

Міністерство освіти і науки України
Департамент науки і освіти Харківської обласної державної адміністрації
Комунальний заклад «Харківська обласна Мала академія наук Харківської
обласної ради»

Відділення екології та аграрних наук

Секція: охорона довкілля та раціональне природокористування

ВИВЧЕННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТУ ВНАСЛІДОК ВИБУХУ РАКЕТИ МЕТОДОМ БІОТЕСТУВАННЯ

Роботу виконала:

Топчій Поліна Андріївна, учениця 9 класу
Комунального закладу «Харківський ліцей
№ 82 Харківської міської ради», вихованка
Комунального закладу «Харківська обласна
Мала академія наук Харківської обласної
ради»

Наукові керівники:

Стрілець Оксана Петрівна, професор
кафедри органічного синтезу та
фармацевтичних технологій Національного
технічного університету «Харківський
політехнічний інститут», доктор
фармацевтичних наук

Сєдова-Кутішенко Ірина Михайлівна,
вчитель Комунального закладу
«Харківський ліцей № 82 Харківської
міської ради»

ВИВЧЕННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТУ ВНАСЛІДОК ВИБУХУ РАКЕТИ МЕТОДОМ БІОТЕСТУВАННЯ

Топчій Поліна Андріївна; Комунальний заклад «Харківська обласна Мала академія наук Харківської обласної ради», Комунальний заклад «Харківській ліцей № 82 Харківської міської ради»; 9 клас; м. Харків;

Стрілець Оксана Петрівна; професор кафедри органічного синтезу та фармацевтичних технологій Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», доктор фармацевтичних наук;

Сєдова-Кутішенко Ірина Михайлівна; учитель Комунального закладу «Харківський ліцей № 82 Харківської міської ради»

Робота присвячена вивченню впливу воєнних дій на ґрунти Харківської області. Мета: оцінити забруднення ґрунту внаслідок вибуху некерованої ракети РСЗВ «Град» у м. Харків методом біотестування.

Ворожі обстріли призводять до механічних, фізичних та хімічних забруднень ґрунтів, що негативно впливає на стан екосистем, економіку країни та здоров'я людей. Для планування відновлення довкілля буде важливою оцінка впливу воєнних дій, саме тому наша робота є актуальною.

За результатами експериментів визначено, що зразки ґрунту взяті з місця бойових дій сповільнюють схожість насіння і зміну ростових процесів обраних фітооб'єктів; насіння крес-салату виявилось більш чутливим до негативного впливу зразків дослідного ґрунту і тому може бути рекомендовано для використання як тест-об'єкт у фітобіотестуванні ґрунтів.

Встановлені показники токсичності можуть бути використані для оцінки безпечності ґрунтів, з метою подальшого вибору методів відновлення територій.

Ключові слова: ґрунт, забруднення, вибух, фітотестування, *Lepidium sativum*, *Zea mays*, фітотоксичність

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	6
1.1. Ґрунти України.....	6
1.2. Дослідження якості ґрунту та їх значення	7
1.3. Вплив бойових дій на якість ґрунтів	10
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ	12
2.1. Об'єкти дослідження.....	12
2.2. Схема дослідю.....	13
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ.....	15
3.1. Визначення енергії проростання та схожості.....	15
3.2. Визначення фітотоксичного ефекту	17
ВИСНОВКИ	21
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	22
ДОДАТКИ	24

ВСТУП

Актуальність роботи. За показниками потужності ґрунту наша країна посідає пріоритетне місце серед країн світу. Через великий ресурсний потенціал природної родючості ґрунту Україна обіймає провідні позиції у світовому експорті зернових, соняшнику й інших культур. Але війна спричинила і продовжує негативний вплив на ґрунтові та земельні ресурси, дослідження й оцінка якого є актуальними питаннями.

Мета роботи: оцінити забруднення ґрунту внаслідок вибуху некерованої ракети РСЗВ «Град» у м. Харків методом біотестування.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні **завдання:**

1. Визначити вплив забруднення ґрунту внаслідок вибуху реактивного снаряду на енергію проростання насіння.
2. Визначити вплив забруднення ґрунту внаслідок вибуху реактивного снаряду на схожість насіння.
3. Дослідити фітотоксичний ефект досліджуваних зразків ґрунту по відношенню до крес-салату.
4. Дослідити фітотоксичний ефект досліджуваних зразків ґрунту по відношенню до кукурудзи.
5. Проаналізувати чутливість крес-салату та кукурудзи до забруднення.

Об'єкти дослідження: ґрунти, які зазнали впливу воєнних дій

Предмет дослідження: якість ґрунтів за показниками проростання рослин, фітотоксичний ефект ґрунту.

Методи дослідження: аналіз фітотоксичності ґрунтів за методикою «ростовий тест», спостереження, вимірювання, статистичний аналіз результатів.

Наукова новизна: вперше досліджено та проаналізовано показники фітотоксичності ґрунтів з місць бойових дій Харківського регіону; вперше

використано в якості тест-об'єкту для визначення рівня забруднення ґрунту кукурудзу (*Zea mays*).

Практична значимість роботи. Спосіб біотестування ґрунтів з місць бойових дій з використанням рослин як фіто-тестоб'єктів може ефективно застосовуватися для визначення рівня забруднення й фітотоксичності ґрунтів.

Апробація роботи.

Результати досліджень були опубліковані у наукових роботах і представлені на наукових конференціях:

1. XI Міжнародна науково-практична конференція: Хімія, Біо- і Фармтехнології, Екологія та Економіка в Харчовій, Косметичній та Фармацевтичній Промисловості, що відбулася 18–19 листопада 2023 року (додаток А).
2. Обласна учнівська науково-практична конференція Харківського територіального відділення Малої академії наук України грудень 2023 (додаток Б).

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Ґрунти України

Понад 90% світового виробництва їжі залежить від ґрунту. Стан та якість ґрунтів багато в чому визначатиме не лише здатність людства розв'язувати проблеми забезпечення народонаселення планети продовольством, але й збільшення біорізноманіття й навіть пом'якшення наслідків зміни клімату [1]. Україна має потужний ґрунтово-земельний ресурсний потенціал, за яким посідає пріоритетне місце серед усіх країн. Зокрема, з розрахунку на одного жителя в Україні припадає 1,34 га земельної території, у тому числі 0,71 га – орної землі, 0,59 га – чорноземних ґрунтів. За цим показником істотно випереджаємо майже всі країни. Також маємо унікальний ґрунтовий покрив – більше 60 % території зайнято чорноземними ґрунтами, які за характеристиками кореневмісного шару й потенціалом родючості не мають собі рівних [9]. Через великий ресурсний потенціал природної родючості ґрунтів, Україна обіймає провідні позиції у світовому експорті зернових, соняшнику й інших культур [11]. За оцінками спеціалістів [8] наша держава тривалий час виконує роль гаранта продовольчої безпеки в багатьох країнах світу завдяки потужному продовольчому експорту, який у міжнародному масштабі у 2021 р. був еквівалентним забезпеченню харчовими продуктами майже 400 млн. осіб.

Тож важливим є, що нині у світі прийшло розуміння ролі та значущості ґрунтового покриву та якості ґрунтів, приймаються Хартії, Конвенції, Програми, Стратегії, Плани дій, зростає обізнаність про ключову роль ґрунтових ресурсів у забезпеченні продовольчої, екологічної та соціальної безпеки держави.

Усвідомлення світом значущості ґрунтів та їх збереження особливо необхідне в сучасних умовах збройної агресії та воєнних дій російської федерації проти України [11].

Виробництво більшості їжі залежить від ґрунту. Унікальний ґрунтовий покрив України сприяє виходу нашої країни на провідні позиції у світовому експорті сільськогосподарських культур. Питання значущості ґрунтових ресурсів та їх збереження постає на світовому рівні.

1.2. Дослідження якості ґрунту та їх значення

Об'єктивно термін «якість ґрунту» повинен характеризувати всі властивості ґрунту які забезпечують його повноцінне існування.

Тобто, якість ґрунту – це сукупність усіх наявних позитивних і негативних властивостей пов'язаних з використанням ґрунтів та їхніми функціями, Є оцінкою тих властивостей ґрунту які забезпечують реалізацію одної або більше функцій ґрунтів та людських потреб або цілей.

Можна виділити 5 груп показників якості ґрунту що використовуються в сільськогосподарському виробництві:

- морфологічні (потужність гумусового шару ґрунту та глибина залягання глейового горизонту);
- фізичні (показники гранулометричного складу, щільність ґрунту. параметри структури ґрунту, діапазон активної вологи);
- хімічні та агрохімічні (вміст гумусу, вміст макро- і мікроелементів живлення, вміст водорозчинних солей);
- фізико-хімічні (склад ввібраних основ, ємність поглинання, реакція ґрунтового розчину);
- санітарні (показники хімічного та мікробіологічного забруднення) [12].

Визначення цих показників зазвичай потребує використання обладнання в лабораторних умовах. Тому в пошуках методу, який би дозволив відносно легко визначити загальний рівень забруднення ми обрали метод біотесту на

фітотоксичність (фітотест). Він дає змогу визначати екзогенний хімічний вплив та механічні й фізичні зміни якості ґрунту через зниження інтенсивності проростання тестоб'єктів, які виступають у ролі індикаторів токсичності. Фітотест інформативний, високочутливий, характеризує стабільність отриманих результатів. Упродовж останніх років він набуває особливої актуальності в екологічному контролі, як найбільш експресний та економічний метод. Відомо багато методичних рекомендацій щодо різних варіантів використання насіння вищих рослин різних видів у фітотестах але на сьогодні у природоохоронних нормативних документах України відсутні стандартизовані методики фітотестування рекомендовані для проведення екологічного контролю. Вже є достатня кількість досліджень фітотоксичності вод і забруднення ґрунту нафтою [4, 6]. Фітотоксичність ґрунту, забрудненого бойовими діями поки не досліджено.

Оперативну інформацію про фітотоксичність забрудненого ґрунту можна отримати використовуючи тест-об'єкти (насіння і проростки рослин) і різноманітні тест показники [4]. Показниками фітотоксичної дії є зниження (у порівнянні з контролем) схожості насіння, зниження довжини коріння, зменшення швидкості проростання насіння. Індекс фітотоксичності ґрунту міста розраховують для кожного пункту відбору проб за такими тест – функціями:

- схожість насіння,
- енергія проростання насіння,
- довжина надземної частини рослини,
- вага надземної частини рослини,
- довжина підземної частини рослини,
- вага підземної частини рослини [7].

Отже для того щоб дослідити вплив бойових дій на якість ґрунту в наших умовах, найкращим для нас з методів досліджень буде саме визначення фітотоксичного ефекту.

Ми вже зазначали, що стан та якість ґрунтів всебічно впливає на життя людства, включаючи вплив на вирішення проблем продовольства, біорізноманіття та змін клімату. В цьому аспекті питання оцінки втрат ґрунтових ресурсів України внаслідок збройної агресії російської федерації набуває не лише національного але й світового значення [1]. В умовах воєнного стану економічні, екологічні й соціальні виклики продовольчого забезпечення України та світу значно загострилися. Одним із цих викликів є істотне посилення й до того актуальної проблеми деградації земель і ґрунтів, спричинене збройною агресією. У зв'язку з повномасштабною агресією РФ, ґрунтові ресурси України зазнають масштабної руйнації, погіршення якості, посилення процесів деградації.

У післявоєнний час найактуальнішим питанням стане науково обґрунтований розподіл фінансових ресурсів на відбудову країни на основі аналізу екологічної ситуації і визначення ризику для здоров'я населення [9].

Використання запропонованого методичного підходу буде сприяти отриманню порівнянних даних при оцінці рівня забруднення ґрунту й визначенню територій для безпечного рекреаційного використання або вирощування сільськогосподарської продукції. 19 січня 2022 р. № 70-р вже схвалено Концепцію Загальнодержавної цільової програми використання та охорони земель [8], в якій визначено завдання, що стосуються відновлення екологічного стану земель, які постраждали від збройної агресії РФ. Наразі вченими запропоновані й додаткові заходи.

Для раціонального використання та охорони земель, відновлення ґрунтів і поліпшення їх родючості, збереження продуктивних, екологічних і соціальних функцій ґрунтового покриву варто реалізувати:

- проведення суцільного ґрунтового обстеження на деокупованих та небезпечних територіях на оновлених методологічних засадах, гармонізованих із сучасною європейською практикою;

- створення дієвої системи сучасного моніторингу ґрунтового покриву країни в кооперації з Європейською ґрунтовою обсерваторією (EUSO) для її подальшої інтеграції в систему ґрунтового моніторингу ЄС;
- актуалізацію наукових досліджень з відновлення деградованих ґрунтів, зокрема в напрямі вивчення впливу збройної агресії РФ на ґрунтовий покрив України; визначення актуального стану здоров'я ґрунтів; удосконалення методики визначення розмірів шкоди та збитків, завданих землям і ґрунтовим ресурсам унаслідок збройної агресії; розроблення та пілотне впровадження технологій реабілітації пошкоджених війною ґрунтів;
- поліпшення кадрового забезпечення, зокрема, через відновлення підготовки фахівців ґрунтознавців у ЗВО України та адаптацію наявних освітніх програм шляхом включення до них освітніх компонентів, присвячених сталому управлінню ґрунтовими ресурсами в післявоєнний період з урахуванням міжнародного досвіду подолання наслідків конфліктів і збройних агресій [8].

1.3. Вплив бойових дій на якість ґрунтів

З початком повномасштабного вторгнення в Україну кожен день інтенсивно ведуться бойові дії. З перших днів війни в Україні були зафіксовані обстріли і бомбардування російськими військами промислових та енергетичних об'єктів, підпали лісів, під нафтобаз, руйнування інфраструктури, знищення населених пунктів, шкіл, лікарень, промислових підприємств. Найбільше екологічних злочинів зафіксовано у Київській, Харківській, Миколаївській, Луганській і Донецькій областях. У цих областях ворог руйнував промислові та енергетичні об'єкти. Постає питання чи впливає усе це на ґрунти, і якщо так то як [10]. Пошук відповіді може бути ускладнено наступними труднощами: обмежений і небезпечний доступ до об'єктів дослідження, відсутність обґрунтованих критеріїв і показників оцінки впливу збройної агресії на ґрунтовий покрив, недостатній рівень приладного й аналітичного забезпечення [11]. Досвід країн, на території яких велись чи

ведуться військові дії, свідчить про їх потужний вплив на всі компоненти природного середовища, зокрема і на ґрунти. Однак наукові розробки в цій області мають фрагментарний характер [5].

Тим не менш вже є багато фактів, що агресивна війна, яку Росія неспровоковано розв'язала проти України, спричинила й продовжує негативний вплив на ґрунтові та земельні ресурси, що є національним багатством України, на глобальну й національну продовольчу та екологічну безпеку [9]. Оцінка еколого-геохімічного стану території воєнно-техногенного навантаження показала, що майже всі типи воєнно-техногенного навантаження є потужними забруднювачами ґрунтового покриву. Зокрема виділяють механічне, фізичне й хімічне забруднення [5].

Що стосується хімічного забруднення та фізичного пошкодження, то деякі поля, розташовані, зокрема, в Харківській області після обстрілів є непридатним для використання на роки. Згідно з попередніми результатами польових досліджень учених ННЦ «ІА імені О. Н. Соколовського», найбільшого негативного впливу на сільськогосподарські землі та ґрунтовий покрив завдає авіація та артилерія ворога. Найвищий рівень забруднення ґрунту в місцях падіння боєприпасів різного калібру фіксується за вмістом кадмію і свинцю, також спостерігається забруднення нафтопродуктами та ароматичним сполуками [5, 9].

Країна-агресор застосовує проти України різноманітну зброю, в тому числі РСЗВ “Град”

Реактивна система залпового вогню (РСЗВ) – один із типів артилерійських систем.

РСЗВ спричиняє одразу декілька видів забруднення:

Механічне – снаряди та осколки, пакувальні матеріали з боєприпасів, ерозія ґрунту від вибуху сховищ та руху ущільнення ґрунту.

Фізичне – згоряння порохового заряду та розривної речовини, робота двигунів внутрішнього згоряння.

Хімічне – порохові гази від згоряння частки які не згоріли, вихлопні гази ДВЗ та забруднення ґрунту нафтопродуктами [5].

Нашою метою було визначити рівень фітотоксичності ґрунту, забрудненого внаслідок вибуху некерованої ракети даної системи.

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

2.1. Об'єкти дослідження

Ґрунт.

Зразок для досліду (з місця вибуху). Вибух некерованої ракети РСЗВ “Град” відбувся у Великій Данилівці, на вул. Аральській.

Зразок для досліду (на відстані 500 метрів від воронки)

Зразки ґрунту для біотестування відбирають на ділянках (у декількох містах) на глибині 10-20 см, змішують, звільняють від сторонніх домішок, подрібнюють і виділяють зразок використовують для біотестування.

Для контролю брали універсальний ґрунт
(магазин, ТОВ «Восор»)

Фітотест-об'єкти:

Крес-салат (*Lepidium sativum*),

Відділ: Покритонасінні

Клада: Справжні дводольні

Порядок: Капустоцвіті

Родина: Капустяні

Рід: Хрiниці

Вид: Крес-салат (або Хрiниця сiйна)

Крес-салат-однорiчна перехреснозапильна трав'яниста салатна рослина, що вiдрiзняється швидким ростом.

Кукурудза (*Zea mays*)

Відділ: Покритонасінні

Клада: Однодольні

Порядок: Тонконогоцвіті

Родина: Тонконогові

Рід: Кукурудза

Вид: Кукурудза звичайна [2]

Кукурудза-однорічна рослина родини тонконогових. Одна з найважливіших злакових культур світу, яку вважають одним із «трьох найголовніших хлібів людства»

2.2 Схема досліду

В кожен лоток вносили однакову кількість ґрунту до половини, підписували, зволожували однаковою кількістю водопроводної води. Насіння крес-салату закладали у зволожений свіжий ґрунт по 30 насінин на поверхню у двократній повторності. Присипали насіння зверху ґрунтом (1-2 см) і зволожували.

Насіння кукурудзи закладали у зволожений свіжий ґрунт по 20 насінин у двократній повторності та розміщували зародком до низу (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Процес посадки (ґрунт і насіння)

Протягом наступних 10-15 днів щодня ґрунт зволожували однаковою кількістю води.

Визначали енергію проростання і схожість проростання насіння у порівнянні з контролем, як співвідношення пророслого насіння і посаджених, обчислене у відсотках.

Для крес-салату енергію проростання визначали на 3-й день, схожість на 5-й день. Для кукурудзи енергію проростання визначають на 5-й день, схожість на 10-й день.

На 15 день, вимірявши довжину і вагу надземної та підземної частини рослин ми визначили фітотоксичний ефект за формулою (3.1):

$$FE = (L_0 - L_x) / L_0 * 100\% \quad (3.1)$$

де L_0 – середня довжина кореневої чи надземної частини рослин, вирощених на зразках ґрунту з контрольної точки;

L_x – середня довжина кореневої чи наземної частини рослин, вирощених на ґрунті з досліджуваних ділянок.

Статистичну обробку результатів експериментальних даних проводили за допомогою прикладної комп'ютерної програми Microsoft Excel 7.0. відповідно до методики Державної фармакопеї України (ДФУ)

Результати порівнювали зі шкалою Джури, визначаючи рівень токсичності [4]

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

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

3.1. Визначення енергії проростання та схожості

Енергія проростання характеризує дружність проростання насіння і визначається відсотковим відношенням кількості пророслих за певний період насінин до загальної їх кількості. Енергію проростання і схожість насіння визначають в одному аналізі. Висока енергія проростання забезпечує дружне з'явлення сходів та інтенсивний ріст рослин на початку вегетації у польових умовах.

Схожість насіння – це співвідношення пророслого насіння і посаджених, обчислене у відсотках. Це здатність насіння прорости в оптимальних умовах у визначений термін. Повна, 100% схожість – ідеальне значення. Найчастіше воно варіюється в значних 70-90%, тобто 7-9 насіння з 10 дали паростки.

Енергію проростання для крес-салату ми визначали на 3 день а для кукурудзи на 5. Схожість розраховувалась для крес-салату на 5, а для кукурудзи на 10 день (рисунки 3.1. – 3.4).



Рис. 3.1. 3 день – крес-салат



Рис. 3.2. 5 день – крес-салат



Рис. 3.3. 5 день – кукурудза



Рис. 3.4 10 день - кукурудза

Отримані результати наведені у таблицях 3.1. і 3.2.

Таблиця 3.1

Результати біотестування ґрунтів по енергії проростання та схожості насіння крес-салату (n, %)

<i>Пункти відбору проб ґрунту</i>	Енергія проростання		Схожість	
	n	%	n	%
Проба 1 (n=60)	15	25	32	53,5
Проба 2 (n=60)	12	20	29	48
Контроль (n=60)	19	32,5	41	68,5

Аналіз даних наведених у таблиці 3.1 свідчить, що більші значення показників енергії проростання та схожості спостерігалися у контрольному ґрунті. Так, схожість рослин в універсальному ґрунті сягала 68,5%, що близько до середніх показників (70-90%) зазначених вище. Натомість, в дослідних зразках, відібраних у Великій Данилівці обидва показника значно менші, наприклад, в ґрунті, взятому за 500 метрів від вибуху (проба 2) схожість була менше 50%. Аналіз відмінностей в проростанні рослин взятих в зоні бойових дій ще потребує статистичної обробки.

Таблиця 3.2.

Результати біотестування ґрунтів по енергії проростання та схожості насіння кукурудзи (n, %)

<i>Пункти відбору проб ґрунту</i>	Енергія проростання		Схожість	
	n	%	n	%
Проба 1 (n=40)	11	27,5	23	57,5
Проба 2 (n=40)	14	35	24	60
Контроль (n=40)	12	30	26	65

Результати контрольного ґрунту(30%) були більші ніж у пробі 1(27,5%) проте менші ніж у пробі 2 (35%).

За результатами, наведеними у таблиці 3.2 можна зробити висновок, що і енергія проростання, і схожість кукурудзи у контрольному ґрунті були близькі до аналогічних показників для крес-салату, але відмінності між досліджуваними зразками та контрольним для цього фітотестоб'єкту були менші. На підставі цих результатів можемо припустити, що кукурудза як тест-об'єкт менш чутлива до такого впливу на ґрунт (влучання ракетної системи залпового вогню Град). Якщо порівнювати результати дослідження різних зразків ґрунту, то ми бачимо трохи кращі результати у контролі і 2 пробі (на відстані від воронки), при цьому енергія проростання *Zea mays* в ґрунті з пробі 2 була навіть на 5% вища, ніж в універсальному ґрунті, який був взятий для контролю. Найменшими показники енергії проростання та схожості рослин були у ґрунті, що відібраний з воронки від влучання, що відповідає нашій гіпотезі.

Відмінності у біотестуванні досліджуваних зразків різними тест-об'єктами (для кукурудзи нижчі показники встановлено у пробі 1, а для крес-салату - у пробі 2) теж були очікувані, бо ми обирали в якості тест-об'єктів не споріднені рослини, які відрізняються за багатьма екологічними особливостями.

3.2. Визначення фітотоксичного ефекту

На 15 день ми дістали рослини з ґрунту (рис. 3.11, 3.12) і виміряли довжину підземної і надземної частини рослин та їх вагу. Розраховані середні показники наведені у таблицях 3.3 і 3.4



Рис. 3.5. Крес-салат



Рис. 3.6. Кукурудза

Таблиця 3.3

Довжина (см) та вага (г) підземної й надземної частин крес-салату

<i>Пункти відбору проб ґрунту</i>	Коріння		Стебло	
	Середня довжина, см	Середня вага, г	Середня довжина, см	Середня вага, г
<i>Проба 1</i>	1,87±0,02	0,04±0,01	6,09±0,01	0,07±0,01
<i>Проба 2</i>	1,01±0,02	0,025±0,01	3,63±0,02	0,035±0,01
<i>Контроль</i>	3,63±0,02	0,03±0,01	4,98±0,01	0,09±0,01

Примітка. $p < 0,05$

Аналіз таблиці 3.3 показує, що коріння крес-салату за довжиною найбільше у контрольних зразках (3,63±0,02 см), а найменше у другій пробі. Середня вага підземної частин рослин була більша у пробі 1 (ґрунті з центру вибуху) і найменшою у пробі 2 (ґрунт, відібраний на відстані від воронки). Щодо стебла, то середня довжина значно більша у першій пробі, а найменша в другій, натомість вага надземної частини очікувано більша у контрольному ґрунті, та найменша у ґрунті, відібраному за 500 метрів від влучання (0,035±0,01 г).

Таблиця 3.4

Довжина (см) та вага(г) підземної й надземної частин кукурудзи

<i>Пункти відбору проб ґрунту</i>	Коріння		Стебло	
	Середня довжина, см	Середня вага, г	Середня довжина, см	Середня вага, г
<i>Проба 1</i>	17,0±0,02	13,0±0,01	17,0±0,01	9,5±0,01
<i>Проба 2</i>	21,85±0,03	14,0±0,01	13,2±0,01	5,5±0,01
<i>Контроль</i>	19,25±0,03	15,5±0,04	15,85±0,02	10,0±0,01

Примітка. $p < 0,05$

Аналіз отриманих даних (табл. 3.4) свідчить, що довжина підземної частини кукурудзи більше в другій пробі, тоді як стебла довші в рослин, що вирости в ґрунті з міста вибуху. При цьому біомаса зазначених частин рослин в обох випадках більше в кукурудзи з контрольного ґрунту.

Після визначення середніх значень довжини стебла та коріння для кожної з проб ґрунту було розраховано фітотоксичний ефект (ФЕ) досліджуваних проб на обрані фіто-тестоб'єкти за наведеною в підрозділі 3.1 формулою (3.1) та визначено ступінь токсичності за шкалою Джури (табл. 3.5 і 3.6).

Таблиця 3.5

Фітотоксичний ефект досліджуваних зразків ґрунту, розрахований за значеннями довжини коріння

Пункти відбору проб ґрунту	кукурудза		крес-салат	
	ФЕ, %	рівень токсичності	ФЕ, %	рівень токсичності
Проба 1	11,68 ±0,01	відсутність або слабкий	48,48 ±0,01	вище середнього
Проба 2	-13,5 ±0,01		72,17 ±0,02	високий

Примітка. $p < 0,05$

Згідно з представленими у таблиці 3.5 результатами рівень токсичності ґрунту у порівнянні з контрольними зразками вищій для крес-салату (*Lepidium sativum*), а по відношенню до кукурудзи (*Zea mays*) він слабкий (11,68±0,01 %), або навіть не підлягає визначенню (-13,5±0,01%) за обраною шкалою. Це може пояснюватися більшою чутливістю крес-салату як тест-об'єкту. Якщо порівнювати токсичність проб ґрунтів між собою, ми отримали протилежні результати для наших тест-об'єктів: для кукурудзи більш токсичним виявився ґрунт, що обрано в воронці вибуху, натомість для крес-салату перевищував (72,17±0,02%) фітотоксичний ефект ґрунту зібраного за 500 метрів від вибуху, хоча токсичність першої проби все-ж була вище середнього (48,48±0,01%).

Стебло у хрест салату у першій пробі доволі велике, але при цьому ми бачимо велику різницю у довжині кореня і стебла. Ймовірно, що корінню не вистачало корисних речовин і рослина компенсувала це довгим стеблом, що тягнулося до сонця намагаючись прискорити процес фотосинтезу. Щодо кукурудзи, то в неї схожа ситуація. Хоча довжина коріння і стебла у пробі 1 однакова, вага є більшою саме у стебла, хоча у пробі 2 і контролі вага більша у пробі. Також, гіпотезою для пояснення отриманих результатів може бути те, що рослини мають захисні властивості щодо поглинання забруднювачів. Існує кілька систем контролю за надходженням іонів, в основному вони знаходяться в коренях та репродуктивних органах (насінні і плодах) і на перших етапах надходження елементів з ґрунтів їх основна частина затримується в коренях рослин. Ці процеси можуть відрізнятися у представників різних видів. Крім того багатьма авторами відзначені видові відмінності рослин в характері металоаккумуляції. Так, серед сільськогосподарських культур найбільш високий вміст важких металів виявлено в листових овочах і силосних культурах, найменше - в бобових, злакових і технічних культурах [5].

ВИСНОВКИ

1. Показники енергії проростання крес-салату у ґрунті з місця вибуху (25%) нижчі та у ґрунті, що відібрано за 500 метрів від вирви (20%), менші ніж у контролі (32,5%) та незначно різняться між собою. Для кукурудзи було встановлено вищу енергію проростання на ґрунті, що відібрано на відстані від місця вибуху (35%) у порівнянні з обраним для контролю ґрунтом (30%). Натомість у ґрунті з вирви цей показник склав 27,5%.

2. Експериментально встановлено, що досліджувані зразки ґрунту сповільнюють схожість насіння. Результати схожості крес-салату у ґрунті з місця вибуху відрізнялися на 15%, а у ґрунті взятому на відстані від вирви на 20,5% від контролю. Схожість кукурудзи в обох досліджуваних зразках була меншою, ніж у контролі.

3. Рівень токсичності ґрунту для крес-салату, розрахований за показниками довжини коріння виявився більше середнього у пробі 1 і високим у пробі 2. Ці показники можуть бути враховані при плануванні відновлення та використання ґрунту у Великій Данилівці.

4. Фітотоксичний ефект забрудненого ґрунту по відношенню до кукурудзи є слабким (11,68) або навіть не підлягає визначенню(-13,5) за обраною шкалою, що можна пояснити особливостями вперше використаного тестоб'єкту.

5. Крес-салат виявилось більш чутливим до негативного впливу зразків дослідного ґрунту, тому може бути рекомендований як тест-об'єкт при вивченні забруднення ґрунтів внаслідок бойових дій методом біотестування. Для подальшого використання кукурудзи в якості тестоб'єкту ми пропонуємо модифікувати методики біотестування з урахуванням особливостей *Zea mays*.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ачасов А. Б., Селіверстов О. Ю., Ачасова А. О. ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ БОЙОВИХ ДІЙ: ГРУНТОВИЙ АСПЕКТ: збірник тез Міжнародної науково-практичної конференції (Харків, 20 жовтня 2022 р.). [Електронне видання]. Харків: ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського», 2022. с. 12-15 URL: <http://www.issar.com.ua/uk/vydannya>
2. Бенгус Ю. В. Альбом для лабораторних занять з дисципліни "Ботаніка. Систематика вищих рослин" : метод. рек. / Ю. В. Бенгус, Р. Є. Волкова, Д. В. Леонтьєв ; Харків. нац. пед. ун-т ім. Г. С. Сковороди. – 2-ге вид. – Харків : [б. в.], 2022. – Ч. 2 : Покритонасінні. – 56 с. : іл.
3. Бондарюк, В. І. та ін. Вплив забруднення нафтопродуктами на мікробіоценоз ґрунту та фітотоксичний ефект в умовах Ужгородського району Закарпаття / Р. М. Бондарюк, М. М. Вакерич, В. І. та ін. Петросова // Науковий вісник Ужгородського університету : серія: Біологія / голов. ред. Л.М.Фельбаба-Клушина. – Ужгород, 2017. – Вип. 42. – С. 86-93. – бібліогр.: с.92-93.
4. Використання рослин для рекультивації ґрунтів, забруднених нафтою і нафтопродуктами / Н. М. Джура, О. І. Романюк, Ян Гонсьор та ін.// Екологічна ноосферологія. – 2006. – Т. 17, Вип. 1-2. – С. 55-60
5. Голубцов О., Сорокіна Л., Сплодитель А., Чумаченко С. Вплив війни росії проти України на стан українських ґрунтів. Результати аналізу. Київ : ГО «Центр екологічних ініціатив «Екодія», 2023. 155 с.
6. Гринчишин, Н. М., Бабаджанова, О. Ф., Соседко, К. С. (2014). Фітотоксичність нафтозабруднених ґрунтів на прикладі крес-салату (*Lepidium sativum* L.). Науковий вісник НЛТУ України, 24(10), 81-86.
7. Єфремова О.О. Лабораторна робота. 274. Основи біотехнології. Біоіндикація 2. Визначення якості ґрунту за допомогою насіння крес-салату. Хмельницький національний університет
8. КОНЦЕПЦІЯ Загальнодержавної цільової програми використання та охорони земель / СХВАЛЕНО розпорядженням Кабінету Міністрів України від

19 січня 2022 р. № 70-р [Електронний ресурс] URL:
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/70-2022-%D1%80#n9>

9. Національне багатство України – чорноземи – під загрозою знищення. До Всесвітнього дня ґрунтів 2022 – Як війна впливає на ґрунти й продовольчу безпеку / Балюк С. А., Кучер А. В. Голос України. 2022. 2 груд. URL:
<http://www.golos.com.ua/article/366511>

10. Рибалова О. В., Золотарьова С. О.. Вплив військових дій на забруднення ґрунтів важкими металами. Національний університет цивільного захисту України, 2022. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/16055>

11. Сучасний стан ґрунтового покриву України в умовах збройної агресії російської федерації: збірник тез Міжнародної науково-практичної конференції (Харків, 20 жовтня 2022 р.). [Електронне видання]. Харків: ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського», 2022. 174 с. URL: <http://www.issar.com.ua/uk/vydannya>

12. Чорний С.Г . Навчальний посібник: Оцінка якості ґрунтів. Міністерство освіти та науки України , Миколаївський національний аграрний університет, 2018.

ДОДАТКИ

Додаток А

Публікація у збірці XI Міжнародної науково-практичної конференції: Хімія, Біо- і Фармтехнології, Екологія та Економіка в Харчовій, Косметичній та Фармацевтичній Промисловості

водних ресурсів та знизити рівні витрати на галузь продуктів харчування.

- **Рекуперация ресурсів**

Використовувати продукти харчування, які можуть бути перероблені в інші товари або перероблені для відновлення ресурсів.

Література:

https://ipress.ua/mainmedia/globalna_problema_prodovolchoi_bezpeky_ta_harchuvannya_3208.html

https://cpo.stu.cn.ua/Oksana/harch_himia_lekcii/60.html

https://ipress.ua/mainmedia/globalna_problema_prodovolchoi_bezpeky_ta_harchuvannya_3208.html

<https://www.growhow.in.ua/hlobalna-prodovolcha-bezpeka-stari-problemy-novi-vyklyky-ta-efektyvni-rishennia/>

ВИЗНАЧЕННЯ ЯКОСТІ ҐРУНТІВ У ЧАС ВІЙСЬКОВОГО СТАНУ МЕТОДОМ ФІТОБІОТЕСТУВАННЯ

Топчій П.А., Стрілець О.П., Седова-Кутіщенко І.М.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна, e-mail: oksanastr1970@gmail.com

Вступ. В період військового стану в Україні щодень інтенсивно ведуться обстріли дозволеними та забороненими снарядами, утворюються вирви від авіабомб та артилерійських обстрілів, створюються нові заміновані території, знищується важка військова техніка, що призводить до витоку нафтопродуктів, випалення землі та ін. Всі ці наслідки воєнних дій забруднюють ґрунт, а з цим й негативно впливають на економіку країни та здоров'я людей.

Доведено нищівні наслідки воєнно-техногенного забруднення для здоров'я населення. Концентрований вміст важких металів може порушувати діяльність нервової системи, систем кровотворення та внутрішньої секреції. Хімічні забруднення спонукають виникнення злоякісних утворень, атеросклерозу та порушення апарату спадковості. Пошкодження ґрунту внаслідок військових дій можуть бути механічними, фізичними та хімічними. Кожен з цих впливів по-своєму є критичним, викликає руйнування структури та функцій землі та впливає на родючість та водоутримувальну здатність ґрунту. Серед всіх екосистем, що зазнають негативного впливу від воєнних дій, найбільше страждають поверхневі шари ґрунту, які несуть одну із найважливіших функцій - годування людей. Вирощування сільськогосподарських рослин також є необхідним для заперечення населення харчовою продукцією [3].

Метою роботи є дослідження впливу бойових дій на якість ґрунтів Харківської області методом фітобіотестування.

Додаток Б

Диплом про участь в обласній учнівській науково-практичній конференції
Харківського територіального відділення Малої академії наук України

