

**ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**Кафедра генетики та рослинних ресурсів**

**Кваліфікаційна робота  
магістра**

**на тему: ВИКОРИСТАННЯ НАСІННЯ ДЕЯКИХ РОСЛИН У ЯКОСТІ  
ТЕСТ-ОБ'ЄКТІВ**

Виконала: студентка 2 курсу, групи 8.0912-б

Спеціальності 091 Біологія

Освітньо програми Біологія

Панченко А.В.

Керівник доц., к.б.н. Приступа І.В.

Рецензент доц., к.б.н. Войтович О.М

Запоріжжя - 2023

## ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет біологічний  
Кафедра генетики та рослинних ресурсів  
Рівень вищої освіти магістр  
Спеціальність 091 Біологія  
Освітня програма Біологія

### ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри генетики та  
рослинних ресурсів, д.б.н.,  
професор

\_\_\_\_\_ В.О. Лях  
«    »                    2022 р.

### ЗАВДАННЯ

#### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТЦІ

\_\_\_\_\_ Панченко Анастасії Вікторівні \_\_\_\_\_

1. Тема роботи Використання насіння деяких рослин у якості тест-об'єктів  
The Use of Seeds of Some Plants as Test Objects  
керівник роботи Пристапа І.В., доцент, к.б.н.  
затверджена наказом ЗНУ від «01» травня 2023 року № 644-с
2. Строк подання студенткою роботи листопад 2023 року
3. Вихідні дані до роботи: огляд наукової літератури за темою роботи  
Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1) провести оцінку токсичності за допомогою «ростового тесту»; 2) визначити фітотоксичний ефект; 3) проаналізувати фітотоксичний ефект тест-культур.
4. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): таблиці 3.1-3.2.

## 5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ім'я, по батькові та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
4	Бойка О.А., доцент, к.б.н.		

## 6. Дата видачі завдання

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1.	Огляд літературних джерел. Написання відповідного розділу роботи.	квітень 2023	Виконано
2.	Вивчення, засвоєння методик дослідження. Написання відповідного розділу роботи.	травень 2023	Виконано
3.	Засвоєння правил техніки безпеки під час виконання експериментальної частини. Написання відповідного розділу роботи.	травень-червень 2023	Виконано
4.	Проведення експериментальних досліджень. Оформлення результатів експерименту.	липень-вересень 2023	Виконано
5.	Оформлення кваліфікаційної роботи. Передзахист роботи.	жовтень-листопад 2023	Виконано
6.	Рецензування кваліфікаційної роботи.	грудень 2023	Виконано
7.	Доповідь та підготовка презентації	грудень 2023	Виконано

Студентка \_\_\_\_\_ А.В. Панченко

Керівник роботи \_\_\_\_\_ І.В. Приступа

**Нормоконтроль пройдено**

Нормоконтролер \_\_\_\_\_ О.А. Бойка

## РЕФЕРАТ

У роботі 55 сторінок, 3 таблиці, було використано 50 літературних джерел, із них 7 іноземною мовою.

Об'єктом дослідження є взаємодія між насінням обраних рослин та умовами експерименту, які включають в себе фактори довкілля, такі як світло, вологість, температура тощо. Також об'єктом є сам процес проростання, росту та розвитку рослин в умовах наукового дослідження.

Предметом дослідження є насіння деяких конкретних рослин, які обрані для вивчення в контексті їхнього використання як тест-об'єктів. Дослідження спрямоване на вивчення біологічних, фізіологічних та екологічних аспектів цих рослин, а також на розгляд їхнього застосування в наукових дослідженнях.

Методи досліджень - морфометричні, математично-статистичні, «ростовий тест»

Метою кваліфікаційної роботи є вивчення можливостей та обґрунтування використання насіння деяких рослин у якості тест-об'єктів для проведення наукових експериментів. Основним завданням є визначення властивостей та параметрів цих рослин, які роблять їх ефективними тестовими моделями для вивчення різних аспектів фізіології, біології та екології.

Теоретично та експериментально визначено, що дослідження направлене на виявлення нових аспектів та можливостей використання рослинного матеріалу в якості тест-об'єктів, що може принести нові знання в біологічній та екологічній науці. Знання, отримані в результаті дослідження, можуть знайти застосування в агрономії, екології, фармацевтиці та інших галузях, де важливе використання тест-об'єктів для наукових досліджень

ПШЕНИЦЯ ОЗИМА, РЕДЬКА, ГОРОХ, ФІТОТОКСИЧНИЙ ЕФЕКТ, СТИМУЛЮЮЧИЙ ЕФЕКТ, БІОІНДИКАЦІЯ, ТЕСТ-ОБ'ЄКТИ

## ABSTRACT

In the work of 55 pages, 3 tables, 50 literary sources were used, 7 of them in a foreign language.

The object of the research is the interaction between the seeds of the selected plants and the experimental conditions, which include environmental factors such as light, humidity, temperature, etc. Also, the object is the very process of germination, growth and development of plants in the conditions of scientific research.

The subject of research is the seeds of some specific plants, which are selected for study in the context of their use as test objects. The study is aimed at studying the biological, physiological and ecological aspects of these plants, as well as at considering their use in scientific research.

Research methods - morphometric, mathematical and statistical, "growth test"

The purpose of the qualification work is to study the possibilities and justify the use of seeds of some plants as test objects for conducting scientific experiments. The main task is to determine the properties and parameters of these plants, which make them effective test models for studying various aspects of physiology, biology and ecology.

Theoretically and experimentally, it is determined that the research is aimed at identifying new aspects and possibilities of using plant material as test objects, which can bring new knowledge in biological and environmental science. The knowledge obtained as a result of the research can find application in agronomy, ecology, pharmaceuticals and other fields where the use of test objects for scientific research is important

WINTER WHEAT, RADISH, PEAS, PHYTOTOXIC EFFECT, STIMULATING EFFECT, BIOINDICATION, TEST OBJECTS

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	7
1 ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	9
1.1 Біотестування та тест–об’єкти.....	9
1.2 Класифікація методів біотесту.....	12
1.3 Токсичні властивості об’єктів довкілля з використанням «Ростового тесту».....	14
1.4 Фітоіндикація.....	16
1.5 <i>Pisumsativum</i> var. <i>arvense</i> – канадський горох посівний.....	23
1.6 <i>Triticumaestivum</i> L – пшениця озима.....	26
1.7 <i>Raphanussativus</i> , або редька .....	29
1.8 Параметри ростового тесту на прикладі <i>Allium</i> .....	31
2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ .....	36
2.1 Оцінка токсичності за допомогою «ростового тесту» .....	36
2.2 Статистична обробка даних .....	38
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА .....	40
3.1 Визначення фітотоксичності за допомогою тест-культур.....	40
3.2 Фітотоксичний ефект тест–культур.....	42
4 ОХОРОНА ПРАЦІ .....	45
ВИСНОВКИ.....	48
ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	49
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	50

## ВСТУП

Актуальність дослідження кваліфікаційної роботи. У зв'язку зі змінами в кліматі, вивчення реакції рослин на різні умови може мати важливе значення для прогнозування їхнього розвитку та адаптації. Це дослідження є актуальним і новаторським у світлі широкого застосування рослинного матеріалу в якості тест-об'єктів у наукових експериментах, що може сприяти розвитку наукових знань та практичних застосувань.

Метою кваліфікаційної роботи є вивчення можливостей та обґрунтування використання насіння деяких рослин у якості тест-об'єктів для проведення наукових експериментів. Основним завданням є визначення властивостей та параметрів цих рослин, які роблять їх ефективними тестовими моделями для вивчення різних аспектів фізіології, біології та екології.

Для досягнення поставленої мети було сформовано та виконано такі завдання :

- 1) провести оцінку токсичності за допомогою «ростового тесту»;
- 2) визначити фітотоксичний ефект;
- 3) проаналізувати фітотоксичний ефект тест-культур.

Об'єктом дослідження є взаємодія між насінням обраних рослин та умовами експерименту, які включають в себе фактори довкілля, такі як світло, вологість, температура тощо. Також об'єктом є сам процес проростання, росту та розвитку рослин в умовах наукового дослідження.

Предметом дослідження є насіння деяких конкретних рослин, які обрані для вивчення в контексті їхнього використання як тест-об'єктів. Дослідження спрямоване на вивчення біологічних, фізіологічних та екологічних аспектів цих рослин, а також на розгляд їхнього застосування в наукових дослідженнях.

Методи дослідження - морфометричні, «ростовий тест», математично-статистичні.

Наукова новизна. Дослідження направлене на виявлення нових аспектів та можливостей використання рослинного матеріалу в якості тест-об'єктів, що може принести нові знання в біологічній та екологічній науці. Знання, отримані в результаті дослідження, можуть знайти застосування в агрономії, екології, фармацевтиці та інших галузях, де важливе використання тест-об'єктів для наукових досліджень.

## 1 ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ

### 1.1 Біотестування та тест-об'єкти

Біотест—це процедура визначення токсичності навколишнього середовища з використанням тест-об'єктів, що вказують на небезпеку, незалежно від того, які речовини і які комбінації викликають зміни в життєдіяльності тест-об'єкта [1].

Біотест використовується як метод оцінки токсичності водного середовища:

1) При проведенні токсикологічних оцінок промислових, побутових стічних вод, сільського господарства, стічних вод, забрудненої природи і т. д. для виявлення потенційних джерел забруднення.

2) При контролі аварійного скидання високотоксичних стічних вод,

3) При проектуванні локальних очисних споруд, при оцінці ступеня токсичності стічних вод на різних стадіях утворення.

4) При контролі токсичності стічних вод, що подаються на біологічні очисні споруди, для запобігання проникнення небезпечних речовин в біоценози активного мулу.

5) Безпечне розведення гідробіону в стічних водах з метою обліку результатів біотесту при коригуванні та встановленні гранично допустимих викидів (ПДВ) речовин, що надходять в резервуар для стічних вод.

6) При проведенні екологічних оцінок нових матеріалів, технологій очищення, проектів очисних споруд і тощо.

Об'єктами тестування є організми, які використовуються для оцінки токсичності хімічних речовин, природних і стічних вод, ґрунтів, донних відкладень, кормів і тощо.

Тестованим об'єктом є так званий «датчик» сигналізації інформації про токсичність навколишнього середовища, альтернатива складному хімічному

аналізу, який дозволяє швидко констатувати факт токсичності (токсичності, шкідливості) водного середовища («так» /«ні»), якщо це обумовлено до присутності точно визначеної аналітичної речовини або до присутності цілого комплексу аналітично неспецифічних речовин. Незалежно від того, є вони чи ні, зазвичай це стічні води [2,3].

Тестований об'єкт з певним наближенням забезпечує кількісну оцінку рівня токсичності забруднення водного середовища, такий як стічні води, скидні, оборотні і природні води.

Важливою умовою правильного біотесту є використання генетично однорідних лабораторних культур, вони проходять тести на чутливість, тому їх включають в спеціальні лабораторні умови, узгоджені стандартом, що забезпечують необхідну схожість і відтворюваність результатів дослідження, а також максимальну чутливість до шкідливих речовин.

Критерії життєдіяльності або токсичності використовуються в біотест для характеристики реакції випробуваного на шкідливий вплив навколишнього середовища [4, 5, 6].

Тестований продукт, який використовується в якості індикатора біотесту для різних цілей рослини, таких як енергія проростання насіння, довжина основного кореня і тощо.

Біотест зазвичай використовується для хімічного аналізу, оскільки цей метод дозволяє провести чітку оцінку стану природного середовища і виявити «гарячі точки», які вказують на найбільш забруднені ділянки водойм (території, звалища). У районах, де відхилення виявляються біологічними методами тестування, а досліджуване середовище характеризується як токсична, необхідно аналітично визначити причину цього явища.

Використання біотестування висуває кілька вимог, необхідних для отримання надійних результатів. До числа останніх відносяться відносна швидкість дослідження, отримання досить точних і відтворюваних результатів, наявність об'єктів, використовуваних в біотест, з великими і

однорідними властивостями, а також діапазон похибок не більше 20% в порівнянні з іншими методами тестування.

Біотест-це якраз такий метод дослідження впливу на навколишнє середовище, який останнім часом інтенсивно розвивається як дуже ефективний засіб контролю якості всього навколишнього середовища. За допомогою цього методу вчені розуміють процес встановлення токсичності навколишнього середовища за допомогою тест-об'єктів, які вказують на небезпеку, незалежно від того, які фактори і в яких пропорціях викликають зміни в життєво важливих функціях [6, 7].

Стандартизовані реакції організмів (рослин, тварин, грибів, мікроорганізмів, використовуються для оцінки забруднення навколишнього середовища. З цією метою виявляються відхилення від нормативів анатомічних, морфологічних, фізіологічних, біохімічних, генетичних, імунних та інших параметрів тестованого організму, які перебували в умовах забруднення контрольного часу, після закінчення якого тестований організм видаляється із забрудненого середовища, і проводиться відповідний аналіз його показників зворотного зв'язку проводиться в лабораторних умовах.

Суть методу біотесту полягає у визначенні впливу комплексу факторів навколишнього середовища (природних і антропогенних) на спеціально відібрані організми в стандартних умовах з реєстрацією різних показників цих модельних систем.

Методи біотестування мають багато переваг перед іншими методами дослідження навколишнього середовища:

- швидкість, доступність і простота проведення експериментів;
- відтворюваність і надійність результатів, отриманих з використанням статистичних методів їх обробки;
- економічна ефективність;
- об'єктивність отриманих даних. Біотест може бути проведений на молекулярному, клітинному та біологічному рівнях. Цей метод є компонентом біонаправлення, і у випадку реальних рослин розрізняють такі

характеристики по відношенню до рівня організмів, а також наслідки забруднення популяцій і груп, лабораторний Біотест і "Біотест на місці".

Одним з варіантів достовірності отримання результатів першого типу є проведення комплексного дослідження на основі різних тест-об'єктів. Важливою умовою проведення біотесту є використання генетично однорідних лабораторних культур. При цьому дослідження проводиться протягом певного періоду часу, тривалість якого залежить від постановки цілей [8, 9]. Розрізняють гострий, короткочасний хронічний і хронічне біотестування.

## 1.2 Класифікація методів біотесту

Існує ряд методів біотестування з використанням різних тест-об'єктів. Розглянувши методи біотестування, їх можна класифікувати за наступними критеріями:

- 1) по суб'єкту тестування,
- 2) за тестовою системою,
- 3) за тестовою реакцією,
- 4) залежно від ступеня прояву тестової реакції,
- 5) відповідно до критеріїв тестування,
- 6) залежно від тривалості біотесту,
- 7) залежно від засобів реалізації методу.

Тестований об'єкт являє собою чутливий біологічний елемент, здатний реагувати на зовнішні впливи. Об'єктами тестування можуть бути ферментні системи, ізольовані органели, клітини, тканини, окремі органи багатоклітинних організмів, одноклітинні і багатоклітинні багатоклітинні організми одного виду або декількох видів.

Залежно від мети тестування метод біотестування можна розділити на:

- 1) тести на біологічному рівні (випробувані організми: бактерії, мікроби, водорості, безхребетні, молюски, риби, вищі рослини, розділені за філогенетичними назвами),
- 2) тестування на клітинному рівні (клітинні органели),
- 3) тестування на генному рівні (мутагенність).

Тест–система–це просторово обмежений набір чутливих біологічних елементів і середовище, в якому вони знаходяться. Останні можна розділити на кілька рівнів, в залежності від тестованого об'єкта, який знаходиться в тест–системі [10, 11].

Тестова реакція–це одна з природних реакцій тест-системи або відповідь тестованого організму на вплив комплексу тестованих зовнішніх факторів.

Біотест залежно від ступеня вираженості тестованих реакцій вони класифікуються наступним чином:

- 1) Тест на гостру токсичність (загибель організму або зміна поведінки протягом 5 днів);
- 2) Тест на низьку токсичність (згідно з багаторічним досвідом, організми порушують основні біологічні функції, погано ростуть, погано розмножуються, мають низьку життєздатність);
- 3) Тест на нетоксичність (відсутність токсичного ефекту навіть в декількох поколіннях).

Природою токсичності може бути токсичність (організми), цитотоксичність (клітини), генотоксичність (генетичні показники) [14].

Критерій тестування-це показник, за допомогою якого оцінюються зміни в стані тест-системи. В якості критеріїв тестування можуть бути використані наступні ознаки: виживаність, фертильність, аномальні відхилення в ранньому ембріональному розвитку, ступінь синхронності дроблення яйцеклітин, рухливість, поведінкові реакції і частота їх повторення (в разі вищих організмів); загибель клітин, зміни кількості клітин в культурі, ступінь коефіцієнт ділення клітин, середня швидкість росту,

добовий приріст культури (в разі культури одноклітинних водоростей і настоїв); схожість насіння, схожість проростання, довжина первинного кореня, морфофізіологіческая (або фізіолого-біологічна) енергія зміни параметрів (для вищих рослин).

Залежно від тривалості біологічного аналізу тести діляться на::

- 1) Експрес-метод (визначення гострих токсичних ефектів),
- 2) Довгостроковий метод (визначення хронічних токсичних ефектів);
- 3) шляхом реалізації методу:
- 4) Без використання приладів (візуальне спостереження),
- 5) За допомогою приладів (мікроскопів, люмінометрів, флюорометрів, електрокардіографів або електроенцефалографів, фотоелектрометрів, спектрометрів, спектрофотометрів) [12, 13].

### 1.3 Токсичні властивості об'єктів довкілля з використанням «Ростового тесту»

Рослини є найзручнішим показником забруднення навколишнього середовища, оскільки вони є початковою ланкою ланцюга поживних речовин і відіграють велику роль у поглинанні різних видів забруднюючих речовин. В результаті за допомогою рослин можна точно оцінити екологічну ситуацію на досліджуваній території [15, 16].

Суть тесту зростання полягає в обліку змін показників схожості індикаторних культур, вирощених на досліджуваних зразках, таких як ґрунт, вода, водні екстракти ґрунту і т.д. цей метод дозволяє оцінити не тільки інгібуючу дію різних забруднюючих речовин на рослини, але і стимулюючий ефект.

Переважно тестувати культури, які швидко проростають і характерні для даної місцевості. Наприклад, в районах з дерново-підзолистими ґрунтами в якості тестових культур використовують овес і горох, а в районах зі степовими ґрунтами - пшеницю, люцерну, квасолю і бобові. Найбільш поширеними тестовими культурами є пшениця, огірок і салат-латук. Опис методу. Існує досить багато варіантів проведення тестів на зростання [16].

Найбільш зручною культурою для тестування в чашці Петрі є рослина з дрібними насінням редису, гірчиці і цибулі. В цьому випадку контрольним субстратом є ґрунт, обрана в умовно чистих районах (заповідниках, заказниках-заповідничках, курортних зонах і тощо). При оцінці токсичності проб водного середовища (стічні води і природна вода, питна вода).

Дослід триває 72-96 годин. Контрольний субстрат отримують шляхом кип'ятіння дистильованої питної води. В кінці експерименту рослина обережно виймають з чашки Петрі (при необхідності ґрунт змивають), визначають довжину коренів і стебел пагонів, а також необробленість найбільш типових 10 саджанців.

. Дослідження всіх варіантів проводять в 3 повтореннях. Перевіряють схожість культур на «плаваючому диску». При використанні даного методу для вивчення токсичності проб води і водних екстрактів досліджувану пробу води або екстракту в кількості 250-500 мл наливають в лабораторний стакан.

Насіння індикаторної культури (по 20-25 насінин в кожному) проростають в спеціальному плаваючому кільці з пінопласту, покритому марлею. В даному дослідженні пшениця є найбільш корисною культурою.

Обов'язковою умовою проведення даного експерименту є підтримка постійної вологості досліджуваного ґрунту (рівень 70% від загальної вологоємності ґрунту), яка досягається наступним чином : -; - Зволожений таким чином ґрунт поміщають в експериментальну ємність і визначають загальну вагу. В ході експерименту зважування регулярно повторюють, а втрату вологи компенсують поливом потрібною кількістю води. Вивчення всіх варіантів проводять в 3 повторення. Контрольним субстратом в даному

випадку є ґрунт, відібраний в екологічно чистих районах (заповідники, заказники на природі, курортні зони тощо). Обробка результатів проявочних випробувань. Після проведення вимірювань обчислюється середня довжина надземної частини і кореня  $x \pm m$  для кожного вивченого варіанту, де  $m$  - похибка середнього арифметичного, яка становить наступне:

Якщо фактичне значення  $t$  менше  $t_{st}$ , різниця між середніми значеннями вважається статистично недостовірною. Відсутність статистично значущої різниці між середніми значеннями біопараметрів у контролі та досліджуваних варіантах свідчить про відсутність суттєвих змін у процесі росту біоіндикатора порівняно з контрольним варіантом [17].

#### 1.4 Фітоіндикація

Тестування рослин розуміється як вид біотестування, при якому в якості випробовуваних використовуються модельні системи рослин. У більшості випадків такими випробовуваними є вищі рослини. Висока ефективність їх використання в якості модельної системи обумовлена рядом переваг в порівнянні з тестами на інших організмах.

Серед них: тест відносно недорогий, недовговічний, простий у використанні і має високу чутливість.; під час випробування можуть використовуватися як окремі речовини, так і складні комплекси сумішей під впливом різних умов навколишнього середовища; індекс кореляції даних, отриманих в рослинному тесті, з результатами тесту на культивованих клітинах ссавців не нижче індексу кореляції з результатами тесту на інших організмах. Чутливий до впливу канцерогенів; генотоксичність деяких сполук (обов'язково. Щоб всебічно оцінити вплив забруднення, результати різних тестів можна порівняти і визначити в декількох тестових системах

(тестових батареях) одночасно. Метаболізм рослин відрізняється від метаболізму людини і тварин.

Ця різниця є основним недоліком використання кращих систем тестування рослин при визначенні генотоксичності. Це ускладнює загальне вимірювання частково через складність екстраполяції даних на інші організми, отримані під час тестування на рослинах.

Насправді організми рослин і ссавців мають значні морфологічні, фізіологічні та біохімічні відмінності. Міцна целюозна оболонка рослинних клітин впливає на проникнення певних речовин в клітини, тому ці 12 клітинних біотестів на типи поглинаються молекул, однак проблема перенесення даних, отриманих на основі рослинних тестів, в організм людини, а також екстраполяції від одного виду до іншого, в цілому є біологічною. Тому, незважаючи на певні обмеження, рослинні тести активно використовуються для визначення цитотоксичності і мутагенності окремих факторів і комплексного забруднення навколишнього середовища. Вищі рослини розглядаються в науковій літературі як модельна система, оскільки їх стійкість до несприятливих умов навколишнього середовища добре відома. Це залежить від віку та стадії життєвого циклу рослини [18].

Перспективною областю тестування рослин є використання пророслих насіння в якості випробовуваних об'єктів. Проростання насіння - найбільш вразлива стадія індивідуального розвитку вищих рослин. При цьому спостерігається мінімальна стійкість до несприятливих факторів, тобто максимальна чутливість до їх впливу. Саме тому рослини на даному етапі життєвого циклу є найбільш привабливими об'єктами біотесту, а різні біологічні параметри вважаються ефективними індикаторами впливу навколишнього середовища на організм. Прикладом цього може служити дослідження, в якому насіння кормових культур використовувалися в якості біотесту для визначення токсичного впливу важких металів. У ньому вивчалася такий вплив на процес формування сходів у буряка, озимої ріпи і люцерни.

Вплив розчину важких металів на насіння кормового буряка сприяло постійному збільшенню швидкості проростання, але дружелюбність, енергія проростання, сила росту і лабораторна схожість знижувалися. Зниження цих показників було особливо помітно під впливом солей кадмію і свинцю. Негативний вплив важких металів спостерігалось також на озимий ріпак. Це виявило зниження не тільки впізнаваності, енергії проростання, сили росту і лабораторної схожості, але і швидкості проростання насіння. У варіантах з солями цинку спостерігалось найбільше пригнічення приживлюваності і приживлюваності без кісточок. Реакція насіння люцерни на дію солей важких металів виявилася дещо іншою. Вони надали на нього стимулюючу дію: життєва сила і схожість насіння вирости. Був зроблений висновок, що насіння кормового буряка і озимих овочів можуть бути успішно використані в якості біологічних тестів при оцінці токсичності ґрунту, снігу, стічних вод .

Серед систем заводського тестування, що використовуються для перевірки питної води, тест *Allium* вважається найбільш поширеним. Ця модельна система була розроблена в 1938 році А. Леваном. Було вивчено вплив колхіцину на мітоз клітин *Allium*, в ході якого він показав високу ефективність. До цього існувала робота Генрі Шаффнера, опублікована з 1894 по 1898 рік, присвячена з'ясуванню клітинної структури мітозу в кореневій меристемі цибулі. В даний час тест на аліум продовжує широко використовуватися, незважаючи на постійне збільшення кількості нових об'єктів тестування рослин для аналізу токсичності різних факторів (наприклад, горох *Pisum sativum* L. і квасоля *Vicia faba* L. є модельною системою, яка часто зустрічається в таких дослідженнях) [19, 20].

Цей тест-об'єкт має 8 пар великих хромосом, які можна чітко розрізнити під мікроскопом, і є явні хромосомні аберації, тому існує широка область застосування для розділу, наприклад, в цій модельній системі, достатньої для визначення мутагенності фактора. Біотест-це сучасний метод екологічних досліджень для визначення впливу різних факторів навколишнього середовища, перевірки хімічної чистоти питної та природної

води, виробничого збитку тощо. Аналіз літературних першоджерел показує, що тест *allium* вважається найбільш ефективною тест-системою не тільки для рослин, але і для всієї живої тест-системи. Це дозволяє реєструвати впливу навколишнього середовища, які надають незначний негативний вплив на організм *Allium cepa* L. це пов'язано з особливостями метаболізму. Ці особливості забезпечують посилення такої дії, в результаті чого воно більш наочно проявляється в тесті *allium*.

Це приклад дослідження з визначення якості питної води, метою якого було вивчення впливу питної води різного походження на схожість насіння, заснованого на реакції рослин, порівнянні їх біологічних параметрів. Насіння пшениці, ячменю, жита та інших культурних рослин пророщували та зрошували дистильованою водою та питною водою з різних джерел (труб та колодязів). Я посадив насіння на фільтрувальний папір чашки Петрі. Рослини поливали однаковою кількістю води різної якості. Якість води оцінювали відповідно до стану рослини, який визначався кожні 5 днів. При цьому враховувалася висота рослини, його зовнішній вигляд, наявність хвороб, тривалість вегетації і збільшення сухої біомаси. Висоту рослини визначали за допомогою лінійки. Висушувану біомасу оцінювали після сушіння в сушильній шафі при  $t=105^{\circ}\text{C}$ . На другому місці за цим параметром були рослини, поливані водопровідною водою; А кращими, тобто найбільшими, сильними і швидкими в плані розвитку, виявилися рослини, вирощені в колодязній воді. При цьому ніяких особливих захворювань виявлено не було [21, 22].

В цілому дослідження показало, що якість води сприяє підвищенню значення біологічних показників, і в порівнянні з іншими організмами, наприклад, лабораторними щурами і комахами, цей метод значно дешевше.

Фітоіндикація та її роль в оцінці стану навколишнього середовища  
Фітоіндикація - це метод оцінки різних факторів, умов, явищ та режимів навколишнього середовища для конкретного виду рослин або групи рослин. Він заснований на взаємозв'язку між видами та умовами їх існування. Він

використовується для оцінки стану навколишнього середовища, прогнозування і картографування, оскільки дозволяє швидко і надійно візуально фіксувати не тільки статистичні характеристики і ознаки, а й динамічні зміни навколишнього середовища на великій території. Фітоіндикація є прикладною галуззю екології та невід'ємною частиною розділу польової біоіндикації, який призначений для оцінки факторів навколишнього середовища за біологічними компонентами, головним чином рослинності. Це визначення умов навколишнього середовища, засноване на характері та стані рослинності. Ботаніка є невід'ємною частиною екологічного моніторингу, системи моніторингу стану навколишнього середовища на певній території (від суші або водойм до всього континенту) з метою раціонального використання природних ресурсів і збереження природи [21, 22].

Рослина-індикатор-це рослинний організм, присутність, чисельність або особливості будови, зростання і розвитку якого є індикаторами природних процесів, особливих умов або антропогенних змін навколишнього середовища. Багато рослин чутливі до різних факторів навколишнього середовища і можуть існувати лише в певних, часто вузьких межах своєї мінливості. При оцінці екологічного стану конкретної місцевості метод фітоін'єкцій дуже ефективний, оскільки біологічні системи дуже чутливі до змін навколишнього середовища і мають здатність реагувати до того, як ці зміни стануть помітними. Перевага рослинних індикаторів в тому, що вони узагальнюють всі біологічно важливі дані про навколишнє середовище і відображають її стан в цілому. Не вимагає використання дорогих методів дослідження. Вказують способи і місця накопичення різних видів забруднень в екосистемі. Це дозволяє оцінити ступінь шкідливості речовини для дикої природи]. Метод відображення рослин широко використовується в системах моніторингу. Вони істотно відрізняються від інших методів своєю низькою вартістю і можливістю одночасного охоплення великої площі, що підлягає вказівкою, а також простотою їх відносної інтерпретації. Вони дозволяють

використовувати інформацію і оцінювати режим їх дій при нульовій активності під час спостереження. Ботаніка відбувається на різних рівнях рослинної тканини: клітинному, анатомо-морфологічному, організаційному, колективному, вегетативному і ландшафтному..

Кожен вид рослини характеризується екологічними особливостями, які визначають його поведінку в природі по відношенню до інших видів, за винятком історії розвитку, поширення і структури популяції. Індивідуальність поведінки видів визначає ключові моменти, в яких їх одночасне зростання в ценозі призводить не тільки до конкуренції, але і до таких доповнень, які сприяють більш оптимальному використанню ресурсів навколишнього середовища. Установа-індикатор є свого роду хімічним датчиком, без отримання даних про його кількість, хоча можна визначити наявність певних забруднюючих речовин. Індикаторами можуть бути рослини, які мають здатність накопичувати забруднюючі речовини в тканинах або метаболіти, що утворюються в результаті взаємодії із зовнішніми факторами, такими як важкі метали (свинець і кадмій), сульфати або фтористий водень [21, 22]. В результаті їх дії можуть змінюватися параметри розвитку рослин (швидкість і якість росту, цвітіння, утворення плодів і насіння), репродуктивні процеси. Кожен параметр можна використовувати окремо або з використанням їх комбінації для визначення присутності забруднюючих речовин (за допомогою експериментів) і, в контрольованих умовах, співвідносити присутність конкретного забруднювача або суміші з ознаками пошкодження або зміни умов на заводі. Використання рослин-індикаторів рекомендується для виявлення певних забруднюючих речовин і оцінки загального стану природного середовища. Моніторинг може проводитися на рівні груп рослин – фітоценозів або окремих видів. Деякі анатомічні, морфологічні, фізіологічні та біохімічні особливості рослин також можуть служити критерієм кількості токсичних речовин, що поглинаються рослинами. Оцінюючи стан навколишнього середовища за рослинністю, важливо враховувати характеристики та типи

грунту, такі як вміст поживних речовин, відсоток вологості, рельєф місцевості та погодні умови, наявність хвороб чи шкідників. За допомогою ботаніки можна оцінити зміни в розмаїтті видів організмів на певній території, а також зміни в їх хімічному складі, які відображають здатність накопичувати елементи і сполуки, що надходять із зовнішнього середовища. Наприклад, оцінка змін чисельності видів рослин в конкретній місцевості заснована на тому факті, що найбільш чутливі види рослин до певного забруднювача повністю зникають з біологічного співтовариства (лишайники в промислових центрах) або, навпаки, їх чисельність може збільшитися (синьо-зелені водорості при забрудненні навколишнього середовища). потрапляють у водосховище з сільськогосподарських угідь). Ботаніка-це наукова галузь, заснована на оцінці факторів навколишнього середовища або екосистем з використанням характеристик квітів, тобто ознак видів, груп з 21 рослини, їх сукупностей та взаємозв'язків [23, 24].

Основними методами фітоіндикації є фенологічні; морфологічні та біологічні вимірювання; анатомія та цитологія; фізіологічні; біохімічні; біофізичні; дендрологічні; квіткові; популяційні та екосистемні; спадковість; ліхеноіндикація. Але на практиці найчастіше вивчаються макроскопічні зміни в рослинах. Процес відображення рослин складається з наступних операцій: \* вибір показників• факторів\*, визначення мети відображення; \* Вибір методів і шкал для вимірювання його величини або зміни; • пошук показників на основі логічних доказів їх зв'язку з даним фактором; \* розробка заходів для вимірювання ознак показника; \* визначення ступеня кореляції між зміною фактора і показником, а також засобів для його відображення. Під час ботаніки зміни в біологічних системах завжди залежать як від антропогенних, так і від природних факторів навколишнього середовища. Ця система реагує на вплив всього навколишнього середовища в залежності від своєї схильності, тобто внутрішніх факторів, таких як стан харчування, вік, генетично контрольована резистентність і існуючі порушення, це чутливий індикатор рослини, якщо індикатор реагує значним

відхиленням показників життєдіяльності від нормальних значень. Навпаки, кумулятивні рослинні індикатори акумулюють більшу частину антропогенних впливів без швидкого виявлення порушень. Функцію індикатора виконують види з вузькою амплітудою екологічної стійкості до якого-небудь фактору. У більшості випадків це рослинні організми, не здатні до активного пересування. Основою індикації умов навколишнього середовища є оцінка змін як в розмаїтті видів організмів в конкретному регіоні, так і в їх хімічному складі, що відображає здатність накопичувати елементи і сполуки, що надходять з навколишнього середовища. Наприклад, оцінка стану навколишнього середовища, заснована на зміні чисельності видів, пов'язана з тим, що види рослин, найбільш чутливі до певних забруднювачів, зникають з біологічного співтовариства (лишайники в промислових центрах) або, навпаки, збільшується їх чисельність (синьо-зелені водорості коли в резервуар потрапляють 22 забруднюючих речовини з сільськогосподарських угідь) [24, 25].

### 1.5 *Pisum sativum var. arvense* – канадський горох посівний

Канадський горох посівний (*Pisum sativum var. arvense*), також відомий як кормовий горох, є однорічною трав'янистою рослиною і використовується як корм для тварин та для покриття ґрунту. Ось загальна характеристика канадського гороху посівного:

Квітка гороху виглядає вельми своєрідно, вона схожа на сидячого метелика. П'ять пелюсток квітки гороху мають свої назви. Дві нижні зрощені пелюстки називаються човником, з боків розташовані пелюстки - весла, а верхній за формою нагадує вітрило. Чашечка, що має п'ять зубчиків, як ніби підтримує віночок знизу. Усередині віночка квітки є маточка, що являють собою вигнутий стовпчик, а також десять тичинок, причому тільки одна з

них розташована окремо, а решта зрослася своїми нитками. Самозапилення у гороху здійснюється прямо у бутонах прихованих квіток.

Горох посівний має тонке і крихке стебло, тому щоб підтримувати його, від листя відходять гіллясті вусики, що чіпляються за різні предмети та інші рослини. Самі листя складні, і на одній ніжці розташовані маленькі листочки декількома парами.

Для гороху та інших бобових рослин характерне утворення на коренях невеликих наростів - бульбочок. Такі утворення є наслідком діяльності специфічних бульбочкових бактерій. Ці бактерії потрапляють всередину кореня і розмножуються там, що викликає збільшення кореня у формі новоутворень. Бульбочкові бактерії переробляють атмосферний азот, а коли гинуть, ґрунт насичується азотними речовинами як добривами.

У сільському господарстві поля, де вирощували горох та інші бобові, засівають пізніше іншими культурами, частіше хлібними злаками, які завдяки отриманню азотних добрив дають хороший урожай [26, 27].

Вирощують посівний горох дуже давно, ще справіку. Його пращури - це дикорослі види гороху, які ростуть на альпійських луках в горах Кавказу, Індії, Афганістану. Також як дикорослі види, горох посівний стійкий до холоду і швидко зростає, адже в горах йому потрібно було рости серед дуже високих трав альпійських лугов. Горох належить до холодостійких рослин. У зв'язку з цим, ранньою весною або пізньою восени під зиму можна висаджувати його насіння у ґрунт.

До складу насіння входять насичені жирні кислоти, харчові волокна, вуглеводи, мінеральні та вітамінні речовини. Ця рослина може похвалитися великим вмістом магнію, кальцію, фосфору, калію, сірки і хлору. Крім цього, горох містить такі мікроелементи як цинк, залізо, йод, марганець, мідь, хром, селен, молібден, фтор, нікель, стронцій та інші. Значний вміст білка дозволяє гороху замінювати в харчуванні м'ясні продукти. Він відмінно перетравлюється і засвоюється організмом.

Горох підвищує працездатність, поліпшує мозкову діяльність, нормалізує роботу травної системи. Завдяки наявності в горосі антиоксидантів, він сприяє підтримці молодості і краси, а також стимулює складні процеси регенерації в органах і тканинах. Така рослина володіє великою кількістю незамінних амінокислот, крохмалю і рослинного жиру, а також корисних ферментів і клітковини.

Використовують горох для годування худоби. Зелена маса, зерно і солома гороху володіють високими кормовими якостями. У перерахунку на суху речовину вміст сирого протеїну в зеленій масі гороху досягає 25 %, а в соломі - 7,5 %.

Коренева система гороху виділяє в ґрунт активні хімічні сполуки, що підвищують розчинність знаходяться в ній мінеральних солей. Створюється дрібнокомкова структура ґрунту і підвищується доступність елементів живлення кореневою системою рослин.

Горох споживає з повітря азот внаслідок діяльності азотфіксуючого бобово-ризобіального комплексу. Біологічно пов'язаний горохом азот повністю споживається рослинами і не забруднює навколишнє середовище. На кожному гектарі ним акумулюється до 50 ... 100 кг природного азоту, що позитивно позначається на родючості ґрунтів і врожайності наступних культур у сівозміні.

Крім того, горох має мало спільних патогенів зі злаковими, тому він покращує фітосанітарні характеристики ґрунту. Це хороший попередник для всіх культур, крім бобових [27].

## 1.6 *Triticum aestivum* L. – пшениця озима

*Triticum aestivum*, або пшениця озима (основний вид пшениці), є однорічною злаковою рослиною, яка відома своїми високоврожайними видами та широким використанням у світовому харчовому виробництві.

Озима пшениця утворює добре розвинену, розгалужену кореневу систему мичкуватого типу. Основна маса її розміщується в орному шарі ґрунту, окремі корені проникають на глибину 1,5–2 м і більше. Із зародка насінини спочатку виростає 3-6 однаково розвинутих зародкових коренів, утворюючи первинну кореневу систему. У процесі росту з підземних стеблових вузлів, і найбільше з вузла кушіння, утворюються стеблові або вузлові корені, які складають основну масу кореневої системи пшениці. Розвиток кореневої системи залежить від низки чинників. За меншої вологості ґрунту корені проникають на більшу глибину. На перезволожених ґрунтах, внаслідок погіршення газообміну, корені розвиваються слабо й лише в поверхневих шарах. Найкраще ростуть корені при вологості ґрунту 60-70% від повної вологоємності. Розвиток кореневої системи залежить від біологічних особливостей сорту. При зниженні температури відносно краще ростуть корені, при підвищенні — надземні органи. На родючих ґрунтах і після кращих попередників коренева система менш розвинута порівняно з надземними органами, ніж на бідних ґрунтах. Азотні добрива сприяють кращому росту надземної маси, а фосфорні — коренів рослин. Деяко поліпшують розвиток коренів і калійні добрива.

Ріст зачаткового стебла починається з часу проростання зерна. У пшениці воно має назву соломина, яка складається з 4-7 міжвузлів, розділених стебловими вузлами. Росте стебло у висоту за рахунок поділу клітин біля вузлів. Його міжвузля видовжуються і потовщуються. Одночасно стебло росте і верхівкою всередині листкової трубки. Кожне наступне міжвузля довше за попереднє. Найвищий приріст стебла за добу може

становити 5–7 см, і припадає він на період перед виколошуванням. Після закінчення цвітіння ріст стебла зовсім припиняється. Висота стебла залежить від біологічних особливостей сорту, родючості ґрунту, удобрення, вологості, густоти стояння та ін. Вважається, що найбільшу потенціальну продуктивність мають короткостеблові сорти із співвідношенням маси зерна до соломи, як 1:1.

Листок пшениці складається з листкової пластинки та листкової піхви, яка щільно охоплює стебло. В місці переходу піхви у листкову пластинку є язичок, що запобігає затіканню у піхву води, потраплянню пилу тощо. По боках язичка є вушка. За вушками і язичком пшеницю відрізняють від інших злаків до викидання рослинами суцвіть. Найперше утворюються прикореневі листки, які формуються з підземних вузлів. Пізніше з надземних вузлів ростуть стеблові листки. Листки виконують важливу фізіологічну функцію в житті рослини, забезпечуючи проходження процесу фотосинтезу, транспірації і газообміну. Чим більша асиміляційна поверхня, тим вища продуктивність рослин. Площа поверхні листків на 1 га в озимій пшениці може становити 30–60 тис. м<sup>2</sup>. Крім того, листки пшениці є тимчасовим сховищем запасних поживних речовин, а також частково виконують і механічні функції, укріплюючи міцність стебла [28].

В пшениці суцвіття - складний колос, який складається з членистого стрижня і колосків. На кожному виступі колосового стрижня міститься по одному багатоквітковому колоску. Загальна їх кількість коливається від 16 до 22 шт. Довжина колоса, кількість колосків у ньому залежить від сортових особливостей і технології вирощування. Колосок складається з двох колоскових лусок, які захищають від пошкоджень квітки, а потім зерна, які з них розвиваються. Луски відрізняються кольором, запушенням і формою, що є основою визначення різновидностей і сортів пшениці. Між колосовими лусками розміщується одна або декілька квіток. Кожна квітка у пшениці з обох боків прикривається двома квітковими лусками - зовнішньою і внутрішньою. Зовнішня у остистих сортів закінчується остюком, у безостих -

остюковим відростком. Між квітковими лусками містяться найважливіші частини квітки - зав'язь з дволопатевою приймочкою і три тичинки з пиляками. Першими починають цвісти квітки середньої частини колоса, а потім зона цвітіння поширюється по всьому колосу. В колоску першими зацвітають дві нижні квітки, а через 1-2 дні - решта (третя, четверта тощо). Квітки, що цвітуть першими, формують найкрупніше зерно. Залежно від місця розміщення колоска в колосі та умов вирощування, в ньому може утворитися від 1 до 6 зернівок. Пшениця - самозапильна рослина (клейстогамія), але у жарку погоду може запилюватися перехресне.

У пшениці плід має назву зернівка. Зовні зернівка вкрита плодовою і насінною оболонками. Вони захищають зерно від впливу чинників зовнішнього середовища і пошкодження хворобами та шкідниками. Маса оболонки становить 7-8% маси сухої речовини зерна, а з цієї кількості на частку плодової оболонки припадає 70-85%. Зерно за формою овальне, яйцеподібне, бочкоподібне, завдовжки 4-11 мм. Під оболонками в нижній частині зерна розміщується зародок. Його маса становить 1,5-3,0% від маси зернівки. При помелі зерна зародки разом з оболонками відходять у висівки. Зародок має щиток, що є сім'ядолею зернівки, і призначений для вбирання поживних речовин з ендосперму. Найбільшу частину зернівки пшениці займає ендосперм. Зовнішній (алейроновий) шар клітин ендосперму багатий на азотні сполуки. Проте білок цього шару не еластичний і не пружний, тому домішування його до борошна знижує якість останнього. За товщиною алейроновий шар майже дорівнює оболонкам зернівки [28]. Під алейроновим шаром міститься основна (борошниста) частина ендосперму. Вона складається з клітин, наповнених крохмальними зернами, в проміжках між якими містяться білкові речовини переважно у вигляді клейковини. На ендосперм разом з алейроновим шаром припадає близько 90% ваги зернівки пшениці. [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%88%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%86%D1%8F\\_%D0%BC%27%D1%8F%D0%BA%D0%B0](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%88%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%86%D1%8F_%D0%BC%27%D1%8F%D0%BA%D0%B0) - cite\_note-2

Одна з основних зернових культур. Один з основних кормів у сільському господарстві. В тваринництві однаково використовується солома і висівки. Крохмаль використовується в медицині, а висівки в дієтології.

### 1.7 *Raphanus sativus*, або редька

*Raphanus sativus*, або редька, є рослиною, яка належить до родини капустяних (*Brassicaceae*). Ця однорічна або дворічна трав'яниста рослина має кульовидний або циліндричний корінь та розгалужену стеблову систему. Нижні листки формують розетку, тоді як верхні листки прикріплені безпосередньо до стебла.

Редька є досить важливою культурою з точки зору харчової та лікарської промисловості, а також є об'єктом наукових досліджень з метою вивчення її властивостей та можливих застосувань [29, 30].

У дикому вигляді поширена в Європі й у помірному поясі Азії. Редиска (*Raphanus sativus*) в дикому вигляді не зустрічається.

Рослини з простими або гіллястими стеблами.

У культурних та деяких дикорослих видів коріння потовщене, їстівне.

Листя ліроподібні-перистонадрізані або ліроподібно-перисторозсічені.

Чашолистки прямі, довгасті, тупі.

Пелюстки широко овальні напаки, довго нігтьові, жовті, білі або пурпурово-фіолетові.

Зав'язь на дуже короткій плодоніжці; стовпчик - неясний; приймочка - голівчата, маленька, слабо дволопатева.

Плоди редьки, які також називають стручками

Плоди - циліндричні стручки, що закінчуються довгим носиком і розламуються поперек на членики. Якщо стручок з двох члеників, то нижній

членик більшою частиною порожній або зародковий, рідше з 1-2 насінинами, а верхній - з кількома насінинами.

Насіння - яйцеподібно-кулясте, корінець зародка лежить в жолобку між сім'ядолями.

Редька має різноманітне забарвлення коренеплодів — біле, червоне, рожеве, фіолетове, чорне з різними відтінками; форма коренеплодів буває куляста, конусоподібна, циліндрична. Коренеплоди мають гірко-гострий смак і специфічний запах завдяки наявності глікозидів і ефірної олії.

Ранньостиглі сорти редьки мають слабо-гострий смак, швидко досягають (за 40-65 діб), пізньостиглі - гострий смак (досягають за 80-110 діб), добре зберігаються.

Коренеплоди редьки багаті на мінеральні речовини. Вони містять солі калію, кальцію, заліза, магнію, фосфору, йод, бром, а також інші біологічно активні сполуки: лізоцим, аскорбінову кислоту, тіамін, рибофлавін, леткі олії та глікозиди, які мають фітонцидні властивості і обумовлюють своєрідний смак редьки. Виявлено також у редьці екстрактивні речовини, сірку, ретинол [30].

Дика редька містить в насінні до 35 % олії.

В їжу використовують коріння (містять жири, вуглеводи, білкові речовини, вітаміни С, Р); споживають сирію.

Редька посівна виявляє жовчогінну та дезинфікуючу дію. Наявні у ній екстрактивні речовини підвищують апетит і стимулюють виділення шлункового соку та жовчі. Рослина має добре виражені фітонцидні властивості. Сік редьки посівної бактерицидно діє на патогенні гриби, віруси та бактерії. Редька значно поліпшує обмін речовин, запобігає атеросклерозові.

Редьку посівну здавна застосовують у народній медицині.

Як відхаркувальний і сечогінний засіб вживають свіжий сік редьки по 1 столовій ложці 2-3 рази на добу за 30 хв до їжи.



вимагає знання каріотипу та ідентифікації типу хромосомного пошкодження і достатній для визначення "мутагенних" або "немутагенних" факторів. -.Тест *allium* рекомендований експертами ВООЗ в якості стандарту. Рекомендується як альтернатива тестуванню *in vivo* на піддослідних тваринах. -.Тест *allium* рекомендується для вивчення практично всіх хімічних, фізичних та біологічних факторів навколишнього середовища. У зв'язку з розширенням асортименту нових синтетичних речовин тест отримає нові рекомендації і стане одним з найпопулярніших

Один тест може зареєструвати широкий спектр порушень генетичних структур та генетичних процесів, полегшуючи дослідження та знижуючи вартість його проведення. Тест *allium* найбільш ефективний для: - вивчення аналізу частоти хромосомних аберацій в мітотичній фазі; - вивчення частоти хромосомних аберацій в мітотичній фазі; - вивчення частоти хромосомних аберацій в мітотичній фазі; - вивчення частоти хромосомних аберацій в мітотичній фазі. фаза мітозу. У цьому тесті реєструються хромосомні мутації, такі як делеції та транслокації, які визначають наявність містків та фрагментів в *ana* та *terminus*, а також порушення веретена поділу через хромосомні затримки, частоту багатополюсного та асиметричного мітозу. Цей метод також дозволяє виявити зміни в поведінці хромосом на мітотичному веретені. -.Тест *allium* ідеально підходить для проведення мікроядерних тестів [33].

Існує багато досліджень, які широко використовують ці переваги для доведення можливості екстраполяції даних тесту *allium* на людей. Наприклад, *Allium cepa* та дослідження мутагенності наночастинок діоксиду титану на кореневій меристемі лімфоцитів людини 14 показали, що обидва тести показали подібну чутливість до цієї речовини. Досліджуючи можливу генотоксичність сполук нікелю, було показано, що тест *allium* має високу чутливість до них, а також до лімфоцитів та фібробластів людини. Таким чином, тест *allium*, ймовірно, рекомендований експертами ВООЗ як стандарт цитогенетичного моніторингу навколишнього середовища. Результати,

отримані в цьому тесті, показують кореляцію з тестами водоростей, рослин, комах, ссавців та інших організмів у людини.

В інших дослідженнях цитологічні параметри тесту *argium* використовуються для вимірювання цитотоксичності фактора. Тому тест *argium* проводить В. І. дослідження, засноване на визначенні біологічної активності клітин кореневої меристеми під дією пестицидів і важких металів вченими Таврійського національного університету імені Вернадського, було проведено на ділянках, розташованих уздовж автомобільних доріг з різною інтенсивністю руху. Високі концентрації важких металів, поряд із залишковими кількостями пестицидів, проявляються в інгібуванні мітотичної активності клітин кореневої меристеми *Allium cepa* за допомогою *Allium cepa* І, який має виражену негативну цитотоксичну дію на тест-систему, вчені Пермського державного гуманітарно-педагогічного університету досліджували залежність і шкоду мітотичного поділу клітин і частоти хромосомних аберацій в меристемі кореня цибулі, *Allium cepa* І. досліджували частоту хромосомних аберацій в меристемі коренів і частоту впливу мікрохвильового випромінювання. Результати дослідження виявили статистично значущі відмінності між такими показниками, як мітотичний Індекс (Мі) та кількість хромосомних аберацій (ХА) у контрольних зразках цибулин, пророщених у екранованих оболонках без опромінення, та 18 аналогічними показниками у зразках, що піддаються впливу ЕМВ різної частоти протягом 15 год [34]. Тест *argium* також використовувався для вивчення токсичної та генотоксичної дії харчових барвників. Матеріалом для дослідження служив дитячий набір різнокольорових цукрових пігулок з іграшками. Мітотичний Індекс (МІ, %) є показником мітозу модифікуючого дії фактора. Фазові показники визначаються як кількість клітин на ранній, середній стадіях тощо. Мутагенний ефект визначали за допомогою пізнього аналізу, який дозволяв вивчити частоту мутацій з урахуванням суми хромосомних аберацій (ХА) і хромосомних затримок для загальної кількості пізніх ефектів препарату, а ступінь мутагенного ефекту оцінювали відповідно

до ММЕ (тяжкість мутагенних ефектів). Івано-франківський національний медичний університет використовував тест *allium* для визначення цитогентоксичності питної води з різних регіонів Карпатського регіону. У той же час, *Allium Cepa*. Було проведено метаанатомічний аналіз цибулини. Залежно від стадії мітозу розраховували про-, мета-, ана - і термінальні індекси. Фон мутагенності оцінювали на основі послідовного визначення індексу пошкодження (PP)

Вчені з Єреванського державного університету вивчили цитогенетичні ефекти, виявлені в насінні *allium* сера при обробці проб води з річки Раздан. Використовують такі методи цитологічного дослідження: хромосомні аберації, порушення хромосомної дивергенції просунутого і уповільненого типів, а також мультиполярні клітини [34, 35]. При проведенні досліджень демінералізованої води були запропоновані мікроядерні тести і біомаркери ядерець для визначення структурних і функціональних змін в клітинному геномі. Крім того, визначали кількість клітин з мітотичним індексом 16 і подвійними ядрами і ядерними порушеннями (показники генотоксичності). стандартний *Allium* сера L. з використанням тест-системи. Досліджено фітотоксичність колоїдних розчинів металевмісних наночастинок (Ag, Cu, Fe, Zn, Mn). Цитотоксичність досліджуваного розчину на рівні організму оцінювали за допомогою проліферативної активності клітин кореневої меристеми, тобто мітозу та фазового індексу. Колоїдні розчини деяких наночастинок, що містять метал, можуть бути результатом їх здатності проникати в клітини, взаємодіяти з їх компонентами та пригнічувати мітоз. Було встановлено, що вони пригнічують ріст коренів. тест *argemone* використовується для вивчення впливу проникнення мобільних телефонів на організми. *Allium* сера L. Для оцінки мутагенних ефектів телефонного випромінювання використовувався метод обліку хромосомних аберацій (ХА) і мікроядер (МҮА) в меристемі (тест *argemone*). тест-система *argemone* також використовується для вирішення проблеми контролю утворення отрут у стані проточних водоем. Мутагенний ефект кожного зразка був

зафіксований у кількох дослідженнях: домінантна летальна мутація (DLM) в *argium* сера L з урахуванням частоти I хромосомних аберацій (НА). Аналіз основних літературних джерел показує, що тест *argium* широко використовується при вивченні факторів навколишнього середовища для тестування рослин, особливо антропогенних факторів. У цитологічних дослідженнях рослин найчастіше використовуються наступні цитологічні параметри: мітотичний Індекс, фазовий Індекс, хромосомні аберації. Вони достовірно відображають вплив факторів навколишнього середовища на процеси мітозу і його порушення. Отже, їх необхідно використовувати для визначення цитотоксичності і генотоксичності при визначенні біологічних властивостей нових синтетичних хімічних речовин, що мають народногосподарське значення [36].

## 2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 2.1 Оцінка токсичності за допомогою «ростового тесту»

Спосіб визначення фітотоксичності води заснований на здатності досліджуваного об'єкта, зокрема проростків пшениці, реагувати на наявність різних видів забруднення води, з якої проростає насіння.

Суть тесту зростання полягає в обліку змін показників схожості індикаторних культур, вирощених на пробах води. Цей метод дозволяє оцінити як інгібуючий, так і стимулюючий вплив різних забруднюючих речовин на рослини [37, 38].

Основними параметрами для оцінки ступеня токсичності води були обрані: насіння *Triticum aestivum* L. (%), *Raphanus sativus* (%), *Pisum sativum* var. *arvense* (%) довжина гіпокотіля та коренців. Критерієм фітотоксичності була частка зниження довжини стеблової системи і коренів рослин порівняно із контролем (водогінна вода).

При дослідженні токсичності проб води з використанням цього методу досліджувану пробу води в кількості 250 мл наливали в лабораторний стакан. Показники 20-25 насінин насіння культури проростали на спеціальному плаваючому кільці з пінопласту, покритому марлею.

Протягом перших кількох днів контейнер з тестованим зразком закривали склом. Два або три рази на день скло знімали на 10-15 хв. для провітрювання. На 4-й день контейнер з насінням поставили на полицю, де підтримували постійну освітленість протягом 14 годин (з 6.00 до 20.00). Рослина витримували в такому стані ще 2 тижні і зафіксували наступні показники:

- час появи сходів і їхню кількість (кожну добу);
- довжину надземної частини проростків та їх приріст (кожну добу);
- загальну кількість пророслих насінин (на кінець експерименту).

При цьому зверталася увага на морфологічні особливості рослини (Раннє пожовтіння, специфіка розвитку кореневої системи тощо). Контрольний субстрат кип'ятили в дистильованій питній воді. Відтворюваність всіх варіацій досвіду становить 3 рази. Через 2 тижні молоді рослини обережно витягли з води і злегка підсушили на фільтрувальній папері. Далі виміряли довжину саджанців і коренів і розраховали середню довжину надземної частини і кореня [39, 40].

Фітотоксичний ефект визначали у відсотках за двома параметрами – довжиною проростків і корінців за формулою [41,42]:

$$\Phi E = \frac{M_0 + M_x}{M_0} \cdot 100\% \dots \dots \dots (2.1)$$

де  $M_0$  – значення біопараметра у посуді з контрольним субстратом;

$M_x$  – значення аналогічного біопараметра у посуді з досліджуваним зразком води.

Отримані значення фітотоксичного рівня оцінювали за шкалою рівнів токсичності (табл. 2.1):

Таблиця 2.1 – Шкала рівнів токсичності [42, 43].

Рівні пригнічення ростових процесів (фітотоксичний ефект), %	Рівень токсичності
0–20	Відсутність або слабкий рівень.
20,1–40	Середній рівень.
40,1–60	Вище середнього рівня.
60,1–80	Високий рівень.
80,1–100	Максимальний рівень.

## 2.2 Статистична обробка даних

Результати досліджень обробляли статистично: вираховували середньоквадратичне відхилення:

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum (x_i - M)^2}{n-1}}, \quad (2.2)$$

де  $x_i$  – величина однієї вибірки;

$M$  – середнє арифметичне;  $n$  – кількість вибірок.

При використанні вибіркової середньої для оцінки генеральної середньої необхідно знати похибку середнього арифметичного (стандартна похибка). Середньоарифметична похибка:

$$m = \sqrt{\frac{\sigma^2}{N}} \quad (2.3)$$

де  $N$  – кількість результатів;

$\sigma^2$  – дисперсія, яку визначали за виразом:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (x - \bar{x})^2}{N} \quad (2.4)$$

Достовірність різниці середніх арифметичних  $t$  розраховували за критерієм Стьюдента-Фішера [42,43]:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}} \quad (2.5)$$

де  $\bar{x}_1$  – середнє арифметичне значення показника в контрольному досліді;

$\bar{x}_2$  – середнє арифметичне значення показника у досліджуваному зразку;

$m_1$  – помилка середнього арифметичного в контрольному досліді;

$m_2$  – те ж у досліджуваному зразку.

Якщо фактичне значення  $t$  було більше або дорівнює критичному (стандартному) значенню  $t_{st}$ , то існувала статистично значуща різниця між середнім арифметичним досліджуваного варіанту і контрольного варіанту. Якщо фактичне значення  $t$  було меншим за  $t_{st}$ , різниця між середніми значеннями вважалася статистично недостовірною [44, 45].

Відсутність статистично значущої різниці між контролем і середнім значенням біопараметрів в досліджених зразках показало, що істотних змін в процесі росту випробовуваних в порівнянні з контрольним варіантом не відбулося [46, 47].

### 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

#### 3.1 Визначення фітотоксичності за допомогою тест-культур

Фітоксичність води визначали за морфометричними показниками тест-культури (довжиною проростків і корінців).

Таблиця 3.1 – Морфометричні показники тест-культури *Triticum aestivum* L.

Варіант	Показник	Дисперсія, $\sigma^2$	$\bar{x} \pm m$	t
Контроль (кип'ячена вода)	Висота гіпокотіля, см	0,10	0,49±0,02	–
	Довжина коренів, см	1,05	1,03±0,09	–
Проба № 1	Висота гіпокотіля, см	0,32	0,12±0,04	3,01*
	Довжина коренів, см	3,15	2,25±0,17	2,12*

Примітка: \* – статистично достовірна різниця між середніми арифметичними у досліджуваному та контрольному варіантах при  $t_{st} = 1,98$ .

Як свідчать дані таблиці 3.1, висота гіпокотіля насіння тест-культури *Triticum aestivum* ідмічався низькими показниками на відміну довжини коренів, що свідчить про гальмівний ефект, і водночас про токсичність води.

Порівняно з контролем ріст за морфометричними параметрами *Triticum aestivum* становили (довжина гіпокотіля – 0,12 см, довжина корінця – 2,25 см), що достовірно відрізнялись від показників як контролю.

Значення t-критерію в пробі № 1  $t_{st} > 2,0$  свідчать, що отримані результати достовірно відрізнялися від контрольного варіанту, отже, ростові процеси тест-рослин, що вирощувались на воді, дійсно пригнобилені, а вода має токсичні властивості.

Таблиця 3.2 – Морфометричні показники тест-культури *Raphanus sativus*

Варіант	Показник	Дисперсія, $\sigma^2$	$\bar{x} \pm m$	t
Контроль (кип'ячена вода)	Висота гіпокотіля, см	0,12	0,50±0,04	–
	Довжина коренів, см	1,4	1,6±0,11	–
Проба №2	Висота гіпокотіля, см	2,31	1,25±0,17	3,93*
	Довжина коренів, см	4,5	3,13±0,23	5,86*

Примітка: \* – статистично достовірна різниця між середніми арифметичними у досліджуваному та контрольному варіантах при  $t_{st} = 1,98$ .

Відповідно до таблиці 3.2, насіння тест-культури *Raphanussativus* відрізнялась високими показниками у порівнянні з тест-культурою *Triticum aestivum*, та становив висота гіпокотіля – 1,25 см і довжина коренів – 3,13 см.

Таблиця 3.3 – Морфометричні показники тест-культури *Pisumsativumvar. arvense*

Варіант	Показник	Дисперсія, $\sigma^2$	$\bar{x} \pm m$	t
Контроль (кип'ячена вода)	Висота гіпокотіля, см	0,8	0,3±0,01	–
	Довжина коренів, см	0,09	0,8±0,01	–
Проба №3	Висота гіпокотіля, см	1,6	0,85±0,12	2,25*
	Довжина коренів, см	3,13	1,77±0,24	2,36*

Примітка: \* – статистично достовірна різниця між середніми арифметичними у досліджуваному та контрольному варіантах при  $t_{st} = 1,98$ .

Ці показники значно відрізнялися від контролю і мали значення  $t$ -критерію  $< t_{st} = 2,0$ . Передусім це вказувало на те, що результати експерименту у варіанті з водою у пробі № 1 статистично недостовірно відрізнялися від контролю (водогінна вода). Це визначає те, що токсичність води на дану тест-культуру знаходилася на тому ж рівні, що і в контрольному варіанті, отже вода не мала токсичних властивостей.

З огляду на отримані результати таблиці 3.3, можна сказати, що насіння тест-культури *Pisum sativum var. arvense* відрізнялась достатньо високими показниками у порівнянні з іншими тест-культурами, і становили висота гіпокотіля – 0,85 і довжина коренів – 1,77.

Ці показники значно відрізнялися від контролю і мали значення  $t$ -критерію  $< t_{st} = 2,0$ .

Отже, завдяки отриманим результатам дослідження, можна зробити висновок, що є присутність стимулюючого ефекту на ріст тест-культури води з проби № 2 і № 3, тоді як вода з ділянки № 1 стимулювала ріст коренів і водночас пригнічувала ріст гіпокотіля.

### 3.2 Фітотоксичний ефект тест-культур

Фітотоксичний ефект відноситься до негативного впливу різних хімічних речовин або речовин природного походження на ріст та розвиток рослин. Цей ефект може бути спричинений хімічними засобами захисту рослин, такими як пестициди, гербіциди або інші хімічні речовини, які небезпечні для рослин.

У випадку фітотоксичності на пшеницю озиму, редьку та горох канадський цей ефект може виявлятися у формі різноманітних змін у зовнішньому вигляді рослин: зменшення росту, жовтіння чи брунатніння

листя, деформація стебел, пелюсток чи листя, втрата листя, погіршення врожаю та загальної продуктивності рослин.

Симптоми фітотоксичності можуть виявлятися в результаті неправильного застосування хімічних засобів або їхнього надмірного використання, яке перевищує допустимі дози для цих культур. Також, деякі рослини можуть бути більш чутливими до певних хімічних речовин порівняно з іншими, що може призвести до більш виражених фітотоксичних реакцій.

Для науковців важливо вивчати та аналізувати фактори, які спричиняють фітотоксичність, щоб уникнути негативного впливу на рослини та врожайність. Це включає в себе дослідження впливу хімічних речовин на різні культури, встановлення оптимальних доз та методів застосування засобів захисту рослин для забезпечення максимальної безпеки для рослинного світу.

Таблиця 3.4 – Фітотоксичний ефект води

Показник	ФЕ, %		
	Проба №1	Проба №2	Проба №3
ФЕ (гіпокотіля)	54,53	-116,88	-35,73
ФЕ (за довжиною коренів)	-32,91	-90,02	-55,73
ФЕ (середнє)	10,81	-103,45	-45,73

Визначення фітотоксичності води показало стимулювальний ефект ростової активності тест-культури при вирощуванні на воді з проби № 2 та № 3. Вочевидь отримані результати свідчать про те, що найбільш результативною є тест-культура *Triticum aestivum* для оцінки токсичності різних об'єктів дослідження, як вода та ґрунт.

Наше дослідження показало, що *Triticum aestivum* тест-культура виявилася досить чутливим біологічним індикатором фітотоксичності води,

що дозволяє використовувати її насіння в якості основного тестового параметра для оцінки загальної токсичності води. Отримані результати можуть бути використані для подальшого моніторингу інших дослідницьких об'єктів і для вироблення технічних рішень щодо поліпшення їх умов навколишнього середовища.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Щоб запобігти нещасним випадкам, пожежам та вибухам, я вивчив та дотримувався правил охорони праці, гігієни праці та протипожежної профілактики. Існували інструкції відповідно до Департаменту охорони праці для всіх видів робіт, що становлять потенційну небезпеку.

У робочі дні в лабораторії проводилася вологе прибирання і регулярне провітрювання. Студенти та викладачі повинні працювати в лабораторії тільки в спеціальному одязі. У лабораторії забороняється носити верхній одяг. Під час експерименту вона була одягнена в спеціальний одяг, на ній не було верхнього одягу лабораторії [47].

Перед початком роботи кожен день обов'язково проводилися наступні заходи. За 20 хвилин до початку роботи, перед провітрюванням лабораторії, надяганням робочого одягу, проведенням експериментів і дослідницьких робіт одноразового характеру, пов'язаних з використанням високої напруги, хімічних реактивів, виконувалися цільові інструкції, і інструкції обов'язково реєструвалися у відповідному журналі.

Перед початком роботи вона уважно ознайомила з роботою, правилами техніки безпеки, обладнанням, матеріалами та інструментами, а також перевірила захисне заземлення електрообладнання, з яким заборонено працювати в лабораторії.

Під час своєї роботи я також дотримувалася наступних правил:

1. Було заборонено проводити дослідження на брудному або немитому посуді, який виконував роботу стоячи;
2. Сидячі люди могли виконувати роботу, яка не спричиняла ризику пожежі, вибуху та розбризкування реагентів,
3. Ставлячи склянку з гарячою водою на поверхню столу, вона підклала під дно серветку, тримаючи склянку якнайдалі від себе,

4. Було заборонено проводити аналіз смаку, запаху і речовин для питної води з хімічного посуду, оскільки більшість використовуваних речовин токсичні,

5. Зміст і використання кислот, легкозаймистих речовин та інших небезпечних субстанцій в лабораторії в навчальних цілях не повинно перевищувати добових норм, при цьому не повинні дотримуватися правила комбінування реактивів при зберіганні, а робота з легкозаймистими речовинами і відкритим вогнем не поєднувала експерименти, в яких вони використовувалися одночасно.

Закінчивши роботу, я вимив забруднений посуд, нейтралізував і продезінфікував використані реагенти і розчини, вимкнув електрику і закрив приміщення [48].

Також окремо ознайомтеся з основними правилами пожежної безпеки в даній лабораторії.

Умови праці в лабораторії повинні дотримуватися відповідно до вимог ГОСТ12.3.002-75 та іншими застосовними нормативними актами [48].

Згідно санітарно-гігієнічному режиму лабораторії:

1. Застою повітря в приміщенні не було. Повітря в робочій зоні відповідав ГОСТ12.1. 005-86 [49].

2. in відповідно до СНіП2.04.85-86" Опалення, вентиляція, кондиціонування повітря "і СНіП12.04. 021-75" Система вентиляції, лабораторія. Загальні вимоги безпеки " механічно спроектовані і належним чином експлуатовані системи природної вентиляції спроектовані розумно.

Перед початком робіт в лабораторії були створені оптимальні умови мікроклімату відповідно до ГОСТ12.1. 005-88"загальні гігієнічні вимоги до повітря в робочій зоні". Таким чином, створення нормального освітлення робочого місця в лабораторії відповідало вимогам СНіП 11-4-79 [Охорона праці та промислова безпека].

В ході експериментальних робіт використовувалися індивідуальні комплексні засоби захисту, такі як марлеві пов'язки, білі бавовняні халати.

Статистична обробка проводилася на комп'ютері. Приступаючи до роботи з ПК, важливо пам'ятати, що це дуже складне обладнання, що вимагає уважного і дбайливого ставлення, високої самодисципліни на всіх етапах експлуатації.

Напруга живлення ПК (220 В) небезпечно для життя. Тому необхідно знати і чітко дотримуватися деяких правил безпеки, незважаючи на те, що конструкція комп'ютера забезпечує достатнє видалення від струмопровідної зони.

Забороняти:

1. Сенсорний екран і задня панель дисплея, дроти живлення і заземлення, з'єднувальний кабель;
2. Порухення порядку включення і виключення апаратних блоків;
3. Розміщення сторонніх предметів в обладнанні;
4. Робота за комп'ютером в мокрому одязі і мокрими руками;
5. Куріння в приміщенні, де знаходиться комп'ютер.

При появі запаху гару, мимовільному виключенні обладнання, ненормальному звуці слід негайно повідомити обслуговуючому персоналу, щоб він вимкнув комп'ютер. При слабкому освітленні, високому рівні шуму і т.д. ви не зможете працювати з комп'ютером.

Під час роботи за комп'ютером слід дотримуватися таких правил: робочий документ повинен розташовуватися перед монітором, бажано на спеціальній підставці. Щоб уникнути безлічі непотрібних рухів очима, тримайтеся прямо при наборі тексту і це може знизити навантаження на зап'ясті. Ви можете використовувати м'яку підставку для зап'ястя, на яку вони спираються під час набору тексту. Якщо лінія огляду спрямована трохи вниз на екран (якщо центр екрану знаходиться на 10-29 см нижче рівня очей), оптимальна відстань між оком і екраном становить 50-65 см [50].

## ВИСНОВКИ

1. Водний мілієкосистемний вплив виявив гальмівний ефект на ріст гіпокотіля *Triticum aestivum*. Водночас, висока довжина коренів свідчить про токсичність води. Порівнюючи результати морфометричних параметрів з контрольними, виявлено статистично значущі відмінності, що свідчать про токсичні властивості води.

2. Насіння *Raphanus sativus* виявилось менш чутливим до води з проби № 1, оскільки його ріст не відрізнявся статистично від контролю. Це вказує на відсутність токсичності води для даної тест-культури.

3. Вода з проб № 2 та № 3 виявляє стимулюючий ефект на ріст *Pisum sativum var. arvense* на ранніх стадіях розвитку. Значення t-критерію вказують на статистично значущі відмінності в порівнянні з контролем.

4. Різні тест-культури реагують по-різному на вплив води з різних джерел. *Triticum aestivum* виявляється чутливим індикатором фітотоксичності води, що дозволяє використовувати його для оцінки загальної токсичності. Отримані результати важливі для моніторингу довкілля та розробки стратегій щодо поліпшення якості води та ґрунту.

## ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

Використання насіння рослин у якості тест-об'єктів в наукових дослідженнях може знайти широке застосування у багатьох наукових галузях. Отримані результати можна використати для моніторингу довкілля та розробки стратегій щодо поліпшення якості води та ґрунту, а також при проведенні лабораторних занять.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Горова А.І., Павличенко А.В., Борисовська О.О., Грунтова, Деменко О.В. Біоіндикація: методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт студентами напряму підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування»; Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2014. 76 с.
2. Єфремова О.О. Основи біотехнології. Біоіндикація. Визначення якості ґрунту за допомогою насіння крес-салату. URL: <https://de.khnu.km.ua/labview.aspx?a=274&b=2>
3. Науково-дослідницький практикум з біотестування: навчальний посібник для підготовки магістрів зі спеціальностей 014. Середня освіта (Біологія та здоров'я людини), 091. Біологія. Херсон: ФОП Вишимирський В.С., 2019. 80 с.
4. Джура Н., Подан І. Екологічні наслідки довготривалого нафтовидобутку на Старосамбірському родовищі Львівської області. *Вісник Львівського університету*. Серія біологічна. 2017. Випуск 76. С. 120–127.
5. Горова А., Кулина С. Оцінка токсичності ґрунтів Червоноградського гірничопромислового району за допомогою ростового тесту. *Вісн. Львів. ун-ту*. Сер. біол. 2008. Вип. 48. С. 189–194.
6. Горова А. І., Павличенко А. В., Борисовська О. О. Методика визначення токсичності ґрунтів за допомогою ростового тесту. Дніпропетровськ: НГУ, 2004. 26 с.
7. Горон М. З., Джура Н. М., Романюк О. І. та ін. Фітотестування як експрес-метод оцінки токсичності нафтозабруднених ґрунтів. *Вісн. Львів. ун-ту*. Сер. біол. 2012. Вип. 58. С. 185–192.
8. Джура Н. М. Можливості використання рослинних тест-систем для біомоніторингу нафтозабруднених ґрунтів. *Біологічні Студії StudiaBiologica*. 2011. Т. 5. №3. С. 183–196.

9. Гродзинський Д.М., Шиліна Ю.В, Куцоконь Н.К. та ін. Застосування рослинних тест-систем для оцінки комбінованої дії факторів різної природи. Київ : Фітосоціоцентр, 2006. 60 с.
10. Грицаєнко З.М., Грицаєнко А.О., Карпенко В.П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. Київ: ЗАТ Нічлава, 2003. 320 с.
11. Определитель высших растений Украины. Ред. Д.Н. Доброчаева, М.И. Котова и др. Київ : Наук. думка, 1987. 548 с.
12. Подан І., Джура Н., Реслер І. Вивчення рослинного покриву Старосамбірського нафтового родовища. Молодь і поступ біології: Х Міжнар. наук. конф. студентів та аспірантів: зб. тез. 8–11 квітня 2014 р. Львів : СПОЛОМ, 2014. С. 120–121.
13. . Pavlychenko A., Kovalenko A. The investigation of rock dumps influence to the levels of heavy metals contamination of soil. *Mining of Mineral Deposits. Leiden, The Netherlands: CRC Press. Balkema*, 2013. P. 237–238.
14. Gorova A., Pavlychenko A., Kulyna S. Ecological problems of post-industrial mining areas. *Geomechanical processes during underground mining. Leiden, The Netherlands: CRC Press. Balkema* : 2012. P. 35–40.
15. Banks M., Schultz K. Comparison of plants for germination toxicity tests in petroleum contaminated soil. *Water Air Soil Pollut.* 2005. Vol. 167. P. 211–219.
16. Grant W. Higher plant assays for the detection of the chromosomal aberration and gene mutation – a brief historical background on their use for screening and monitoring environmental chemicals. *Mutat. Res.* 1999. N 426. P. 107–112.
17. Ziółkowska A., Wyszowski M. Toxicity of petroleum substances to microorganisms and plants. *Ecol. Chem. Eng.* 2010. Vol. 17. N 1. P. 73–82.
18. Гнатюк Н. О., Сорокіна С. І. Алелопатична активність насіння рослин родів *Monarda didyma* L., *Dracosephalum moldavicum* L., *Hyssopus officinalis* L. в умовах лісостепу України. *Український журнал медицини,*

біології та спорту, 2020 Том 5, № 4 (26) С. 350–356. DOI: 10.26693/jmbs05.04.350

19. Білявський Г.О., Бутченко Л.І. Основи екології: теорія та практикум. навч. посібник. Київ : Либідь, 2004. 368 с.

20. Федоренко О.І., Бондар О.І., Кудін А.В. Моніторинг навколишнього середовища: підручник. Київ, 2006. С. 306–318.

21. Олексів І. Т., Брагінський Л. П. Гідроекологічна токсикометрія та біоіндикація забруднень. Теорія, методи, практика використання. Львів: Світ, 1995. 438 с.

22. Погребенник В. Д., Романюк А. В. Методи та засоби експрес-аналізу забруднення водного середовища. Національний університет «Львівська політехніка». Львів : Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2009. 52 с.

23. Мальцев В. І., Карпова Г. О., Зуб Л. М. Визначення якості води методами біоіндикації: науково-методичний посібник. Київ: Науковий центр екомоніторингу та біорізноманіття мегаполісу НАНУ, Недержавна наукова установа Інститут екології (ІНЕКО) Національного екологічного центру України, 2011. 112 с.

24. Патица В. П., Макаренко Н. А., Моклячук Л. І. та ін. Агроекологічна оцінка мінеральних добрив та пестицидів : монографія. Київ : Основа, 2005. 300 с.

25. Савицький В. М., Хільчевський В. К. та ін. Відходи виробництва і споживання та їх вплив на ґрунти і природні води: навч. посібник. Київ: Видавничо-поліграфічний центр;Київський університет, 2007. 152 с.

26. Павлюк С. Д. Оцінка екологічного ризику застосування пестицидів у плодovих насадженнях. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. Серія : Агрономія. 2014.Вип. 195(1).С. 164–168.

27. Martsenyuk V., Petruk V. G., Kvaternyuk S. M. et al. Multispectral control of water bodies for biological diversity with the index of phytoplankton.

2016 *16th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS 2016)*, Oct. 16 -19, 2016 in HICO, Gyeongju, Korea. P. 988–993.

28. Петрук Р. В., Ранський А. П., Петрук В. Г. Комплексна переробка фосфорвмісних пестицидів до екологічно безпечних продуктів та рекультивація забруднених ґрунтів: монографія, 2014. 136 с.

29. Goncharuk V. V., Syroeshkin A.V., Kovalenko V.F., Zlatskiy I. A. Formation of a test systems and selection of test criteria in natural waters bioassay. *J. Of Water Chem. And Technol.* 2016. P. 49–53.

30. Гриценко А. В., Васенко О. Г., Верніченко Г. А. та ін. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. Харків : УкрНДІЕП. 2012. 37 с.

31. Кучеренко Т. В., Головатюк Є. О. Використання біотесту *Allium sera* L. (Цибуля звичайна) для оцінювання антропогенного забруднення навколишнього середовища. *Агроекологічний журнал.* 2008. № 4. С. 79– 83.

32. Соломенко Л. І. Метаболічний контроль рослинними організмами екологічно небезпечних концентрацій ксенобіотиків (на прикладі фосфорорганічних інсектицидів). *Науковий вісник Національного аграрного університету.* 2006. Вип. 95. С. 53–59.

33. Соломенко Л. І., Петрова Ю. О. Екологічна оцінка впливу токсичних речовин на агрофітоценози. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України.* Серія : Агронімія. 2013. Вип. 183(2). С. 230–235.

34. Рахметов Д. Б., Смілянець Н. М. Перспективи інтродукції та використання малопоширених овочевих рослин в Україні. Теоретичні та прикладні аспекти інтродукції рослин і зеленого будівництва: *матеріали IV Міжнар. наук. конференції молодих дослідників.* Київ : Фітосоціоцентр, 2004. 37-45 с.

35. Каталог сортів рослин, придатних для поширення в Україні у 2006 р. Київ: Алефа, 2006. С. 109–283.

36. Притула Н.М. Біоіндикація: методичні рекомендації до лабораторних робіт для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності «Екологія» освітньо-професійної програми «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування». Запоріжжя : ЗНУ, 2019. 71 с.

37. Біоіндикація та біотестування : навчальний посібник. Кременчук: Видавництво ПП Щенбатих О. В., 2016. 76

38. Біоіндикація : методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт студентами напряму 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» / Горова А. І., Павличенко А. В. , Борисовська О. О., Грунтова В. Ю, Деменко О. В.. Д. : Національний гірничий університет, 2014. 76 с.

39. Розвиток туристичного бізнесу регіону / Школа І.М., Ореховська Т.М., Корольчук О.П., Кифяк В.Ф., Бутирська І.В. та ін. Чернівці: Книги XXI, 2007. 292 с.

40. Методы химического и микробиологического анализа воды /П. С. Савченко, Ф. Г. Дятловицкая, В. А. Ярошенко и др. Киев : Госмедиздат УССР, 1961. 198 с.

41. Фортунин В. К истокам Красной реки. *Укррудпром*. Запорожье, 2008. URL: [http:// www.ukrrudprom.ua](http://www.ukrrudprom.ua)

42. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Санітарно-гігієнічні основи спеціальності» (для студентів 3, 4 курсів денної та заочної форм навчання за напрямами підготовки 6.060103 «Гідротехніка (Водніресурси)», 6.060101 «Будівництво» спеціальностей «Рациональне використання охорона водних ресурсів», «Водопостачання та водовідведення») / Харк. нац.ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад.: О.О. Ковальова, О.В. Булгакова. Харків: ХНУМГ, 2014. 46 с.

43. Твое майбутнє – земля за порогами : науково-популярне видання / наук. редкол. Г. А. Золотарьов та ін. КП «ЗМД Дніпровськийметалург», 2009. 275 с.

44. Варганова А. Д., Максін В. І., Арсан В. О., Бабенко Г. І. Екологічний стан водних об'єктів Київської області. *Наукові записки ТНПУ. Біологія*. 2014. № 4 (61). С. 90–94.

45. Екологічна оцінка санітарно-хімічного стану відкритих водойм поблизу свинарських господарств / К. В. Кукурудзяк, О. П. Бригас, О. В. Тертична. / Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2016. № 6. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd\\_2016\\_6\\_9](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2016_6_9)

46. Кучерявий В. О. Охорона праці. Львів: Оріяна–Нова, 2007. 368 с.

47. Кодекс законів про працю України: за станом на 22 квіт. 2008 р.: Верховна Рада України. Офіц. вид. Київ : Парлам. вид-во, 2008 р. 75 с. (Бібліотека офіційних видань).

48. Охорона праці. Терміни та визначення основних понять: ДСТУ 2293-99. Київ: Держстандарт України, 1999. 22 с. (Національний стандарт України).

49. Ткачук К.Н. та ін. Охорона праці та промислова безпека: навчальний посібник. Київ : Основа, 2006. 448 с.

50. Савчук О. М. Основи охорони праці : конспект лекцій. Запоріжжя : Просвіта, 2001. 57 с.