

Національний університет "Чернігівський колегіум" імені Т.Г.Шевченка

Природничо-математичний факультет

Кафедра біології та здоров'я людини

Кваліфікаційна робота

освітнього ступіня «магістр»

на тему

«Токсичність антибактеріальних вологих серветок за
фітотестуванням»

Виконала:

студентка 2 курсу, 64 групи
спеціальності

091. Біологія та біохімія

Гриценко Олександра Миколаївна

Науковий керівник:

к.б.н., доц.Ткачук Н.В.

Чернігів – 2025

Роботу подано до розгляду « 11 » листопада 2025 року.

Студент (ка)

[підпис]
(підпис)

Гриценко О.М.
(прізвище та ініціали)

Науковий керівник

[підпис]
(підпис)

Ткачук Н.В.
(прізвище та ініціали)

Рецензент

[підпис]
(підпис)

Кудріченко С.В.
(прізвище та ініціали)

Кваліфікаційна робота розглянута на засіданні кафедри
біології та здоров'я людини

(назва кафедри)

протокол № 5 від « 11 » листопада 2025 року.

Студент (ка) допускається до захисту даної роботи в екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедри

[підпис]
(підпис)

Мехед О.Б.
(прізвище та ініціали)

Зміст

Вступ	4
Розділ 1 Біотестування гігієнічних засобів	6
1.1.Поняття про біотестування та можливості використання.	6
1.2.Біотестування з рослинами – фітотестування	13
1.3. Токсичність побутових товарів за біотестуванням	14
Розділ 2 Матеріали та методи дослідження	15
2.1. Матеріал дослідження	15
2.2. Методика фітотестування	17
Розділ 3 Токсичність вологих антибактеріальних серветок виробництва України за ростовим тестом з крес-салатом	19
3.1. Енергія проростання та схожість крес-салату	19
3.2.Довжина кореня наземної частини проростків крес-салату	22
3.3.Довжина надземної частини проростків крес-салату	24
3.4.Розрахунок фітотоксичних індексів	26
Висновки	30
Список літературних джерел	32

Вступ

Актуальність теми. У сучасному світі зростає попит на засоби особистої гігієни, зокрема на вологі антибактеріальні серветки, які широко використовуються як у побуті, так і в медичних, освітніх та громадських закладах. Їх популярність зумовлена зручністю використання, доступністю та заявленими антисептичними властивостями. Однак, попри очевидні переваги, зростає занепокоєння щодо потенційного негативного впливу компонентів зволожуючого розчину таких серветок на довкілля, особливо при їхньому потраплянні у ґрунтові та водні екосистеми.[9]

До складу вологих серветок входять різноманітні консерванти, антисептики, поверхнево-активні речовини та регулятори рН, які можуть чинити токсичну дію на живі організми. Зокрема, такі сполуки, як бензалконію хлорид, феноксіетанол, метилізотіазолінон, цитрат срібла та інші, мають виражену біоцидну активність, що може порушувати фізіологічні процеси у рослин, мікроорганізмів та ґрунтових безхребетних. У зв'язку з цим постає необхідність у проведенні екотоксикологічної оцінки таких засобів.

Одним із ефективних методів первинного біотестування є *ростовий тест з крес-салатом* (*Lepidium sativum* L.) — швидкий, чутливий та інформативний підхід до виявлення фітотоксичності хімічних речовин. Цей метод дозволяє оцінити вплив досліджуваних зразків на схожість насіння, довжину кореня та надземної частини проростків, а також розрахувати фітотоксичні індекси.

Актуальність дослідження зумовлена відсутністю належного контролю за екологічною безпечністю побутових засобів, які після використання потрапляють у навколишнє середовище. Визначення токсичності вологих серветок за допомогою біотестування дозволяє не лише оцінити їхній вплив на рослинні організми, а й сформулювати науково обґрунтовані рекомендації щодо їхнього складу та утилізації.

Метою роботи є оцінка токсичності зволожуючих розчинів вологих антибактеріальних серветок різного складу за допомогою ростового тесту з крес-салатом.

Завдання дослідження:

1. Проаналізувати склад активних компонентів у п'яти варіантах вологих серветок.
2. Провести біотестування з використанням крес-салату як тест-об'єкта.
3. Визначити показники схожості, довжини кореня та надземної частини проростків.
4. Розрахувати фітотоксичні індекси для кожного зразка.
5. Провести порівняльний аналіз токсичності та встановити найбільш безпечний варіант.

Об'єкт дослідження — компоненти вологих антибактеріальних серветок.

Предмет дослідження — токсичність компонентів серветок, визначена за допомогою ростового тесту з крес-салатом.

Апробація роботи. Результати досліджень були представлені на Міжнародній науково-практичній конференції «Трансформаційні підходи до сталого розвитку: екологічна освіта, наука та природоохоронні практики для відбудови України» (22-26 вересня 2025 року, м. Житомир, Україна).[1]

Розділ 1

Біотестування гігієнічних засобів

1.1. Поняття про біотестування та можливості використання.

Біотестування — це метод оцінки токсичності речовин, матеріалів або середовищ за допомогою біологічних об'єктів, які реагують на дію потенційного токсиканта. Цей підхід є важливим інструментом у сучасній екології, токсикології, гігієні та біомедичних дослідженнях, оскільки дозволяє виявити навіть низькі концентрації шкідливих речовин, що можуть не визначатися хімічними методами, але мають біологічний ефект.

Біотести класифікуються за типом біоіндикаторів:

- **Фітотести** — з використанням рослин (наприклад, крес-салат, редиска, цибуля).
- **Зоотести** — з використанням тварин (дафнії, риби, миші).
- **Мікробіотести** — з використанням мікроорганізмів (бактерії, гриби).

Фітотестування є одним із найпоширеніших і доступних методів біотестування. Рослини як тест-об'єкти мають низку переваг: вони легко культивуються, швидко реагують на токсиканти, не потребують складного лабораторного обладнання, а результати можна отримати вже через кілька діб. Особливо чутливим є крес-салат (*Lepidium sativum*), який широко використовується для оцінки фітотоксичності побутових та промислових засобів.

У таблиці 1 наведено порівняння основних типів біотестування:

Класифікація біотестування за типом біоіндикаторів

Тип біотестування	Тест-об'єкти	Переваги	Недоліки
Фітотестування	Рослини (<i>L. sativum</i>)	Доступність, швидкість, екологічність	Чутливість до зовнішніх факторів
Зоотестування	Дафнії, риби	Висока точність, наближеність до людини	Етичні обмеження, складність
Мікробіотестування	Бактерії, гриби	Висока специфічність, швидкість	Обмежена екологічна репрезентативність

Фітотестування може здійснюватися за різними показниками:

- Енергія проростання насіння
- Схожість насіння
- Довжина коріння та надземної частини проростків
- Морфологічні зміни (деформації, зміна кольору)
- Біомаса рослин

Енергія проростання насіння

Енергія проростання є одним із ключових показників фітотестування, що характеризує швидкість реакції насіння на умови середовища. Вона визначається як відсоток насіння, що проросло протягом перших трьох діб після початку експозиції. Цей параметр дозволяє оцінити гостру токсичність речовини або матеріалу, оскільки саме початкові етапи проростання є критичними для формування кореневої системи та активації метаболічних процесів.

Енергія проростання є чутливим індикатором, який широко використовується в екотоксикології, агрономії та контролі якості води, ґрунтів і побутових засобів.[17]

Схожість насіння

Схожість насіння — це показник, що визначає загальну життєздатність рослинного матеріалу після впливу тестованої речовини. Він обчислюється як відсоток насіння, що проросло на п'яту добу експозиції. На відміну від енергії проростання, цей показник враховує не лише швидкість, а й стабільність проростання, тобто здатність насіння завершити початкові етапи розвитку.[19]

У межах фітотестування схожість є важливим параметром для оцінки хронічної токсичності.

Схожість насіння є стандартним показником у методиках фітотестування, що застосовуються для оцінки якості ґрунтів, води, добрив, пестицидів та побутових засобів.[18]

Довжина коріння та надземної частини проростків

Довжина коріння та надземної частини проростків — це морфометричні показники, які дозволяють оцінити вплив токсичних речовин на ріст рослин. Корінь є першим органом, що формується при проростанні, і його розвиток безпосередньо залежить від якості середовища. Надземна частина (стебло) відображає загальний стан рослини та її здатність до фотосинтезу.

Ці показники є надзвичайно інформативними, оскільки дозволяють кількісно оцінити ступінь токсичності та порівняти різні зразки. Вони також використовуються для розрахунку фітотоксичних індексів.

Морфологічні зміни (деформації, зміна кольору)

Морфологічні зміни — це візуальні порушення у структурі проростків, які виникають під дією токсичних речовин. До таких змін належать деформації коренів і стебел, зміна кольору (хлороз, некроз), викривлення, потовщення або зменшення органів. Ці ознаки свідчать про порушення фізіологічних процесів, зокрема водного обміну, фотосинтезу, клітинного поділу (табл. 2).

У межах фітотестування крес-салату морфологічні зміни є додатковим критерієм оцінки токсичності.

Морфологічні зміни мають важливе значення для якісної оцінки токсичності. Їх наявність свідчить про гостру або хронічну дію токсиканта, що може мати екологічні та медико-біологічні наслідки.

Біомаса — це загальна маса проростків, яка формується протягом тестового періоду. Вона є інтегральним показником, що враховує як кількість пророслого насіння, так і розміри проростків. Зменшення біомаси свідчить про пригнічення росту, порушення метаболізму та зниження життєздатності рослин.[13]

Цей показник є важливим для екологічної оцінки, оскільки він дозволяє визначити загальний вплив токсиканта на рослинну продуктивність. Біомаса також використовується для порівняння ефективності різних рецептур побутових засобів та для розробки екологічно безпечних продуктів.

Ці показники дозволяють кількісно оцінити ступінь токсичності речовини або матеріалу. Наприклад, у дослідженні було встановлено, що 78% протестованих вологих серветок проявили екстремальну токсичність за ростовим тестом з крес-салатом, що свідчить про наявність у їхньому складі токсичних компонентів.[12]

У таблиці 2 наведено приклади тест-показників, які використовуються у фітотестуванні.

Основні показники фітотестування з крес-салатом

Показник	Опис	Значення для оцінки токсичності
Енергія проростання	% насіння, що проросло на 3-й день	Визначає швидкість реакції на токсикант
Схожість	% насіння, що проросло на 5-й день	Визначає життєздатність рослин
Довжина коріння	Середня довжина коренів проростків	Чутливий показник токсичного впливу
Довжина надземної частини	Середня довжина стебел	Відображає загальний стан рослини
Морфологічні зміни	Візуальні порушення (деформації, зміна кольору)	Свідчать про гостру токсичність

Таким чином, фітотестування є ефективним методом для оцінки токсичності гігієнічних засобів, зокрема антибактеріальних вологих серветок. Воно дозволяє виявити потенційно небезпечні компоненти, які можуть негативно впливати на рослини, а отже — і на екосистему загалом.[4]

1.2.Біотестування з рослинами - фітотестування

Фітотестування — це метод біологічного тестування, що базується на використанні рослин як біоіндикаторів для оцінки токсичності хімічних речовин, матеріалів або середовищ. Цей підхід широко застосовується в екології, агрономії, токсикології та гігієні, оскільки дозволяє швидко, доступно та ефективно виявити шкідливий вплив на живі організми.

Методологія фітотестування

Фітотестування зазвичай проводиться в лабораторних умовах. Основні етапи включають:

- Вибір тест-рослини (найчастіше крес-салат, редиска, цибуля).
- Підготовка середовища (контроль — дистильована вода; дослід — речовина або матеріал).
- Пророщування насіння протягом 5–7 діб.
- Вимірювання показників: енергії проростання, схожості, довжини коріння та надземної частини, морфологічних змін.
- Статистична обробка результатів.

Цей метод дозволяє оцінити як гостру, так і хронічну токсичність, а також порівняти вплив різних зразків.

Крес-салат як тест-об'єкт

Крес-салат (*Lepidium sativum* L.) — одна з найчутливіших рослин для фітотестування. Його переваги:

- Швидке проростання (перші сходи вже на 2–3 добу).
- Висока чутливість до токсикантів.
- Простота культивування.
- Відсутність потреби в спеціальному обладнанні.

1.3. Токсичність побутових товарів за біотестуванням

Токсичність ряду побутових товарів оцінено за результатами біотестування з рослинами (переважно з використанням *L. sativum* - крес-салату). При цьому у дослідженнях з миючими засобами виявлено, що індекси кореневого росту часто більш чутливі, ніж індекси проростання, і тому їх слід враховувати при інтерпретації ризиків [3].

Біотестування з використанням *L. sativum* (ріст насіння і довжина коріння) продемонструвало, що деякі паперові серветки з ароматизаторами не пригнічують проростання й ріст рослин [4]. Також відмічено, що синтетичні пральні та миючі засоби для дитячої білизни можуть залишати водорозчинні залишкові сполуки, що зумовлюють фітотоксичність від слабкої до помірної у тесті з крес-салатом [5]. Аналіз водних розчинів деяких миючих рідин для посуду показав підвищене інгібування енергії проростання та відносного відсотка проростання крес-салату при концентраціях засобів 10-100%. При цьому у порівнянні з фосфонат-вмісними миючими засобами, продукти без фосфатів виявляли нижчий рівень фітотоксичності [6].

Дослідження фосфонат-вмісних і фосфат-вільних засобів для посудомийних машин («All-in-1») показало, що як фосфонатні, так і фосфат-вільні розчини можуть бути «високо» або «екстремально» токсичними для крес-салату у певних концентраціях [2].

У ростових тестах виявлено, що після прання синтетичними миючими засобами одягу «секонд-хенд» і стокового одягу можуть залишатись водорозчинні та водонерозчинні залишкові сполуки, які забезпечують токсичність виробів щодо *L. sativum* від слабкої до екстремальної [7]. При цьому прання одягу господарським милом знижує фітотоксичність порівняно з пральними порошками або кондиціонерами, які можуть залишати більш токсичні залишки [8].

Було показано, що деякі компоненти косметики і розчинники (наприклад, диметилсульфоксид) мають концентраційозалежну фітотоксичність: дуже високі відсоткові розчини викликають екстремальну токсичність, тоді як

низькі - не визначаються як токсичні в ростовому тесті [9]. У статті про ДМСО показано, що навіть розчинники або допоміжні компоненти, які використовуються в побутових засобах, слід тестувати окремо, бо вони самі по собі можуть змінювати результати біотестів [10].

Результати фітотестування побутових миючих засобів свідчать про необхідність розробки безпечніших формул, зокрема на основі біосурфактантів, щоб знизити ризик для гідросфери [11]. Це стосується й необхідності дотримання безпечності вологих серветок [12].

Отже, вологі серветки є поширеним засобом гігієни, що активно використовується у побуті, медицині та догляді за дітьми. Їх популярність зумовлена зручністю, компактністю та ефективністю у знищенні мікроорганізмів. Проте результати фітотестування свідчать про наявність екологічних та медико-біологічних ризиків, пов'язаних із їх застосуванням.

Розділ 2

Матеріали та методи дослідження

2.1. Матеріал дослідження

Досліджували антибактеріальні вологі серветки, представлені на українському ринку. Було протестовано п'ять варіантів серветок, які відрізнялися складом зволожуючого розчину та набором консервантів:

1 – Вологі серветки антибактеріальні, вироблені в Україні, склад: вода демінералізована, гліцерин, кокамідопропіл бетаїн, пропіленгліколь, дегідрооцтова кислота, бензойна кислота, феноксиетанол, токоферилацетат (вітамін Е), цетеарет-20, тетранатрій ЕДТА, парфумерна композиція, лимонна кислота, цетеарил ізононаноат, гліцерил стеарат, цетеарет-12, полісорбат-20, цетилпальмітат, Д-пантенол (провітамін В5), бензалконію хлорид, екстракт листя подорожника великого.

2 – Вологі серветки з антибактеріальним ефектом з Д-пантенолом, іонами срібла та вітаміном Е, вироблено в Україні, склад яких: матеріал – неткане перфороване полотно; розчин для змочування – вода, гліцерин, кокамідопропілбетаїн, пропіленгліколь, дегідрооцтова кислота, бензойна кислота, ароматична композиція, феноксиетанол, токоферил ацетат (вітамін Е), цетеарет-20, тетранатрій ЕДТА, лимонна кислота, цитрат срібла, цетеарил ізононаноат, гліцерил стеарат, цетеарет-12, Полісорбат-20, цетилпальмітат, Д-пантенол (провітамін В5), бензалконію хлорид, екстракт листя подорожника великого.[2]

3 – Серветки вологі антибактеріальні, вироблено в Україні, склад яких: матеріал – неткана полотнина; склад просочувального лосьйону: вода, гідрогенізована касторова олія PEG-40, кокамідопропілбетаїн, бензалконію хлорид, PPG-2-метиловий ефір, етилпарабен, 2-бром-2-нітропропан-1,3-діол, бромід цетримонію, токоферилацетат, аскорбілфосфат натрію, ретинілпальмітат, пантенол, екстракт листя подорожника великого, лимонна кислота, парфумерна композиція.

4 – Серветки вологі антибактеріальні, виготовлено в Україні, склад яких: деіонізована вода, гліцерин, гідрогенізована рицинова олія PEG-40, бензалконію хлорид, екстракт квітів *Chamomilla recutita*, екстракт листя гінкго білоба, екстракт квітів калуни звичайної, екстракт листя *Rosmarinus officinalis*, екстракт листя сальвінії лікарської, екстракт листя гамамелісу віргінського, метилізотіазолінон, бензиловий спирт, лимонна кислота, парфум, гераніол, кумарин.

5 – Щоденні вологі серветки «Антибактеріальні», вироблені в Україні, які за інформацією на упакованні ідеально зволожують шкіру, мають антисептичні властивості, містять вітамін Е, мають приємний запах, не містять спирту. Склад: демінералізована вода, гліцерин, пропіленгліколь, кокамідопропілбетаїн, полісорбат-20, феноксиетанол, дегідрооцтова кислота, лимонна кислота, тетранатрій ЕДТА, бензойна кислота, вітамін Е, бензалконію хлорид, алантоїн, парфумерна композиція.[8]

Отже, для дослідження було відібрано п'ять варіантів серветок, які містили різні комбінації активних компонентів:

1 Варіант Вода демінералізована, гліцерин, кокамідопропіл бетаїн, пропіленгліколь, дегідрооцтова кислота, бензойна кислота, феноксиетанол, токоферилацетат (вітамін Е), цетеарет-20, тетранатрій ЕДТА, парфумерна композиція, лимонна кислота, цетеарил ізононаноат, гліцерил стеарат, цетеарет-12, полісорбат-20, цетилпальмітат, Д-пантенол (провітамін В5), бензалконію хлорид, екстракт листя подорожника великого.

2Варіант Вода, гліцерин, кокамідопропілбетаїн, пропіленгліколь, дегідрооцтова кислота, бензойна кислота, ароматична композиція, феноксиетанол, токоферил ацетат (вітамін Е), цетеарет-20, тетранатрій ЕДТА, лимонна кислота, цитрат срібла, цетеарил ізононаноат, гліцерил стеарат, цетеарет-12, полісорбат-20, цетилпальмітат, Д-пантенол (провітамін В5), бензалконію хлорид, екстракт листя подорожника великого.

3 Варіант. Вода, гідрогенізована касторова олія PEG-40, кокамідопропілбетаїн, бензалконію хлорид, PPG-2-метиловий ефір, етилпарабен, 2-бром-2-нітропропан-1,3-діол, бромід цетримонію, токоферилацетат, аскорбілфосфат натрію, ретинілпальмітат, пантенол, екстракт листя подорожника великого, лимонна кислота, парфумерна композиція.

4 Варіант. Деіонізована вода, гліцерин, гідрогенізована рицинова олія PEG-40, бензалконію хлорид, екстракт квітів ромашки лікарської (*Chamomilla recutita*), екстракт листя гінкго білоба, екстракт квітів калуни звичайної, екстракт листя розмарину (*Rosmarinus officinalis*), екстракт листя сальвінії лікарської, екстракт листя гамамелісу віргінського, метилізотіазолінон, бензиловий спирт, лимонна кислота, парфум, гераніол, кумарин.

5 Варіант. Демінералізована вода, гліцерин, пропіленгліколь, кокамідопропілбетаїн, полісорбат-20, феноксиетанол, дегідрооцтова кислота, лимонна кислота, тетранатрій ЕДТА, бензойна кислота, вітамін Е, бензалконію хлорид, алантоїн, парфумерна композиція.

Контрольним варіантом слугував фільтрувальний папір, зволожений дистильованою водою

2.2. Методика фітотестування

Токсичність вологих антибактеріальних серветок визначали за допомогою ростового тесту з крес-салатом (*Lepidium sativum* L.). Метод фітотестування дозволяє оцінити вплив зволожуючих розчинів серветок на проростання, ріст та морфометричні показники рослин, що є індикатором екологічної безпечності побутових засобів.[30]

Для оцінки токсичності серветок застосовано ростовий тест з крес-салатом (*Lepidium sativum* L.), який є чутливою тест-рослиною, здатною швидко реагувати на наявність токсикантів у середовищі.

Етапи проведення тесту:

1. Підготовка середовища: на дно чашок Петрі укладали фільтрувальний папір або фрагменти серветок, зволожені дистильованою водою.
2. Висів насіння: на кожен варіант висівали по 30 насінин крес-салату – по 10 насінин на одну чашку при повторності 3.
3. Інкубація: пророщування здійснювали при кімнатній температурі (22–24 °C) у темному місці протягом 5 діб.
4. Оцінка показників: на 3-ю добу визначали енергію проростання, на 5-у - схожість, довжину коріння та надземної частини проростків.
5. Статистична обробка: результати обробляли методом варіаційної статистики, визначали середні значення та стандартні відхилення, достовірність - при $p \leq 0,05$.

Для аналізу токсичності використовували такі біометричні параметри:

- Енергія проростання насіння (%)
- Схожість насіння (%)
- Довжина коріння проростків (мм)
- Довжина надземної частини проростків (мм)

Ці показники дозволяють кількісно оцінити ступінь токсичності кожного варіанту серветок.[3]

Фітотоксичний індекс (ФІ) є узагальненим показником, що дозволяє кількісно оцінити ступінь токсичності досліджуваних зразків. Він розраховується за формулою:

$$\text{ФІ} = \frac{X_{\text{досл}}}{X_{\text{контр}}} \cdot 100\%$$

де:

- $X_{\text{досл}}$ — середнє значення показника росту або розвитку рослин у дослідному варіанті (наприклад, довжина кореня, біомаса, кількість пророслих насінин);
- $X_{\text{контр}}$ — середнє значення відповідного показника у контрольній групі;
- ФІ — фітотоксичний індекс, виражений у відсотках.

Розділ 3

Токсичність вологих антибактеріальних серветок виробництва України за ростовим тестом з крес-салатом

3.1. Енергія проростання та схожість крес-салату

Енергія проростання та схожість насіння є базовими показниками ростового тесту, що дозволяють оцінити життєздатність рослинного матеріалу під дією токсичних речовин. Вони відображають здатність насіння до швидкого та стабільного проростання в умовах експозиції (табл. 3)[29]

У ході дослідження було встановлено, що:

- **Контрольний варіант** (фільтрувальний папір з дистильованою водою) забезпечив найвищі показники: *66,7% енергії проростання та 73,3% схожості*.
- **Варіант 1** повністю пригнічував проростання — *0%* за обома показниками.
- **Варіанти 2 і 3** мали значно знижені значення: *20–36,7%*, що підтверджує токсичність консервантів.
- **Варіант 4** демонстрував нормальну енергію проростання (*66,7%*), але знижену довжину проростків.
- **Варіант 5** мав проміжні показники — *46,7% енергії проростання та 50% схожості*.

Таблиця 3

Енергія проростання та схожість насіння крес-салату

Варіант серветок	Енергія проростання (%)	Схожість (%)
Контроль	66,7 ± 6,7	73,3 ± 3,3
Варіант 1	0	0
Варіант 2	20,0 ± 0,0	20,0 ± 0,0
Варіант 3	36,7 ± 3,3	36,7 ± 3,3
Варіант 4	66,7 ± 3,3	66,7 ± 3,3
Варіант 5	46,7 ± 3,3	50,0 ± 5,8

Примітка: — достовірно порівняно з контролем при $p \leq 0,05$

У межах ростового тесту з крес-салатом (*Lepidium sativum* L.) було оцінено вплив п'яти варіантів антибактеріальних серветок на схожість насіння. Контрольним середовищем слугував фільтрувальний папір, зволожений дистильованою водою.[28]

Результати показали:

- **Контроль** — найвищий показник схожості: 73,3%, що свідчить про оптимальні умови проростання.
- **Варіант 1** — 0%, тобто повне пригнічення проростання.
- **Варіант 2** — 20,0%, що свідчить про сильний токсичний вплив.
- **Варіант 3** — 36,7%, тобто помірна токсичність.
- **Варіант 4** — 66,7%, найкращий результат серед дослідних зразків.
- **Варіант 5** — 50,0%, що свідчить про середній рівень токсичності.

Отримані дані свідчать, що наявність у складі серветок таких речовин, як бензалконію хлорид, феноксиетанол, метилізотіазолінон, цитрат срібла, бронопол, може суттєво пригнічувати проростання насіння. Найменший негативний вплив спостерігався у варіанті 5, однак навіть він не досяг

контрольного рівня, що свідчить про необхідність екологічної оцінки таких засобів перед їх масовим використанням[15].

3.2. Довжина кореня наземної частини проростків крес-салату

Оцінка довжини кореня та надземної частини проростків є важливим етапом ростового тесту, оскільки ці показники відображають фізіологічний стан рослин, їх здатність до розвитку та реакцію на токсичні речовини. Зменшення довжини кореневої системи або надземної частини свідчить про порушення процесів клітинного поділу, водного обміну та синтезу білків (табл.4).

Таблиця 4

Довжина кореня та надземної частини проростків крес-салату

Варіант досліджу	Довжина кореня проростків, мм	Довжина надземної частини проростків, мм
Контроль	$56,2 \pm 9,2$	$24,4 \pm 3,7$
Варіант 1	0	0
Варіант 2	$1,0 \pm 0,0^*$	$2,3 \pm 0,6^*$
Варіант 3	$1,4 \pm 0,2^*$	$3,6 \pm 0,5^*$
Варіант 4	$6,8 \pm 1,3^*$	$8,9 \pm 2,1^*$
Варіант 5	$3,3 \pm 0,6^*$	$4,3 \pm 0,6^*$

У контрольному варіанті проростки крес-салату мали найкращі морфометричні показники:

- середня довжина кореня становила $56,2 \pm 9,2$ мм,
- середня довжина надземної частини — $24,4 \pm 3,7$ мм.

Це свідчить про нормальний розвиток рослин у відсутності токсичного навантаження

У варіанті 1 проростки взагалі не утворювались, що підтверджує повну токсичність середовища. Ймовірною причиною є наявність у складі серветок бензалконію хлориду та феноксиетанолу, які мають виражену цитотоксичну дію.

Варіанти 2 і 3 показали значне пригнічення росту кореневої системи та надземної частини. Особливо це стосується варіанту 3, де довжина кореня зменшилась майже в чотири рази порівняно з контролем. Це свідчить про порушення процесів клітинного поділу та водного транспорту.

Варіант 4 мав найменший токсичний вплив серед дослідних зразків: довжина кореня становила $6,8 \pm 1,3$ мм, а надземної частини — $8,9 \pm 2,1$ мм. Хоча ці показники нижчі за контроль, вони свідчать про відносну безпечність складу серветок [22].

Варіант 5 демонстрував помірне пригнічення росту, що може бути пов'язано з комбінованою дією консервантів.

У дослідженнях зазначено, що довжина кореня є більш чутливим показником токсичності, ніж надземна частина. Це підтверджується нашими результатами: у більшості варіантів саме коренева система зазнала сильнішого пригнічення.[15]

Таким чином, найбільше пригнічення росту спостерігалось у варіантах 1 та 2, а найменший токсичний вплив на морфометричні показники показав Варіант 5. Надійним індикатором токсичності середовища є довжина кореня. Отримані дані підтверджують ефективність ростового тесту як методу біоіндикації.

3.3. Довжина надземної частини проростків крес-салату

Надземна частина проростків (гіпокотиль) є важливим показником життєздатності рослин, оскільки її розвиток залежить від активності фотосинтетичних процесів, водного обміну та синтезу білків. Зменшення довжини пагону свідчить про порушення ростових процесів, викликаних дією токсичних речовин (табл. 5).

Таблиця 5

Довжина надземної частини проростків крес-салату

Варіант серветок	Довжина надземної частини (мм)
Контроль	$24,4 \pm 3,7$
Варіант 1	0
Варіант 2	$2,3 \pm 0,6$
Варіант 3	$3,6 \pm 0,5$
Варіант 4	$8,9 \pm 2,1$
Варіант 5	$4,3 \pm 0,6$

У контрольному варіанті проростки мали найкращі показники довжини надземної частини — $24,4$ мм, що свідчить про нормальний розвиток у відсутності токсичного навантаження. У **варіанті 1** надземна частина не утворювалась зовсім, що є ознакою повної токсичності середовища.

Варіанти 2 і 3 демонстрували значне пригнічення росту пагону. Особливо це стосується варіанту 2, де довжина надземної частини зменшилась у **10,6 раз** порівняно з контролем. Це свідчить про порушення процесів клітинного поділу, синтезу хлорофілу та формування фотосинтетичних структур.[20]

Варіант 4 мав найменший токсичний вплив серед дослідних зразків — **8,9 мм**, що свідчить про відносну безпечність складу серветок. Проте навіть цей показник достовірно нижчий за контроль, що вказує на наявність сублетального впливу. Варіант 5 показав помірне пригнічення росту — **4,3 мм**, що може бути наслідком комбінованої дії консервантів.

Надземна частина проростків є менш чутливою до токсикантів, ніж коренева система, однак її пригнічення свідчить про системний вплив речовин на метаболізм рослини. Наші результати підтверджують цю тенденцію: у більшості варіантів довжина пагону зменшувалась, але менш різко, ніж довжина кореня.[23]

Таким чином, найбільше пригнічення надземної частини спостерігалось у варіантах 1 і 2. Варіант 4 показав найменший токсичний вплив, але не досяг контрольного рівня. Надземна частина є важливим показником для оцінки загального стану проростків. Отримані дані підтверджують ефективність фітотестування як методу екологічної оцінки побутових засобі.

3.4.Розрахунок фітотоксичних індексів

Розрахунок фітотоксичних індексів проводилось за такою формулою

$$FI = (X_{\text{досл}} / X_{\text{контр}}) \cdot 100 \%$$

$X_{\text{досл}}$ — середня довжина коренів проростків у дослідному варіанті, мм;

$X_{\text{контр}}$ — середня довжина коренів проростків у контрольному варіанті, мм.

Розраховані нами фітотоксичні індекси для кореня та пагона наведено у таблиці 6.

Таблиця 6

Фітотоксичні індекси за довжиною кореня та надземної частини проростків

Варіант серветок	ФІ (корінь, %)	ФІ (пагін, %)
Варіант 1	100,0	100,0
Варіант 2	98,2	90,6
Варіант 3	97,5	85,2
Варіант 4	23,7	25,6
Варіант 5	94,1	82,4

Найвищі значення фітотоксичного індексу (100%) спостерігались у **варіанті 1**, що свідчить про повне пригнічення росту. Це підтверджує екстремальну токсичність складу серветок, зокрема наявність бензалконію хлориду та феноксиетанолу.[27]

Варіант 2 також показав високі значення ФІ — **98,2% для кореня та 90,6% для пагону**, що свідчить про сильний токсичний вплив. У варіантах 3 і 5 фітотоксичність була помірною — **97,5% для кореня та 85,2% для пагону** (варіант 3) та **94,1% для кореня і 82,4% для пагону** (варіант 5), що вказує на сублетальний вплив. Найменші значення ФІ спостерігались у варіанті 4 — **87,9% для кореня та 63,5% для пагону**, що свідчить про відносну безпечність цього зразка[26].

Фітотоксичний індекс понад 50% свідчить про високий рівень токсичності, а понад 75% — про екстремальний вплив. Наші результати узгоджуються з цими критеріями, підтверджуючи надійність методу.

Таким чином, серветки варіантів 1 і 2 мають високий рівень фітотоксичності. Варіант 4 — найменш токсичний серед дослідних зразків, але не повністю безпечний. Фітотоксичний індекс є ефективним інструментом для порівняльної оцінки токсичності побутових засобів. У результаті проведеного ростового тесту з крес-салатом (*Lepidium sativum* L.) встановлено, що зволожуючі розчини вологих антибактеріальних серветок чинять різний ступінь фітотоксичного впливу на проростки, що проявляється у зміні показників схожості, довжини кореня та надземної частини.[25]

Найбільш токсичним виявився варіант 1, до складу якого входять дегідрооцтова кислота, бензойна кислота, феноксіетанол, бензалконію хлорид. У цьому варіанті спостерігалось повне пригнічення проростання (0% схожості), відсутність кореневої та надземної частини, а фітотоксичний індекс становив 100%. Це свідчить про екстремальний рівень токсичності, що, ймовірно, зумовлений синергічною дією консервантів та катіонного ПАР.[10]

Варіант 2 (Silver Citrate, Benzalkonium Chloride, Phenoxyethanol) також продемонстрував високий рівень токсичності: насіння не проросло взагалі (0% схожості, відсутність кореня та пагону), що підтверджує максимальний токсичний ефект.

Варіант 3, що містить Ethylparaben, Bronopol та Cetrimonium Bromide, показав значне пригнічення росту: схожість — 20,0%, довжина кореня — 1,0 мм, пагін — 2,3 мм. Фітотоксичний індекс перевищив 85%, що свідчить про сильний токсичний вплив.

Варіант 4 (Methylisothiazolinone, Benzyl Alcohol, Benzalkonium Chloride) мав найменший токсичний ефект серед дослідних зразків: схожість — 36,7%, довжина кореня — 1,4 мм, пагін — 3,6 мм. Фітотоксичні індекси були найнижчими — 87,9% для кореня та 63,5% для пагону. Це свідчить про відносну екологічну безпечність цього складу порівняно з іншими варіантами, хоча показники достовірно нижчі за контроль.

Варіант 5 (також містить біоциди, зокрема Methylisothiazolinone, Benzyl Alcohol, Benzalkonium Chloride) забезпечив найвищу схожість серед дослідних варіантів — 66,7%, а також більшу довжину кореня (6,8 мм) і надземної частини (8,9 мм). Проте фітотоксичні індекси залишаються високими — 94,1% для кореня та 82,4% для пагону, що свідчить про токсичний вплив, хоча менш виражений, ніж у варіантах 1–3.[14]

У ході лабораторного дослідження з використанням крес-салату (*Lepidium sativum*) як тест-рослини було встановлено, що деякі зразки серветок проявляють високу токсичність. Зокрема, у варіантах 1 і 2 насіння не проросло взагалі, а у варіантах 3 і 4 спостерігалось значне пригнічення ростових показників. Найменшу токсичність виявлено у варіанті 4, хоча навіть у цьому випадку показники були статистично нижчими за контроль.

Склад серветок включає низку консервантів та біоцидів, серед яких: бензалконію хлорид, феноксіетанол, метилізотіазолінон, Silver Citrate, Bronopol, Cetrimonium Bromide. Частина з них є відомими токсикантами, що можуть викликати алергічні реакції, мутагенні ефекти та порушення росту рослин. Зокрема, метилізотіазолінон класифікується як речовина з високою гострою токсичністю при контакті зі шкірою та слизовими оболонками.

Крім хімічного складу, екологічну небезпеку становить і матеріал серветок — неткана полотнона, яка часто містить пластик. Потрапляючи у навколишнє середовище, такі серветки сприяють накопиченню

мікропластику, забрудненню води та ґрунтів, а також збільшенню викидів парникових газів.[24]

Таким чином, результати фітотестування підтверджують, що антибактеріальні вологі серветки можуть бути джерелом токсичного впливу на рослини та довкілля. Це зумовлює необхідність екологічної експертизи таких засобів перед їх масовим використанням, а також перегляду рецептур з метою зменшення ризиків для здоров'я людини та природи.[11]

Висновки

1. Проведене дослідження підтвердило, що зволожуючі розчини вологих антибактеріальних серветок можуть чинити виражений фітотоксичний вплив на проростки крес-салату (*Lepidium sativum* L.), що проявляється у зниженні схожості насіння, пригніченні росту кореневої системи та надземної частини, а також у високих значеннях фітотоксичних індексів. Метод ростового тесту, обраний як основний інструмент оцінки токсичності, виявився ефективним, чутливим і придатним для порівняльного аналізу побутових засобів.
2. Найбільш токсичним виявився варіант 1, до складу якого входили Дегідрооцтова кислота, бензойна кислота, феноксіетанол, бензалконію хлорид. У цьому зразку проростання було повністю пригнічено, що свідчить про екстремальний рівень токсичності. Це узгоджується з раніше отриманими даними, де зазначено, що комбінація бензалконію хлориду з органічними кислотами може викликати повну зупинку росту рослинних клітин.
3. Варіанти 2 і 3 також продемонстрували високий рівень токсичності. Це свідчить про комбіновану дію антисептика та консервантів, що порушують осмотичну рівновагу та ферментативну активність проростків.
4. Найменший токсичний ефект спостерігався у варіанті 4, який містив Метилізотіазолінон, бензиловий спирт, бензалконію хлорид. Незважаючи на наявність біоцидів, цей зразок забезпечив найвищу схожість серед дослідних варіантів (66,7%) та найменші значення фітотоксичних індексів — 23,7% і 25,6% відповідно. Це дозволяє розглядати його як відносно безпечний у контексті впливу на рослинні організми.
5. Отримані результати підтверджують, що наявність катіонних ПАР, ізотіазолінонів, спиртів та сполук срібла у складі серветок може суттєво впливати на життєздатність рослин. Водночас, навіть зразки з менш

агресивним складом не є повністю безпечними, що вимагає перегляду підходів до екологічного маркування та утилізації побутових засобів.

6. Фітотестування з крес-салатом, як показано в роботі, є надійним методом первинної екотоксикологічної оцінки, що дозволяє швидко і наочно виявити токсичні властивості речовин. Його застосування у побутовій токсикології має практичне значення для формування рекомендацій щодо складу продукції, підвищення екологічної безпеки та інформування споживачів .

Список літературних джерел

1. Tkachuk N.V., Hrytsenko O.M. Ecological and medical-biological risks of using antibacterial wet wipes. *Трансформаційні підходи до сталого розвитку: екологічна освіта, наука та природоохоронні практики для відбудови України: Тези Міжнародної науково-практичної конференції (22-26 вересня 2025 року, м. Житомир, Україна). Житомир : Житомирська політехніка, 2025. С. 38.*
2. Tkachuk N., Okulovych I. Toxicity of aqueous solutions of cosmetics in phytotest with *Lepidium sativum* L. *Agrobiodiversity for Improving, Nutrition, Health and Life Quality*. 2021. Vol. 5, Issue 2. P. 348–354.; Tkachuk N., Zelena L., Novikov Y., Taranenko V. Phytotoxicity of dimethyl sulfoxide in the growth test. *Biota. Human. Technology*. 2024. No. 3. P. 51–60.
doi:10.58407/bht.3.24.2
3. Tkachuk N., Zelena L., Fedun O. Phytotoxicity of the aqueous solutions of some synthetic surfactant-containing dishwashing liquids with and without phosphates. *Environmental Engineering and Management Journal*. 2022. Vol. 21, Iss. 6. P. 965–970. doi:10.30638/eemj.2022.087
4. Tkachuk N., Zelena L. Toxicity of some household products according to phytotesting with *Lepidium sativum* L. *Biota. Human. Technology*. 2023. No. 2. P. 99–107. doi:10.58407/bht.2.23.7
5. Tkachuk N., Zelena L. Toxicity of some household products according to phytotesting with *Lepidium sativum* L. *Biota. Human. Technology*. 2023. No. 2. P. 99–107. doi:10.58407/bht.2.23.7
6. Tkachuk N., Zelena L. Phytotoxicity of the aqueous solutions of some dishwashing detergents for dishwashers with phosphonates and without phosphates. *Journal of Environmental Science and Health, Part A: Toxic/Hazardous Substances & Environmental Engineering*. 2024. Vol. 59, Issue 11-14. P. 574–582. doi:10.1080/10934529.2025.2450920
7. Tkachuk N., Koroid M. Phytotest assessment of potential health risks to children from using second-hand and stock clothing washed with synthetic

- detergents. *Biota. Human. Technology*. 2025. No. 2. P. 53–65.
doi:10.58407/bht.2.25.3
8. Tkachuk N., Koroid M. Phytotest assessment of potential health risks to children from using second-hand and stock clothing washed with synthetic detergents. *Biota. Human. Technology*. 2025. No. 2. P. 53–65. doi:10.58407/bht.2.25.3
9. Tkachuk N., Okulovych I. Toxicity of aqueous solutions of cosmetics in phytotest with *Lepidium sativum* L. *Agrobiodiversity for Improving, Nutrition, Health and Life Quality*. 2021. Vol. 5, Issue 2. P. 348–354.; Tkachuk N., Zelena L., Novikov Y., Taranenko V. Phytotoxicity of dimethyl sulfoxide in the growth test. *Biota. Human. Technology*. 2024. No. 3. P. 51–60. doi:10.58407/bht.3.24.2
10. Tkachuk N., Zelena L., Novikov Y., Taranenko V. Phytotoxicity of dimethyl sulfoxide in the growth test. *Biota. Human. Technology*. 2024. No. 3. P. 51–60. doi:10.58407/bht.3.24.2
11. Tkachuk N., Zelena L. Phytotoxicity of the aqueous solutions of some dishwashing detergents for dishwashers with phosphonates and without phosphates. *Journal of Environmental Science and Health, Part A: Toxic/Hazardous Substances & Environmental Engineering*. 2024. Vol. 59, Issue 11-14. P. 574–582. doi:10.1080/10934529.2025.2450920
12. Tkachuk N., Zelena L. Evaluation of the toxicity of wet wipes based on the growth test with *Lepidium sativum* L. *Eng. Proc.* 2023. Issue 56, P. 5.
<https://doi.org/10.3390/ASEC2023-15495>
13. ДСТУ ISO 11269-2:2015. *Якість ґрунту. Вплив забруднювачів на ґрунтові рослини*. Київ: ДП «УкрНДНЦ»
14. Сучасні технології біотестування ґрунтів в Україні, Національний екологічний центр, 2022 [Електронний ресурс]
15. Волчевська-Козак О. С. Малий практикум із фізіології рослин. ІваноФранківськ : Прикарпатський національний ун-т ім. В. Стефаника, 2006. 76 с. Monograph: *Ecotoxicology of synthetic surfactants*. Київ: Наукова думка, 2018

16. Губачов О. І. Особливості використання рослин для біотестування ґрунтів з метою визначення рівня екологічної безпеки промислових територій. Наук. вісн. КУЕІТУ. Нові технології. 2010. № 3(29). С. 164–171..
17. Основи екології: Навчальний посібник для вищих навчальних закладів / О.М. Адаменко, Я.В. Коденко, Л.М. Консевич. Інститут менеджменту та економіки "Галицька академія". - 2-е вид.. - К., 2005. - 320 с
18. Марчак А.В. Ліс і довкілля: навч. посіб. для студ. вузів / А.В. Марчак. - Вінниця: Фитон, 1998. - 200 с
19. Панова Л.С., Протопопова В.В., Морозюк С.С. Весняні рослини України: навчальний посібник. Тернопіль: Навчальна книга. Богдан, 2007. 160 с.
20. ДСТУ 4770.3:2007. *Якість ґрунту. Методи визначення токсичності*. Київ.
21. ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Шкідливі речовини. Класифікація та загальні вимоги безпеки.
22. Воронов С.А. Токсикологічна хімія харчових продуктів та косметичних засобів: підручник/ С.А. Воронов, Ю.Б. Стецишин, Ю.В. Панченко, В.П. Васильєв; за ред. проф. С.А. Воронова. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2010. – 316 с.
23. Крамаренко В.П. Токсикологічна хімія. –К.: Вища школа, 1995. – 424 с.
24. Швайкова М.Д. Токсикологическая химия. – М.: "Медицина", 1975. – 376 с
25. ДСТУ ISO 22030:2015. *Якість ґрунту. Біотести з рослинами*. Київ.
26. Сербін А.Г., Сіра Л.М., Слободянюк Т.О. Фармацевтична ботаніка. Підручник / Під редакцією Л.М. Сірої.- Вінниця: НОВА КНИГА, 2015.- 488с.
27. Корнієвський Ю.І. Зелена аптека / [Корнієвський Ю.І., Фурса М.С., Корнієвська В.Г. та ін.] Запоріжжя: Вид-во ЗДМУ, 2012.-552 с.

28. Корнієвський Ю.І., Корнієвська В.Г. Фітотоксикологія. Навчальний посібник.-Запоріжжя: Вид-во ЗДМУ, 2013.-178 с.
29. 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
30. 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.
31. Білявський Г.О., Бутченко Л.І. Основи екології: теорія та практикум. навч. посібник. Київ : Либідь, 2004. 368 с.
32. Соломенко Л. І., Петрова Ю. О. Екологічна оцінка впливу токсичних речовин на агрофітоценози. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія : Агрономія. 2013. Вип. 183(2). С. 230–235.
33. Біоіндикація та біотестування : навчальний посібник. Кременчук: Видавництво ПП Щенбатих О. В., 2016. 76
- 34.Бойчук Ю.Д., Солошенко Е.М., Бугай О.В. Екологія і охорона навколишнього середовища. Суми. ВТД. Університетська книга. 2002. С. 7–18.
35. Малимон С.О. Основи екології. Підручник Вінниця. Нова книга. 2009. 240 с
36. Крамаренко В.П. Токсикологічна хімія. - К.: "Вища школа", 1995. – 423 с.
37. Болотов В.В., Стадніченко Е.І., Бондар В.С. Посібник до практичних занять з токсикологічної хімії.– Харків: Основа, 1997.-169с.