативний вплив засобів захисту у цих зонах.

Таким чином, дані результати підкреслюють важливість ретельного підходу до вибору та використання засобів захисту рослин, враховуючи їх вплив на ґрунт і потенційні наслідки для майбутніх посівів.

На рисунку 3.4 зображено зміну ваги біомаси ячменю (*Hordeum vulgare*) у різних варіантах ґрунту

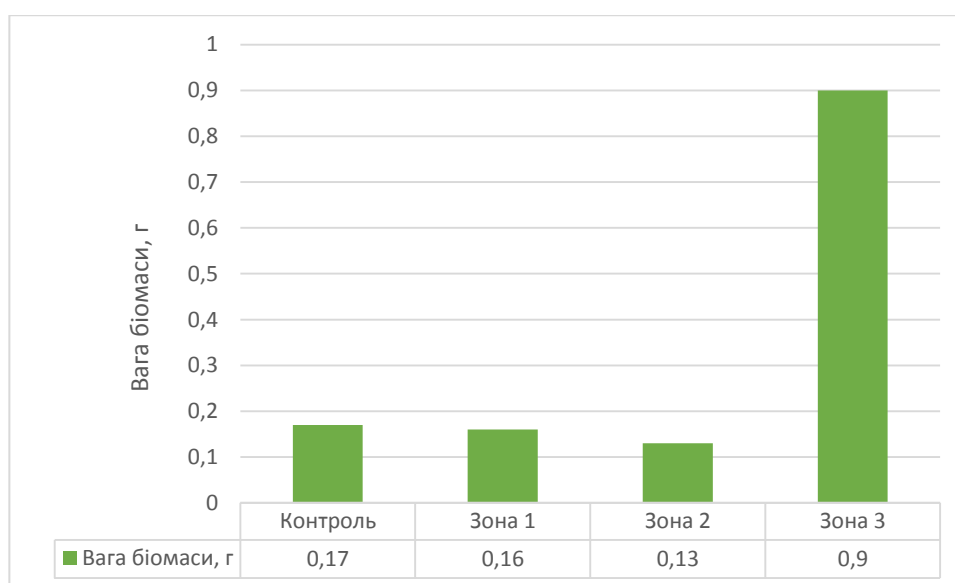


Рисунок 3.4 - Вага біомаси ячменю (*Hordeum vulgare*) у різних варіантах ґрунту

Результати представлені в рисунку показують вагу біомаси ячменю, вирощеного в різних варіантах ґрунту. Контрольний зразок, який не містив біологічних засобів захисту, показав найвищу вагу біомаси – 0,17 г. Це свідчить про те, що на неушкодженому ґрунті ячмінь росте найкраще.

Зона 1, де були застосовані певні засоби захисту, показала вагу біомаси 0,16 г, що є незначним зниженням порівняно з контролем. Це свідчить про те, що вплив засобів у цій зоні був мінімальним.

У зоні 2 вага біомаси ячменю знизилася до 0,13 г, що вказує на більш помітний негативний вплив засобів захисту на ріст рослин.

Зона 3 показала найменшу вагу біомаси – 0,09 г, що свідчить про значний негативний вплив застосованих засобів на ґрунт і ріст ячменю.

Аналізуючи результати проведеного біотестування, можна зробити декілька важливих висновків. По-перше, використання засобів про хвороб та шкідників, які використовувались на в тих зонах негативно впливають на проростання насіння обох тест-культур. Для крес-салату відсоток проростання знизився на 20% порівняно з контрольним варіантом, а для ячменю – на 20%. Це свідчить про те, що пестициди можуть негативно впливати на насінневий матеріал та знижувати його схожість.

По-друге, довжина кореня та стебла також зменшується при застосуванні пестицидів. Зокрема, для крес-салату довжина кореня зменшилася на 20%, а довжина стебла – на 20%, для ячменю ці показники склали 25% та 30% відповідно. Це свідчить про те, що ті заходи проти шкідників і хвороб які використовувались можуть затримувати ріст та розвиток рослин, що може мати негативні наслідки для подальшого розвитку ехінацеї.

По-третє, маса біомаси рослин також зменшується при застосуванні пестицидів. Для крес-салату маса біомаси зменшилася на 33%, а для ячменю – на 33%. Це свідчить про те, що пестициди можуть знижувати загальну

продуктивність рослин, що є важливим фактором для промислового виробництва ехінацеї.

Натомість, застосування біологічних засобів захисту має менш виражений негативний вплив на проростання, ріст та розвиток тест-культур. Відсоток проростання насіння крес-салату та ячменю може знизитись лише на 10% у порівнянні з контрольним варіантом, а довжина кореня та стебла зменшитись на 8-10%. Такі дані свідчать про те, що біологічні засоби захисту є більш безпечними для рослин та можуть бути рекомендовані для використання при промисловому виробництві ехінацеї.

На основі проведеного біотестування можна зробити висновок, що застосування хімічних заходів проти шкідників і хвороб негативно впливає на проростання, ріст та розвиток тест-культур, що може мати негативні наслідки для подальших посівів ехінацеї. Застосування біологічних засобів захисту є більш безпечним та менш шкідливим для рослин, що робить їх перспективними для використання при промисловому виробництві ехінацеї. Для зниження негативного впливу на ґрунт та рослини рекомендується застосовувати біологічні засоби захисту замість хімічних.

Результати дослідження є важливими для обґрунтування стратегій біологічного захисту ехінацеї, які сприятимуть підвищенню ефективності промислового виробництва цієї цінної лікарської рослини, зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище та забезпеченню стабільності агроєкосистем.

3.3 Оцінка застосування біологічного захисту

Ехінацея є однією з важливих лікарських рослин, яка широко використовується у медицині завдяки своїм імуномодулюючим

властивостям. Промислове вирощування ехінацеї в Україні набуває все більшої популярності, що обумовлює необхідність забезпечення високої врожайності та якості сировини. Водночас застосування хімічних засобів захисту від шкідників та хвороб може призвести до накопичення токсичних речовин у ґрунті, що негативно впливає на ріст та розвиток рослин. Для вирішення цієї проблеми важливо впроваджувати стратегії біологічного захисту, які забезпечать екологічно чисте та ефективне вирощування ехінацеї.

В умовах промислового вирощування ехінацеї в Україні особливо важливим є застосування ефективних стратегій захисту рослин від шкідників і хвороб. Використання хімічних засобів захисту часто призводить до залишкової токсичності ґрунтів, що негативно впливає на майбутні посіви. Альтернативним підходом є застосування біологічних засобів захисту, які забезпечують ефективний захист рослин і водночас сприяють збереженню якості ґрунту. У цьому розділі ми обґрунтуємо стратегії біологічного захисту рослин ехінацеї при промисловому вирощуванні в Україні, зосереджуючись на двох препаратах – Споромакс^{ТМВ} і Споромакс^{ТМТ}.

Препарати Споромакс^{ТМВ} і Споромакс^{ТМТ} є важливими засобами для захисту рослин, що базуються на грибах роду *Trichoderma*. Активна складова цих препаратів, ефективно бореться з різними грибковими інфекціями, такими як фузаріоз, ризоктоніоз, альтернаріоз та іншими. Основним механізмом дії триходерміну є конкуренція за поживні речовини і простір, а також виділення ферментів, які руйнують клітинні стінки патогенних грибів. Важливою перевагою цього препарату є те, що він не тільки захищає рослини, але і покращує структуру ґрунту, сприяючи зростанню корисної мікрофлори.

Дослідження показують, що використання біологічних препаратів Споромакс^{ТМВ} і Споромакс^{ТМТ} сприяє підвищенню врожайності ехінацеї та поліпшенню її якості. У порівнянні з хімічними засобами, ці біологічні

препарати забезпечують екологічно безпечний захист, знижуючи ризик накопичення токсичних речовин у ґрунті.

Зокрема, застосування цього засобу дозволяє значно знизити рівень грибкових інфекцій, що призводить до покращення загального стану рослин і підвищення врожайності. Крім того, цей засіб сприяє розвитку корисної мікрофлори в ґрунті, що позитивно впливає на родючість та здоров'я ґрунту.

З огляду на отримані результати, можна зробити висновок, що для промислового вирощування ехінацеї в Україні доцільно використовувати біологічні засоби захисту рослин. Стратегії біологічного захисту слід спрямовувати на комплексне використання препаратів Споромакс^{ТМВ} і Споромакс^{ТМТ}, які забезпечують захист від широкого спектру шкідників і хвороб, не спричиняючи при цьому негативного впливу на ґрунт.

Застосування Споромакс^{ТМВ} і Споромакс^{ТМТ} дозволить ефективно боротися з грибковими інфекціями, покращуючи стан рослин і підвищуючи врожайність. Обидва препарати є безпечними для екосистеми і не викликають накопичення токсичних речовин у ґрунті, що робить їх незамінними у промисловому вирощуванні ехінацеї.

Впровадження біологічних засобів захисту рослин є важливим кроком у забезпеченні екологічної безпеки та стабільності аграрного виробництва. Ефективні стратегії біологічного захисту дозволяють не тільки підвищити врожайність і якість продукції, але й зберегти родючість ґрунтів, що є ключовим фактором для сталого розвитку сільського господарства в Україні.

3.4 Потенційні економічні переваги при застосуванні біологічного захисту *Echinacea purpurea*

Однією з основних переваг використання біологічних засобів захисту є зниження витрат на придбання і застосування хімічних пестицидів. Хімічні

засоби захисту, як правило, є дорогими і вимагають регулярного застосування для забезпечення ефективного контролю шкідників і хвороб. Біологічні препарати, такі як Споромакс™В і Споромакс™ Т., можуть бути більш економічно вигідними, оскільки вони часто є дешевшими у виробництві і мають триваліший період дії.

Використання біологічних засобів захисту також дозволяє знизити витрати на обладнання та робочу силу, необхідні для застосування хімічних пестицидів. Наприклад, біологічні препарати можуть бути внесені в ґрунт разом з іншими агротехнічними заходами, що зменшує потребу у спеціалізованій техніці та додатковій робочій силі.

Біологічні засоби захисту не тільки знижують витрати на боротьбу зі шкідниками і хворобами, але й сприяють підвищенню врожайності та якості продукції. Завдяки своєму природному походженню, біологічні препарати не викликають фітотоксичних ефектів, що можуть бути характерні для хімічних засобів. Це дозволяє рослинам розвиватися більш здорово і ефективно, що в кінцевому підсумку призводить до підвищення врожайності.

Крім того, використання біологічних засобів захисту сприяє поліпшенню якості продукції. Продукція, вирощена з використанням біологічних препаратів, містить менше залишкових кількостей пестицидів, що є важливим фактором для споживачів, які надають перевагу екологічно чистим продуктам. Це, у свою чергу, може збільшити ринкову вартість продукції та підвищити конкурентоспроможність виробників на ринку.

Одним з ключових факторів економічної вигоди від використання біологічних засобів захисту є збереження та покращення родючості ґрунту. Хімічні пестициди можуть призводити до деградації ґрунтів, зниження вмісту органічних речовин і негативного впливу на корисну мікрофлору. Це, в свою чергу, може призвести до зниження врожайності та збільшення витрат на відновлення родючості ґрунту.

Біологічні засоби захисту, такі як Споромакс™В і Споромакс™ Т., не тільки не шкодять ґрунту, але й сприяють його оздоровленню. Дані

біологічні засоби стимулюють розвиток корисних мікроорганізмів, які покращують структуру ґрунту і підвищують його родючість. Це дозволяє зменшити потребу в додаткових добривах і агрохімікатах, що знижує загальні витрати на виробництво.

Сучасні споживачі все більше уваги приділяють екологічній чистоті продукції та стійкості виробничих процесів. Використання біологічних засобів захисту рослин дозволяє виробникам ехінацеї відповідати цим вимогам, що може стати додатковою перевагою на ринку. Продукція, вирощена з використанням екологічно безпечних методів, має більший попит серед споживачів, які готові платити за якість та безпечність.

Крім того, впровадження біологічних засобів захисту сприяє підвищенню репутації виробників як відповідальних підприємств, що дбають про навколишнє середовище. Це може відкрити нові можливості для співпраці з міжнародними партнерами та виходу на нові ринки, де вимоги до екологічної чистоти продукції є особливо високими.

Використання хімічних засобів захисту рослин пов'язане з певними ризиками для здоров'я робітників, які займаються їх застосуванням. Токсичні речовини можуть викликати різні захворювання, що призводить до підвищення витрат на медичне обслуговування та компенсації. Біологічні засоби захисту, такі як Споромакс^{ТМВ} і Споромакс^{ТМ} Г., є безпечними для людей і не становлять загрози для здоров'я робітників.

Зниження ризиків для здоров'я працівників також може зменшити витрати на страхування та підвищити загальну продуктивність праці, оскільки менше робітників будуть відсутні через хвороби. Це, у свою чергу, сприяє підвищенню ефективності виробництва і зниженню загальних витрат.

Хімічні засоби захисту рослин можуть мати негативний вплив на навколишнє середовище, включаючи забруднення ґрунтів і водних ресурсів, зниження біорізноманіття та негативний вплив на корисні комахи, такі як бджоли. Використання біологічних засобів захисту дозволяє зменшити цей

негативний вплив, що є важливим фактором для сталого розвитку сільського господарства.

Зменшення забруднення навколишнього середовища також може призвести до зниження витрат на екологічний моніторинг та очищення, що є додатковою економічною вигодою. Крім того, збереження біорізноманіття та корисних комах сприяє покращенню екосистемних послуг, таких як запилення, що є важливим для підвищення врожайності та стійкості агроекосистем.

Потенційні економічні переваги при застосуванні біологічного захисту *Echinacea purpurea* є значними і включають зниження витрат на хімічні засоби захисту, підвищення врожайності та якості продукції, збереження родючості ґрунту, підвищення екологічної стійкості виробництва, зниження ризиків для здоров'я робітників і зменшення негативного впливу на навколишнє середовище. Усі ці фактори сприяють підвищенню економічної ефективності та конкурентоспроможності виробництва ехінацеї в Україні, що є важливим кроком до сталого розвитку сільського господарства.

Стратегії використання біологічних засобів захисту рослин, таких як триходермін і бітоксубацилін, є важливим інструментом для досягнення цих переваг. Виробники ехінацеї, які застосовують ці екологічно безпечні методи, можуть очікувати на значні економічні вигоди, підвищення якості продукції та збереження природних ресурсів, що є ключовими факторами для успішного розвитку аграрного сектору України.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Заходи безпеки в лабораторних умовах

Під час виконання лабораторних досліджень ґрунтів, особливо при аналізі залишкової токсичності та проведенні біотестування, необхідно дотримуватись низки заходів безпеки. Це зумовлено потенційною небезпекою хімічних речовин, біологічних агентів та інших факторів, що можуть негативно впливати на здоров'я працівників та навколишнє середовище.

Відповідно до ДСТУ ГОСТ 12.0.230:2008 «Система стандартів безпеки праці», приміщення лабораторії повинні відповідати таким вимогам:

1. Забезпечення ефективної системи вентиляції для видалення шкідливих парів і аерозолів. Використання витяжних шаф та системи примусової вентиляції є обов'язковим.

2. Приміщення повинно мати достатнє природне та штучне освітлення для забезпечення комфортних умов праці та запобігання зоровому напруженню.

3. Підтримання оптимального температурного режиму відповідно до санітарно-гігієнічних норм.

4. Обладнання приміщень засобами пожежогасіння, розміщення інструкцій та планів евакуації на видимих місцях.

Відповідно до ГОСТ 12.0.230-2007 «Загальні вимоги», обладнання, що використовується в лабораторії, повинно відповідати таким критеріям:

1. Усі прилади та обладнання повинні бути справними, регулярно перевірятись та калібруватись.

2. Обладнання повинно мати захисні елементи та системи аварійного вимкнення.

3. Лабораторні прилади повинні бути заземлені, а електричні з'єднання – захищені від випадкових контактів.

Відповідно до ДСТУ 7748:2015 «Безпека праці. Біологічна безпека. Загальні вимоги», персонал лабораторії повинен дотримуватися таких вимог:

1. Лаборанти повинні мати відповідну освіту, проходити регулярні курси підвищення кваліфікації та інструктажі з техніки безпеки.

2. Засоби індивідуального захисту, такі як халати, рукавички, захисні окуляри та маски, є обов'язковим.

3. Дотримання правил особистої гігієни, включаючи регулярне миття рук та дезінфекцію робочих поверхонь.

Зразки ґрунту повинні відбиратися з урахуванням методичних рекомендацій, що забезпечують їх репрезентативність і запобігають забрудненню. Використання чистих і стерильних інструментів є обов'язковим.

Зразки ґрунту повинні транспортуватись у герметичних контейнерах, що запобігають втраті вологи і потраплянню забруднюючих речовин.

Використання хімічних реагентів повинно здійснюватися відповідно до інструкцій виробника, з дотриманням заходів безпеки. Зберігання хімічних речовин у спеціалізованих шафах, що забезпечують захист від займання і витікання.

Усі операції, пов'язані з використанням токсичних речовин, проводяться у витяжних шафах для запобігання контакту з шкідливими випарами.

Відходи, що містять хімічні речовини, повинні утилізуватись відповідно до нормативних вимог, із застосуванням спеціальних контейнерів для хімічних відходів.

Згідно з ДСТУ 7748:2015 «Безпека праці. Біологічна безпека. Загальні вимоги», робота з біологічними агентами передбачає дотримання таких вимог:

1. Біологічні агенти повинні бути класифіковані за рівнем небезпеки, і для кожного класу має бути визначено відповідний рівень біобезпеки.
2. Лабораторії повинні бути обладнані відповідно до рівня біобезпеки, що відповідає використуванню біологічним агентам.
3. Ведення журналів обліку використання біологічних агентів, контроль за їх зберіганням та утилізацією.

Використання препаратів, таких як триходермін і бітоксикацилін, вимагає дотримання специфічних інструкцій щодо їх застосування і зберігання.

Всі маніпуляції з біологічними препаратами повинні проводитись у стерильних умовах для запобігання контамінації та розповсюдження мікроорганізмів.

Лаборанти повинні використовувати засоби індивідуального захисту, включаючи рукавички, маски та захисні окуляри, для запобігання контакту з біологічними агентами.

4.2 Безпека при біотестуванні культур

Безпека при біотестуванні культур базується на принципах ідентифікації ризиків, їх оцінки та розробки заходів для мінімізації або усунення небезпек. Ці заходи включають використання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ), забезпечення належної вентиляції, навчання персоналу, дотримання лабораторних протоколів та процедур, утилізацію відходів та забезпечення біологічної безпеки.

На початковому етапі необхідно провести ідентифікацію потенційних небезпек, пов'язаних із біотестуванням культур. До основних небезпек відносяться:

1. Хімічні речовини. Можливий контакт з залишковими токсичними речовинами, присутніми у ґрунті або використовуваних у процесі підготовки зразків.
2. Біологічні фактори. Ризик зараження патогенами, що можуть бути присутні в ґрунті або на рослинах.
3. Фізичні фактори. Можливість отримання механічних травм під час роботи з лабораторним обладнанням.
4. Психологічні фактори. Стрес і перевтома, які можуть виникати внаслідок тривалої та напруженої роботи.

Оцінка ризиків включає визначення ймовірності виникнення кожної небезпеки та можливих наслідків у разі її реалізації. На основі цієї оцінки розробляються заходи для мінімізації ризиків.

Для забезпечення безпеки в лабораторії необхідно розробити та дотримуватися стандартних процедур і протоколів, що регламентують порядок проведення біотестування культур. До основних процедур відносяться:

Отримання та підготовка зразків ґрунту: необхідно забезпечити правильне поводження з ґрунтовими зразками, уникати їхнього контакту з робочими поверхнями та забезпечувати належне маркування.

Підготовка тест-культур: забезпечення стерильних умов для висівання та вирощування крес-салату та ячменю.

Проведення біотестування: забезпечення безпеки під час вирощування тест-культур, уникнення розливу води та розчинів, що можуть містити залишкові токсичні речовини.

Обробка та зберігання результатів: належне зберігання зразків та даних, що забезпечує їхню безпеку та захищеність від випадкових втрат або псування.

При роботі з ґрунтовими зразками можливий ризик біологічного зараження. Згідно з ДСТУ 7748:2015, заходи біологічної безпеки включають:

1. Дезінфекція робочих поверхонь і обладнання: регулярна обробка робочих поверхонь та обладнання дезінфікуючими засобами.
2. Контроль за стерильністю: забезпечення стерильності під час підготовки та проведення біотестування.
3. Проведення мікробіологічного контролю: регулярний моніторинг наявності патогенних мікроорганізмів у ґрунтових зразках та на робочих поверхнях.

Забезпечення безпеки при біотестуванні культур є складним і багатокомпонентним процесом, що вимагає дотримання високих стандартів та відповідних заходів. Використання засобів індивідуального захисту, забезпечення належної вентиляції, навчання персоналу, дотримання лабораторних процедур, утилізація відходів та забезпечення біологічної безпеки є основними складовими цього процесу. Відповідно до стандартів ДСТУ 4287:2004, ДСТУ ГОСТ 12.0.230:2008, ГОСТ 12.0.230-2007 та ДСТУ 7748:2015, належне виконання цих заходів дозволяє мінімізувати ризики для здоров'я працівників, забезпечити надійність та точність отриманих результатів, а також сприяти захисту навколишнього середовища. Виконання цих вимог є важливим кроком до забезпечення безпеки та ефективності наукових досліджень в галузі агроєкології та біотехнологій.

ВИСНОВКИ

На основі проведених досліджень, спрямованих на оцінку ефективності біологічного захисту *Echinacea purpurea* в умовах промислового вирощування в Україні, можна зробити наступні висновки:

Біологічні засоби захисту дозволяють мати вищу ефективність у боротьбі з фітопатогенами, шкідниками та іншими несприятливими факторами, що впливають на *Echinacea purpurea*. Дослідження показали, що використання біологічних препаратів дозволить ефективно контролювати популяції шкідників без порушення природного балансу в агроecosystemі. Застосування таких засобів позитивно впливає на ріст і розвиток рослин, що підтверджується результатами біотестування на лабораторних зразках.

Біологічний захист сприяє збереженню ґрунтового балансу та біорізноманіття. Відсутність хімічних пестицидів у технологічному процесі вирощування *Echinacea purpurea* забезпечує чистоту продукції, що є важливим для фармацевтичної та харчової промисловості. Результати досліджень підтвердили, що залишкова токсичність ґрунтів після застосування біологічних засобів є мінімальною, що забезпечує високу екологічність вирощуваної культури.

Впровадження стратегій біологічного захисту дозволяє підвищити врожайність *Echinacea purpurea*. За результатами досліджень, ріст тест культур під ґрунтами де використовувались хімічні засоби захисту демонструють гірші показники росту та розвитку порівняно з контрольними зразками. Це обумовлено зниженням рівня стресу у рослин та покращенням умов для їхнього розвитку, що в кінцевому результаті підвищує кількісні та якісні характеристики врожаю.

Застосування біологічних засобів захисту є економічно доцільним. Хоча початкові витрати на закупівлю біологічних препаратів можуть бути вищими порівняно з хімічними засобами, в довгостроковій перспективі це сприяє зниженню загальних витрат на вирощування культури. Біологічний захист зменшує потребу в додаткових заходах боротьби з шкідниками та покращує якість ґрунту, що дозволяє отримувати стабільно високі врожаї з мінімальними витратами.

Для досягнення високої якості продукції та максимального економічного ефекту, важливо дотримуватися чітких рекомендацій щодо використання біологічних засобів захисту *Echinacea purpurea*. Необхідно здійснювати регулярний моніторинг стану рослин та ґрунту, своєчасно застосовувати біологічні препарати та дотримуватись рекомендованих дозувань. Важливим є також проведення агротехнічних заходів, спрямованих на покращення структури та родючості ґрунту, що сприятиме ефективному росту та розвитку рослин.

Враховуючи результати та досліджень, можна констатувати, що використання біологічного захисту *Echinacea purpurea* є не лише доцільним, але й необхідним для забезпечення високих екологічних та економічних стандартів промислового вирощування цієї культури в Україні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Вирощування лікарських рослин: ехінацея пурпурова – [режим доступу] - <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/568-ekhinatseia-purpurna-krasyyva-i-korysna.html>
2. Сила Ехінацеї – [режим доступу] - <https://prymaflora.com/article/sila-ehinacei>
3. Диво-лікар – королева Ехінацея – [режим доступу] – <https://soncesad.com/statti/zdorovya/inshe/divo-likar-%E2%80%94-koroleva-exinaczeya.html>
4. Ехінацея пурпурова поліпшує самопочуття тварин – [режим доступу] – <https://propozitsiya.com/ua/ehinaceya-purpurova-polipshuie-samopochuttya-tvarin>
5. Поспелов С. В. Самородов В. М. Медоносні властивості ехінацеї та їх використання для створення функціональних фітоцінозів. – [режим доступу] – <https://search.app/a89h3xiWuMsVsGsL9>
6. Ехінацея пурпурова б'є цінові рекорди – [режим доступу] - <https://agravery.com/uk/posts/show/ehinacea-purpurova-be-cinovi-rekordi>
7. Самородов В. Н. Эхинацея в Украине: полувековой опыт интродукции и возделывания / В. Н. Самородов, С. В. Поспелов. - Полтава: "Верстка", 1999. -52 с.
8. Мищенко Л.Т. Влияние вирусной инфекции на содержание гидроксикоричных кислот в эхинацеи пурпурной в зависимости от года вегетации и фазы развития растений / Л. Т. Мищенко, А. А. Дунич, А. В. Дащенко // Инновационные подходы к изучению эхинацеи: материалы

Международ. научн. конф. Полтава, 25-27 июня 2013 г. - Полтава, 2013. - С. 69-75.

9. Ганькович Н. М. Основные болезни эхинацеи пурпурной в Лесостепи Украины и поиск экологически безопасных мер борьбы с ними / Н. М. Ганькович // Изучение и использование эхинацеи: материалы

Международ. научн. конф., г. Полтава, 21 - 24 сент. 1998 г. - Полтава, 1998. - С. 66 - 69.

10. Клешина Л. Г. Основные болезни и вредители эхинацеи пурпурной, выращиваемой в Ботаническом саду АН Молдовы / Л. Г. Клешина // С эхинацеей в третье тысячелетие: материалы Международ. научн. конф., г. Полтава, 7-11 июля 2003 г. - Полтава, 2003. - С. 48-51

11. Поширення вірусних захворювань в агроценозах лікарських культур Лісостепу України / Н. М. Ганькович, Л. Т. Міщенко, В. В. Горошко [та ін.] // Біорізноманіття: теорія, практика та методичні аспекти вивчення в загальноосвітній та вищій школі: Мат-ли Міжнародн. науков.-практич. конференц. (присвячується 120-річчю від дня народження М. І. Вавилова) - Полтава: Друкарська майстерня, 2008. - С. 125-127.

12. Ганькович Н. М. Стійкість нової лікарської рослини ехінацеї пурпурової до хвороб / Н. М. Ганькович // Ботан. сади - центри збереження біол. різноманіття світової флори: Тез. докл. сес. совета ботан. садів України, 16 юн. 1995 г., Крым. - Ялта, 1995. - С. 40 - 41.

13. Болезни и вредители декоративных садовых растений: Атлас-определитель / Л. Ю. Трейвас. - М.: ЗАО Фитон+, 2007. - 192 с.

14. Глущенко Л. А. Поширення та шкідливість захворювань лікарських рослин / Л. А. Глущенко // Таврійськ. наук. вісн. - 2012. - №80, Ч. 2. - С. 408 - 412.

15. Horst Mielke. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft. Medicinal and spice plants — Cultivation and use / H. Mielke // Berlin-Dahlem, Berlin und Braunschweig, 2007. — P. — 106–149.

16. WHO guidelines on good agricultural and collection practices (GACP) for medicinal plants // Geneva, World Health Organization, 2003

17. Державна фармакопея України [1-е вид.]. — Доповнення 2. — Харків: Науково-експертний центр, 2008. — 620 с.

18. Належна практика культивування і збору лікарських рослин (GACP) як гарантія якості лікарської рослинної сировини і препаратів на її основі / Кол. авт.: наук.-практ. посіб. — Лубни: Комунальне вид-во «Лубни», 2016 — 100 с.

19. Трохименко М.Г. Біологічні засоби клубу органічного землеробства: Каталог-довідник. — К.: «До землі з любов'ю», 2012. — С. 159

20. Трибель С.О. Методики випробування і застосування пестицидів / С.О. Трибель под. ред. проф. С.О.Трибеля. — К.: Світ, 2001. — 448 с

21. Марченко Н.Г., Порада О.Л. Новий сорт схіпацеї пурпурової Принцеса джерело збільшення сировини для імуностимуляторів. Проблем Шкарського ростоитатва: Тези міжнар. наук. - практ. конф. з нагоди 80-річчя інст. лік. росл. УААН (3-5 липня 1996р., м. Лубни). Полтава. 1996.С. 129.

22. Потопальский А.И. Юркевич Л.Н., Заика Л.А. и др. Эхинацея сорта Полесская красавица и перспективы ее изучения и использования. 173у4. и испотыз олинаиси : Матер. междунар. конф. Полтава, 21-24 сент., 1998. Полтава. 1998. С. 30-31.

23.БОРОШНИСТА РОСА: ОЗНАКИ ЗАХВОРЮВАННЯ ТА ВАРІАНТИ ЛІКУВАННЯ. — [режим доступу] — <https://imexagro.com.ua/digest/boroshnysta-rosa-oznaky--zahvoruvannia-ta-variantu-likuvannia.htm>

24. Самородов В. Н. Эхинацея в Украине: полувековой опыт интродукции и возделывания / В. Н. Самородов, С. В. Поспелов. -Полтава: Верстка, 1999. -52 с.

25. Веньцян Сю а б с, Yuliang Cheng а b с, Яхуй Го а б в, Вейронг Яо с d, Хе Цянь: Вплив географічного розташування та факторів навколишнього середовища на вміст метаболітів та імунну активність ехінацеї пурпурової в

Китаї на основі метаболомічного аналізу – [режим доступу] – <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.115782>

26. Рао Фу, Пінью Чжан, Цзунбі Ден, Ге Джин, Ян Чжан: Цикоринова кислота забезпечує кращий захист від ультрафіолету, ніж сукупність її субстратів у рослинах шишок пурпурових. – [режим доступу] – <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113778>

27. Поспелов С.В, Міщенко О.В Продуктивність Ехінацеї пурпурової *Echinacea purpurea* (L.) Moench першого року вегетації залежно від способу вирощування розсади. Таврійський науковий вісник № 130

28. Сірік О.М., Глущенко Л.А. Шкодочинність церкоспорозу на рослинах ехі-нацеї пурпурової (*Echinacea purpurea* (L.) Moench.). Агроекологічний журнал. 2017. № 4. С. 71–76.

29. Сірік О.М. Гриби роду *Alternaria* на культивованих лікарських рослинах родини *Asteracea*. Наукове забезпечення інноваційного розвитку агропромислового комплексу в умовах змін клімату: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених і спеціалістів, 25–26 травня 2017 р. ДУ Інститут зернових культур НААН України, 2017. С. 137–138.

30. Глущенко Л.А. Поширення та шкідливість захворювань лікарських рослин. Таврійський науковий вісник. 2012. № 80. Ч. 2. С. 408–412.

31. Сірік О.М. Видовий склад збудників хвороб нагідок лікарських та ехі-нацеї пурпурової. Перспективні напрямки наукових досліджень лікарських та технічних культур: матеріали 1-ї Всеукр. конф. молодих вчених, с. Березоточа, 5–6 червня 2013 р. Березоточа, 2013. С. 51–52.

32. Швидченко К.Р, Гентош Д.Т. Шкідливість плямистостей *echinacea purpurea* (L.) moench. в умовах правобережного лісостепу України. Таврійський науковий вісник № 132

33. W. Letchamo, L.V. Polydeonny, N.O. Gladisheva, T.J. Arnason, J. Livesey, and D.V.C. Awang Factors Affecting *Echinacea* Quality

