

НУБІП України

НУБІП України

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

06.04 – КМР. 1193 «С». 2022.09.14. 003 ПЗ

НУБІП України

СОСОЙ АСІЇ ОЛЕГІВНИ

НУБІП України

2022

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології

УДК 502.175:661.691

ПОГОДЖЕНО Декан факультету захисту рослин, біотехнологій та екології
ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ Завідувач кафедри екології агросфери та екологічного контролю

_____ Коломієць Ю.В. _____ Наумовська О.І.
(підпис) (підпис)

“ ” 2022 р. “ ” 2022 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему «Оцінка небезпечності Селену (Se) за результатами біотестування»

Спеціальність 101 «Екологія» (код і назва)
Освітня програма «Екологічний контроль та аудит» (назва)
Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

кандидат сільськогосподарських наук, доцент (науковий ступінь та вчене звання) _____ Бондарь В.І. _____
підпис ПІБ
Виконала: _____ Сосой А.О. _____
підпис ПІБ (прізвище та ініціали)

Київ – 2022 р.

РЕФЕРАТ

Дипломна робота: 89 с., рис. – 11, табл. – 21, джерел літератури – 55, на тему дипломної роботи були написані тези на VIII Міжнародну науково-практичну конференцію студентів, аспірантів і молодих вчених «Екологія – філософія існування людства» та на II Всеукраїнську науково-практичну конференцію студентів, аспірантів і молодих вчених «Екологія – виклики сучасності».

Об'єкт дослідження – токсичність селену, вміст цього елемента у різних компонентах навколишнього природного середовища, дефіцит та надлишок.

Предмет дослідження – концентрація селену, вплив на ґрунт, гранично допустимий рівень надходження селену разом з агрохімікатом у ґрунт.

Мета дослідження - вивчити фізико-хімічні властивості селену (Se), його поширення у довкіллі, особливості впливу на живі організми залежно від концентрації методами біотестування.

Актуальність дослідження – добова норма селену, за допомогою біотестування можна визначити вплив селену на ґрунт.

Біотестування – це оцінка впливу хімічних, фізичних чи фізико-хімічних факторів за допомогою дослідів. Селен має особливе місце серед сімнадцяти мікроелементів, що необхідні для життя організму людини, тварини й птиць, та нормального його функціонування. А надлишок чи дефіцит призводить до патологічних наслідків. Селен володіє радіопротекторними властивостями й антиоксидантами.

Ключові слова: БІОТЕСТУВАННЯ, СЕЛЕН, ТОКСИЧНІСТЬ, БІОЛОГІЧНІ ТЕСТ-ФУНКЦІЇ, ФІЗІОЛОГІЧНІ ТЕСТ-ФУНКЦІЇ, ТЕСТ-ОБ'ЄКТИ, НІТРИФІКАЦІЙНА ЗДАТНІСТЬ, ЛІНІЯ ТРЕНДУ.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД.....	8
1.1. Загальні відомості та роль Селену.....	8
1.2. Антропогенні джерела надходження Селену к навколишнє природне середовище.....	11
1.3. Поширення Селену у ґрунтах.....	14
1.4. Поширення Селену у рослинах.....	18
1.5. Особливості впливу Селену на живі організми залежно від концентрації (доз) (дефіцит і надлишок для організму).....	24
1.6. Селен – як фактор профілактики захворювань.....	33
1.7. Принципи і методи біотестування забруднення.....	35
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	43
2.1. Загальні принципи екологічного нормування впливу селену на екосистему за використанням біотестів.....	43
2.2. Методи визначення токсичності селену за впливом на процеси проростання вищих рослин.....	47
2.3. Метод визначення токсичності селену за впливом на проростання насіння салату (<i>Lactuca savita</i> L.).....	50
2.4. Метод визначення токсичності селену за впливом на схожість насіння.....	52
2.5. Метод визначення токсичності селену за гальмівною дією на ріст коренів.....	56
2.6. Метод визначення небезпечності селену за показниками нітрифікації активності ґрунту.....	59
2.7. Метод побудови графіків за допомогою використання лінії тренду.....	63

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ . 65

3.1. Забруднення ґрунту селеном внаслідок застосування агрохімікатів . 65

3.2. Біотестування забруднення ґрунту селеном за використанням інгібіторної дії на N-мінералізацію ґрунту. 67

3.3. Визначення токсичності селену за впливом на проростання насіння крес-салату (*Lactuca sativa* L.) 72

3.4. Порівняння результатів з вмістом Селену у ґрунтах України, прогноз екологічної небезпечності..... 78

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНТАЦІЇ..... 83

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ..... 85

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВСТУП

Актуальність теми. Біотестування – це визначення, за допомогою експериментів, оцінка дослідним шляхом, як впливають фактори (хімічні, фізичні та фізико-хімічні) або групи шкідливих факторів на живі організми шляхом реєстрації змін якогось біологічного показника, який спостерігається в підслідному індикаторі, тобто тест-об'єкті, порівняно з контрольним в умовах, які чітко задані, лабораторних чи стандартних [16,20,37,41].

Об'єкти біотестування бувають:

- водопровідна чи стічні води;
- вода природних водойм;
- водні витяжки з ґрунтів, кормів, відходів та різних виробів;
- хімічні сполуки [16,18,20,41].

Існує сімнадцять елементів, які життєво-необхідні для організму людини, тварин та птахів, та селен серед них займає особливе місце. Цей мікроелемент має цікаву історію, яку Йенс Якоб Берцеліус, шведський хімік, разом із Гоплібом Ганом відкрили у 1817 році. А відкритий селен був в шламах свинцевих камер на сірчанокиислому заводі в Грншхолмі [46].

Дефіцит чи надлишок самого елемента або його сполук може призвести до патологічних випадків різного характеру. А це позиціонується дуже високою потребою для організму елементів-антиоксидантів. Саме через такі випадки багато вчених в останні роки почали приділяти особливу увагу такому мікроелементу, як селен. Він володіє різними властивостями, наприклад такими, як радіопротекторні та антиоксидантні. Цей елемент може сповільнювати процес старіння та підвищувати імунітет. Вчені своїми науковими дослідженнями довели, що селен – есенціальний елемент, а його дефіцитом було пов'язано сімдесят п'ять нозологічних форм, які мали різні наслідки, під цим мається на увазі серцево-судинні та пухлинні захворювання, порушення обміну речовин, а також дисфункцію щитоподібної залози. А саме

це й призводить до скорочення тривалості життя. Такі випадки були виявлені вже в багатьох країнах, та навіть в Україні [36,44].

Можемо сказати, що селен дуже важливий і необхідний елемент для організму. Але й в той же час він може бути небезпечним. Дефіцит цього мікроелементу то є важливий фактор, при якому може бути втрата здоров'я, буде погіршуватись якість життя та підвищуватись ризик різних захворювань.

Часто може траплятися так, що цей токсичний вплив понесе за собою наслідки, які проявляться за декілька поколінь [49].

Мета роботи – вивчити фізико-хімічні властивості селену (Se), його поширення у довкіллі, особливості впливу на живі організми залежно від концентрації методами біотестування.

Предмет дослідження – вміст селену у різних компонентах навколишнього природного середовища, його вплив на живі організми та оцінка небезпечності селену.

Об'єкт дослідження – селен, його вміст у компонентах навколишнього природного середовища, біотести та їх реакція на різні концентрації селену.

Завдання:

- проаналізувати антропогенні джерела надходження селену у навколишнє природне середовище;
- дослідити особливості впливу селену на живі організми залежно від концентрації (доз), (дефіцит і надлишок для організму);
- за використанням методів біотестування встановити небезпечні рівні впливу селену на організми природних екосистем.

РОЗДІЛ 1. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

1.1. Загальні відомості та роль Селену

Селен – це такий елемент, що має наближення до групи найважливіших елементів. Ще до того, як вчені з'ясували значення цього елемента для рослин, його дефіцит проявлявся у тяжких ендемічних захворюваннях людини та тварин на територіях, де низький відсоток селену у ґрунтах [5].

У загальному балансі харчування велике значення має забезпеченість продуктів селеном, що впливає на імунну систему організму. Селен – це унікальний мікроелемент, його наявність є необхідною умовою для

нормальної життєдіяльності організму. Він єдиний елемент, для якого чітко доведена протипухлинна активність. Багатьма дослідженнями доведено, що збільшення виявлення інфарктів, інсультів та онкологічних захворювань

більше ніж у 80% населення зв'язано з низькою забезпеченістю селеном, оскільки добова норма для людини частіше нижче оптимальної, десь 50-200 мкг. Дослідження за потребою людини селену у багатьох країнах світу

визначили добову дозу, яка коливається від 40 до 220 мкг, що залежить від фенотипічних особливостей організму, форми селену, що потрапляє, а також вміст у їжі білків, аскорбінової кислоти та інших вітамінів. Токсична доза

селену для людини складає 4-5 мг/кг живої маси [1,5].

Есенціальність селену для людини встановили ще в середині ХХ століття. Далі її довели також і для організму тварин. В теперішній час

перспективним методом корекції дефіциту цього мікроелементу є отримання збагаченої продукції рослинництва. Головна перевага цього методу – це отримання селену у біологічній зв'язаній формі, що збільшує його доступність

для людини та тварин, також зменшує ризик передозування. Встановлено, що разом з вітамінами А, С, Е та бетакаротином він може блокувати важкі метали, наприклад такі як свинець, ртуть та кадмій, що потрапляють в організм з

забрудненого навколишнього середовища [1,5].

Багато уваги приділяють проблемі нестачі селену у харчуванні скандинавські країни. Показав приклад збагачення селеном NPK-добрив у Фінляндії. Селен – це важлива складова частина протиракових компонентів, що запобігають розвиток серцево-судинних захворювань та поліпшують роботу імунної системи людини. Селен був присутній в раціоні багатьох мешканців Фінляндії в недостатній кількості, через низький вміст у ґрунтах та, відповідно, невисокий вміст в зерні. Для того, щоб вирішити проблему нестачі селену у раціоні та оздоровити населення, уряд Фінляндії реалізував обов'язкову програму збагачення NPK-добрив селеном дозою 16 мг/кг. З 1984

рік по 1985 при використанні добрив з вмістом селену, потреба цього хімічного елемента у Фінляндії збільшилась з 35 до 110 мкг на одну людину [1, 5].

Селен важливий для того, щоб організм рослини повноцінно функціонував, завдяки таким властивостям як:

- зменшення ступеню окисних процесів;
- активний вплив на обмінні процеси;
- покращення адаптаційного потенціалу;
- участь у збільшенні в'язкості цитоплазми та в процесі утримання води;
- бере участь безпосередньо у використанні пероксидів та гідропероксидів мембранних ліпідів;
- сприяє виведенню зниженого метаболізму до нормального рівня

[55].

Селен в останній час нано-Se став частіше привертати увагу вчених тим, що він є високим у своїй біодоступності та низькій токсичності. Якщо порівняти нано-Se з іншими сполуками селену, наприклад такими як метилселеноцистеїн, селеніт натрію та селенометіонін, він не буде збільшувати активність селеноензимів. Тіорексінредуктази, глутатіонпероксидази та ферменти другої фази детоксикації, такі як глутатіон

S-трансфера, буде мати нижчу токсичність. У 7 разів менш токсичний буде наноселен, ніж селеніт натрію у мишей. Зараз вчені продовжують багатогранне вивчення самого наноселену й його властивостей. Також він служить як хіміопротектор зі зменшеним ризиком токсичності. Були досліджені молекулярні механізми елемента в ослабленні гепатоцелюлярної карциноми. Нанокластери селену, що знаходяться на поверхні, можуть бути спроектовані для того, щоб була можливість пригнічувати ріст раку кісток, та сприяти одночасному зростанню нормальної кісткової тканини [36].

Можливий спосіб для того, щоб поліпшити лікування запального процесу у кишечнику – це одночасно вводити силімарин та наноселен. На моделі щурів, де було токсичне ураження печінки, можна було дізнатися, що наноселен, що був отриманий на матриці арабіногалактану, також можливо частково і сам є арабіногалактаном, запобігають тому, щоб відбувався наступ оксидативного стресу, що вимірювали завдяки співвідношенню активності процесів антиоксидантного захисту й ліпопероксидації [36].

Основне джерело надходження селену у воду – це ґрунти. Збагачення селеном викликає зв'язок підземних вод з вулканічними породами, хвостосховищами та родовищами мідного колчедану. Разом з цим і відбувається їх адсорбція глинистими мінералами та особливо оксидами заліза. Максимальна адсорбція Se^{4+} досягається коли $\text{pH} \approx 3,5 - 9,0$. Іони Se^{6+} сильніше поглинаються тоді, коли $\text{pH} \approx 6,0$. Низькі концентрації селену в природних водах будуть пояснюватись сильною адсорбцією іонів глинистими мінералами та гідроксильними оксидами заліза. За інтенсивністю водної міграції селен відносять до групи легкорухомих елементів, наприклад таких як натрій, кальцій тощо. В атмосферному повітрі рівень селену буде коливати між $0,4$ та $2,5$ мкг/м^3 , а в середньому буде дорівнювати $1,26 \pm 0,23$ мкг/м^3 , про що свідчать дані Сучкова. Вулканічна діяльність – це одна з найбільш інтенсивних природних джерел за викидами селену в атмосферу [22,54].

1.2. Антропогенні джерела надходження Селену в навколишнє природне середовище

На всій сфері життя та тваринного світу має вплив антропогенне забруднення повітря. Дані про склад, якість, властивості всіх забруднюючих речовин, які викидаються в атмосферне повітря, в першу чергу необхідні для визначення заходів щодо зниження опромінення від комерційних й промислових операцій та врахування їх при складанні планів розвитку, включаючи планові оцінки захисних систем, екологічне та регіональне планування, а також для короткострокового та довгострокового прогнозу забруднення повітря в містах і, нарешті, для оцінки економічного збитку, спричиненого впливом забруднюючих речовин. Загалом, стан атмосферного повітря оцінений кількісно та якісно, а саме якісними характеристиками можуть служити хімічний склад, структура повітря, токсикологічні та ще інші параметри домішок тощо [19].

Селен, природний елемент, має фізичні й хімічні властивості. Вони є проміжними між неметалами та металами. Мікроелемент, такий як селен, зустрічається у вигляді шести стабільних ізотопів, у природі. Але, слід зазначити, що хоч ^{82}Se і розглядають як стабільний ізотоп, однак він насправді є випромінювачем, який має дуже довгий період напіврозпаду $1,4 \cdot 10^{20}$ років. Своєю хімічною поведінкою селен нагадує сірку. Він так само, як сірка, може існувати в $2-$, 0 , $4+$ та $6+$ ступенях окиснення. В результаті цього, цей елемент може бути в усіх природних матеріалах Землі. А також у ґрунтах, повітрі, гірських породах, воді та рослинних чи тваринних тканинах. У глобальному масштабі селен може постійно потрапляти в навколишнє середовище через морські, наземні або атмосферні системи. Підтверджують, що основним джерелом вивільнення селену в циклі є антропогенна діяльність, в той час як основним природним шляхом є морська система. Дуже значущим є круговорот селену в атмосфері через швидкість транспортування, але наземна система є найважливішою з точки зору здоров'я людей та тварин, через прямі зв'язки з

харчовим ланцюгом та сільськогосподарською діяльністю. Незважаючи на те, що цей мікроелемент було отримано з природних та штучних джерел, розуміння зв'язків між геохімією навколишнього природного середовища та здоров'ям є особливо важким для селену, через те, що гірські породи – це основне джерело елемента в земній системі. Через харчовий ланцюг селен розсіюється за допомогою складних біогеохімічних циклічних процесів, включаючи вивітрювання з утворення ґрунту, взаємодією породи та води, та біологічну активність. В результаті елемент не розподіляється рівномірно по всій планеті, скоріше за все його концентрації помітно відрізняються в залежності від місцевих умов, і розуміння цих варіацій є важливим для полегшення проблем зі здоров'ям, які пов'язані з токсичністю чи дефіцитом селену [6].

У навколишньому середовищі винайдено дві форми селену, такі як: органічна й неорганічна. Частіше у неорганічних формах селен знаходять як селенат, селеніт і селенід, або в елементарному стані. Селенометіонін – це така основна форма органічного селену у природі. А ще також цією формою буває селеноцистеїн. У всьому світі винайшли більше ніж 50 мікромінералів, вони у своєму складі містять селен. Ще його можна знаходити у рудах молібдатних, урановованадієвих, сульфідних, сірчанних або фосфоритних родовищ [47].

Неорганічні сполуки селену поширені по всій земній корі, але в незначних концентраціях. Зазвичай вони супроводжують сполуки сірки, що цілком природно через близькість хімічних властивостей. Мінерали селену дуже рідкісні та представлені селенідами таких металів, як срібло, мідь, нікель та ртуть. Його ізотопний склад досить широкий, від 74 до 82, при цьому переважають ізотопи з масовим числом 80 – це 49,83% та 78 – 23,52% [48].

Перші органічні сполуки цього елемента в природних джерелах, незважаючи на те, що різні медичні чи біологічні сполуки з'явилися раніше, зафіксували у 1973 році. Цими сполуками були білкові речовини, селенопротеїни, які знайшли у всіх типах організмів, а це від найпростіших до

савців. За винятком деяких бактерій, селен у білкових молекулах знаходиться під виглядом селеноцистеїну, який включали в основний ланцюг поліпептидів [48].

Селен головним чином буде надходити в атмосферу з повітряного середовища, різних виробничих приміщень, які мають вентиляційні викиди, такі як пил та аерозоль. Вміст його у повітрі цих виробничих приміщень може коливатися від 7 до 3600 мкг/м³, а концентрація доходить до рівня 0,22 мг/л, в тому випадку, коли оброблюють мідні шлами та на різних етапах цього технологічного процесу у виробничих приміщеннях. А на території меделектролітичних заводів кількість цього елемента в атмосферному повітрі буде дорівнювати 0,5 мкг/м³, а за радіусом 0,5-2,0 км дорівнює 0,36 мкг/м³ [7,54].

В Англії, у промислових районах, в атмосфері, середня концентрація селену буде дорівнювати 92 нг/м³, а саме це в 130 разів буде перевищувати рівень елемента на сільській місцевості в атмосфері. Рябов разом із Манчуком, за допомогою дослідження нейронно-активаційним методом, знайшли елемент селен, у якого концентрація дорівнювала 15,0, 10,0, 4,0 мкг/г. В промисловому аерозолі міського типу вміст селену дорівнює 18,0 мкг/г, а в летючій золі при спалюванні кам'яного вугілля – 20,0 мкг/г. За даними Сучкова в промисловому пилу середній вміст – 2,22-2,62 мкг/м³. Але інші дані мають інформацію про те, що вміст дорівнює 10,0 мкг/м³, пил побутовий містить селен з концентрацією 0,90 +/- 0,025 мг/кг. Ще може відбуватися забруднення повітря громадський і житлових приміщень цим мікроелементом тютюновим димом. Одна цигарка в середньому може містити у собі 41,2 +/- 1,2 мкг селену, відганяється елемента 93-97%. Якщо палити одну пачку протягом дня, тоді в повітря поступає 764-797 мкг селену, але якщо вентиляцію вбудована раціонально, тоді концентрація буде зменшуватись до 2,53-2,64 мкг/м³. Взагалі кількість селену, що поступає за рік становить 12100 т, це все, що поступає в атмосферне повітря через антропогенні джерела.

наприклад, такі як автотранспорт, енергетичні підприємства й промисловість [6,22].

Селен у водне середовище може потрапляти разом із стоками промислових підприємств. Рівень мікроелементу дорівнює 15,0 мг/л у стічних водах цеху по переробці анодних шламів меделектролітного заводу. У природних водах його вміст часто може підійматися вище ніж середній і досягти декілька сотен мг/л, у таких випадках, якщо вода річки, струмів або джерел стикається з відвалами породи після розробки поліметалічних сульфідних руд [7,54].

У навколишньому природному середовищі існує велика кількість ізотопів цього елементу, з яких шість – це стабільні, які мають розповсюдженість ^{74}Se (0,87% за масою), ^{76}Se (9,02% за масою), ^{77}Se (7,58% за масою), ^{78}Se (23,52% за масою), ^{80}Se (49,82% за масою), ^{82}Se (9,19% за масою), а які залишились двадцять чотири – це радіоактивні, в них різні періоди напіврозпаду, вони мають діапазон масових чисел від 65 до 94. Є такі ізотопи селену, що одержують шляхом нейронної активації. В природних умовах не зустрічаються радіоізотопи. В середньому масова частка селену дорівнює так, наприклад: у морській воді дорівнює $4 \cdot 10^{-7}\%$, у рослинах – $1 \cdot 10^{-7}\%$, у ґрунтах масова частка буде $1 \cdot 10^{-6}\%$, у прісній воді – $5 \cdot 10^{-6}\%$, а у земній корі дорівнює $6 \cdot 10^{-5}\%$ [15,23,36].

У дощовій воді та повітрі знаходяться низькі концентрації цього елементу, які дорівнюють менше 10 нг/м^3 . Переміщення елементів у біосфері буде відбуватися за ланцюгом, який називається біохімічним: ґрунт – вода – рослина – тваринні організми – людина [15,23,36].

1.3. Поширення Селену у ґрунтах

Селен міститься майже у всіх матеріалах земної кори. Його вміст у вивержених породах рідко перевищує 0,05 мг/кг. В осадових породах він пов'язаний з глинистою фракцією, тому найменші його концентрації мають місце у пісковиках та вапняках, що ми можемо побачити в таблиці 1.1 [2,10].

Таблиця 1.1

Типи гірських порід	
Магматичні породи	
Ультраосновні	0,02-0,05
Основні	0,01-0,05
Середні	0,02-0,05
Кислі	0,01-0,05
Кислі вулканічні	0,02-0,05
Осадкові породи	
Глинисті опади	0,4-0,6
Сланці	0,6
Пісковики	0,05-0,08
Вапняки, доломіти	0,03-0,10

Значно вищий вміст селену в самородній сірці та сульфідних мінералах, де його концентрація досягає 200 мг/кг, також у сірчастих відкладах осадового походження його вміст зазвичай нижчий за 1 мг/кг. При хімічному

вивітрюванні гірських порід селен легко окислюється, ступінь його окислення

як і розчинність, буде залежати від окислювально-відновлювальних умов та рН середовища. Істотну роль геохімічному циклі селену грають процеси біологічного метилювання, у яких утворюються його леткі форми. Селеніт-

іони, які утворюються при окисних процесах, досить стабільні та можуть

мігрувати, поки не будуть адсорбовані мінеральними чи органічними частинками. Саме через це в деяких вугіллі та глинистих відкладах вміст селену підвищений [2,4,10].

Існує багато оглядів про поведінку селену у ґрунтах, що здебільшого свідчать про її складність. Основні положення такі:

1. Селеніди та сульфіди селену переважають у кислих ґрунтах та ґрунтах, що мають високий вміст органічної речовини, які є малоактивні, тому важкодоступні для рослин.

2. Селенати, ймовірно, присутні в лужних ґрунтах та добре аерованих. Вони легкорозчинні, слабо фіксуються оксидами заліза та досить рухливі, що робить їх доступними для рослин.

3. У добре дренованих мінеральних ґрунтах, де рН близький до нейтрального, будуть переважати виключно селеніти, при цьому селеніти лужних металів є розчинними, а селеніти заліза –

нерозчинними. Окрім того, гідроксиди та оксиди заліза активно зв'язують селеніти та є важкодоступними для рослин [2,10].

Особливо цікаве вивчення поведінки селену в сильнокарбонатних та бідних полуторними оксидами ґрунтах, оскільки в таких умовах він легко розчиняється у воді. За словами Сінгха, найефективнішим способом зниження фітотоксичності селену є додавання в ґрунт сірки, фосфору та можливо азоту.

В результаті деяких мікробіологічних процесів метильовані похідні від селену часто випаровуються з ґрунту. З іншого боку, атмосферні опади є важливим джерелом цього елемента в ґрунтах. Кубота та інші підраховували те, що дощова вода, що потрапляє на земну поверхню, містить селен і з інших джерел, такі як жерла вулканів, промислові викиди, зокрема від спалювання вугілля [4,10].

Селеновий фонд ґрунту складається з неорганічної та органічної форм мікроелемента. Значення Кларка для селену у ґрунтах у всьому світі становить 400 мкг/кг. Еталонним ґрунтом за кількістю мікроелементів вважають чорноземи. Великий вплив на вміст селену у ґрунтах роблять умови ґрунтоутворення та вміст хімічного елемента в складі материнських порід. У ґрунтах, які утворені на вулканічних породах, вміст селену значно вищий за подібні ґрунти, що утворені на пісковиках, глинах чи вапняках. На концентрацію селену у ґрунтах також впливає клімат. ґрунти, що мають

високий вміст поживних речовин поширені в таких регіонах, де клімат є посушливим. На концентрацію в ґрунтах має вплив рівень агрохімії. Систематичне внесення фосфору чи сірки з додаванням добрив знижує доступність рослин до селену. Вміст селену, залежно від типу ґрунту буде коливатися в межах від 10 до 1000 мкг/кг та більше. Середня концентрація селену може становити 300 мкг/кг. Якщо низька кількість селену в ґрунті, то регіон вважають дефіцитним за вмістом селену, при середній чи високій кількості цього мікроелементу дефіциту немає [12,27].

Ґрунт та вихідні породи визначають основну біогеохімічну роль селену.

Склад порід, які утворюють ґрунт, та їх геохімічні характеристики визначають концентрацію селену в ґрунтах з різною спрямованістю процесу ґрунтоутворення. В регіональних умовах вміст селену в ґрунтах піддається великим коливанням. Найбільша кількість мікроелементів спостерігається в ґрунтах з високим вмістом гумусу, глини чи оксидів заліза. У більшості ґрунтів селен накопичується в гумусовому горизонті та поступово зменшується до корінних порід. Геохімічним бар'єром для накопичення селену є залізистий чи карбонатний горизонти [12,27].

Дерново-підзолисті та сірі лісові ґрунти характеризуються дуже низьким вмістом валового селену (<50 мкг/кг). При цьому встановили, що його вміст буде залежати від рівня накопичення в ґрунтах органічної речовини, калія, фосфора, сірки та ступеня кислотності ґрунтів. Також виявили, що надходження селену в рослини зростає з підвищенням рівню його вмісту у ґрунтах [8,31].

Більшість сільськогосподарських культур, що вирощують на орних ґрунтах, також мають низький середній вміст селену, який коливається в межах від 28 до 254 мкг/кг. Особливо низьким вмістом характеризуються:

- ячмінь – 50 мкг/кг;
- зерно пшениці – 61 мкг/кг;
- зелена маса конюшини – 28-30 мкг/кг.

- зелена маса пшениці — 52 мкг/кг;
- однолітні трави — 33 мкг/кг [8].

Найбільш активними селенонакопичувачами є лише окремі культурні рослини та дикорослі, які мають вміст селену, що може дорівнювати 144-254 мкг/кг та 126-144 мкг/кг [8,31].

Були виявлені факти достатньо високого накопичення селену в козлянику та в природніх травах дозволяють рекомендувати їх для широкого використання в кормовиробництві з метою часткової ліквідації селенодефіцита у тваринництві та зниження випадків захворювання скота. Але

основним агрохімічним методом ліквідації селенодефіцита є використання селенових добрив [8,31].

1.4. Поширення Селену у рослинах

Багато досліджень присвячували вивченню розподілу селену в рослинах, але фізіологічну роль так і не виявили. Вважають, що селен може брати участь у деяких процесах метаболізму, особливо в рослинах активного збагачення, але однозначно необхідність цього елемента для розвитку рослин не встановили. Вміст селену в рослинах має особливе значення, через те, що цей мікроелемент відіграє важливу роль у харчуванні тварин, особливо домашніх, оскільки він може бути не тільки мікроелементом, алей токсином. Окрім того, діапазон граничних концентрацій для селену досить вузький. Розчинні форми селену легко втягуються рослинами з ґрунту, при цьому суттєвих відмінностей в інтенсивності їх поглинання різними видами не спостерігалось. Доступність селену для рослин буде залежати від декількох факторів, одним з найважливіших яких є рН середовища. Також велике значення мають температурні умови середовища. З ґрунтів, які мають низький вміст селену рослини будуть поглинати набагато більше при температурі вище 20°C, ніж у холодні сезони з температурою нижче 15°C. Дощі теж мають великий вплив на концентрацію селену в травах. За даними Рейтера можна

дівзнатися, що низькі концентрації цього елемента спостерігаються в рослинах, особливо в тих районах, де є рясні опади [4,10].

Селен характеризується неоднорідним розподілом в органах рослин, що визначається особливостями харчування. Зазвичай, найбільший вміст цього мікроелементу спостерігають у верхній частині пагонів, у насінні чи у коренях

рослин. Але Арві та інші, що вивчали розподіл селену між різними органами кукурудзи, не виявили суттєвих відмінностей. У біохімічному плані поведінка селену в рослинах може бути схожа на сірку. Також селен легко може замінювати сірку в амінокислотах й деяких біологічних процесах. У рослинах

винайдено близько восьми селенорганічних сполук. Амінокислоти, а особливо цистеїн, ймовірно, зв'язуються з селеном, що може брати участь у багатьох процесах метаболізму. Летючі сполуки, такі як диметилселенід, будуть відповідати за основну екскрецію цього хімічного елемента з рослин, також

неприємний запах, особливо характерний для видів, що концентрують селен, наприклад астрагал. Здатність рослини накопичувати селен та їх стійкість до його дії, очевидно обумовлені особливостями метаболічних процесів цього мікроелементу. Але, думка про те, що селен пов'язаний з білковими та небілковими амінокислотами, відрізняється [2,10].

Високі концентрації селену в рослинах знижують рівень фосфору, азоту, сірки й деяких амінокислот та перешкоджають засвоєнню важких металів, особливо міді, кадмію, марганцю, заліза та цинку. Ця остання залежність

значною мірою визначається співвідношенням хімічних елементів. Отже, також можна очікувати певний позитивний вплив високих концентрацій

селену на поглинання важких металів рослинами. Відомо, що внесення в ґрунт сірки, фосфору чи азоту буде допомагати зменшити шкідливий вплив селену на рослини. Це може бути пов'язано з пригніченням швидкості поглинання кореневою системою чи встановленням раціональних взаємозв'язків селену з

іншими хімічними елементами навіть у випадках, якщо в рослинах відзначають високі концентрації селену. Також є висновки про те, що польове

внесення в ґрунт вапна, бору, молібдену або сірки ніяк не впливає на вміст селену в рослинних тканинах. Практика показує, що застосування сірки – це важливий засіб обробки селенотоксичних ґрунтів. Джонсон зазначив, що добрива на основі сірки будуть ефективні лише для зменшення токсичного впливу селену на рослини, які ростуть на ґрунтах, що мають низький вміст селену. Також який вміст селену в різних культурах ми можемо побачити в таблиці 1.2 [2,10].

Таблиця 1.2

Країна	Культура	Межі коливання (мкг/кг)	Середнє (мкг/кг)
Австралія	Пшениця	1-117	23
Данія	Ячмінь	2-110	18
	Овес	3-54	16
	Жито	6-72	16
	Пшениця	4-87	21
Єгипет	Пшениця	140-430	340
Канада	Ячмінь	9-38	21
	Овес	4-43	28
Норвегія	Ячмінь	-	8
	Овес	-	10
	Пшениця	1-169	33
	Різне зерно	2-29	-
США	Ячмінь	200-1800	450
	Овес	150-1000	480
	Пшениця	280-690	490
	Кукурудза	10-2030	87
Фінляндія	Ячмінь	<10-50	-
	Пшениця	100-170	-
	Різне зерно	2-85	7

Франція	Ячмінь	27-42	33
	Овес	20-44	35
	Пшениця	30-53	36
ФРГ	Овес	70-140	ПО
	Жито	160-250	210
	Пшениця	190-290	200
Швеція	Різне зерно	4-46	13
Японія	Овес	8-17	-
	Жито		22

Забруднення навколишнього середовища селеном характерне для промислових районів, де він потрапляє в атмосферу після деяких металургійних процесів та процесів спалювання вугілля. Деякі бобові культури, що вирощені у вугільній золі, містять до 200 мг селену на 1 кг сухої маси, а трава поблизу заводу, що виробляє фосфорні добрива містить 1,2 мг селену на 1 кг сухої маси. Концентрація селену в істівному грибі *Agaricus bisporus*, який росте в межах міста, досягла 11,2 мг/кг сухої маси, той час як у листях дерев біля мідно-рафінадного заводу від 141 до 550 мг/кг сухої маси. Зола від спалювання палива – це теж джерело селену. Внесення цієї золи у ґрунт викликає збільшення кількості селену, що доступний рослинам. У районах, які мають низький вміст селену у ґрунті, застосування селеніту натрію може запобігати дефіциту селену. Але через токсичні властивості хімічного елемента його використання варто суворо контролювати. Вміст селену у харчових рослинах можна побачити в таблиці 1.3 [4, 10].

Таблиця 1.3

Рослини	Досліджена тканина	На вологу масу	На суху масу
Цукрова кукурудза	Зерно		11

Капуста	Листя	8	150
Салат-латук	Листя	1,6	57
Квасоля	Боби	-	28
Морквина	Коренеплоди	5,3	64
Цибуля	Цибулини	-	42
Картопля	Бульби	10	11
Томат	Плоди	-	36
Яблуня	Плоди	1,1	2,6
Апельсин	Плоди	3	7,7

Селен – це один з біогенних елементів, який має вплив на процеси росту, фотосинтези, активність, посухостійкість, зимостійкість та продуктивність сільськогосподарських культур. Він має хімічні властивості, що подібні сірці.

Отже, селен поглинається рослинами, завдяки сульфатним транспортерам та поглинається за допомогою сірки. Вміст селену в рослинах залежить від забезпеченості ґрунтів рухомою формою елемента, агрохімічних властивостей, біологічних особливостей рослин, кліматичних умов та стадій розвитку [12,27].

Для оптимізації живлення рослин з низьким вмістом селену в ґрунті, варто вносити селенові добрива. Найбільш економічні та ефективні застосування – це передпосівна обробка та позакоренева підживлення рослин розчинами мікродобрив. Наукове застосування селенових добрив на чорноземах чи глинистих ґрунтах позитивно впливає на накопичення селену в рослинній продукції та підвищує врожайність кормових, овочевих й зернових культур. Особливості впливу селенових добрив на продуктивність польових культур необхідно врахувати при плануванні системи удобрення і оптимізації стану селену в агроценозах [12].

Низькомолекулярні сполуки селену достатньо широко поширені у рослинах, в деяких з них накопичуються у значних кількостях, наприклад у

часнику та дріжджах – за даними метода HPLC-ICP-MS вони містять селену 296 мг/кг та 1922 мг/кг, відповідно, при цьому в часнику домінує γ -глутаміл-Se-метилселеноцистеїн, а у дріжджах – селенометионін. Відмічена схильність до накопичення різних сполук селену у рослини роду *Astragalus* та видів *Brassica* і *Allium*. Високий вміст селену, в основному у вигляді селенометионіну та Se-метилселеноцистеїну, встановлена у капусті броколі, 876 мкг/кг. У таблиці 1.4 сполуки селену у рослинах [48]

Таблиця 1.4

Сполуки	Джерела	Вміст селену, мг/кг
Селеноцистатіонін (V)	<i>Astragalus praeconicus</i>	517
Se-Метилселеноцистеїн (III)	<i>Brassica oleracea</i> <i>botrytis</i> <i>Allium tricoccum</i> <i>Melilotus indica</i>	345 48-524 200
γ -Глутаміл-Se-метилселеноцистеїн (IX)	<i>Allium sativum</i>	96-114
Селенометионін (I)	<i>Brassica juncea</i>	138
Селенобіотін (VI)	<i>Phycomyces blakesleeanus</i>	35
γ -Глутамілселенометионін (XI)	<i>Allium sativum</i>	68-1355
Se-Аденозилселеногомоцистеїн (II)	<i>Sacharomyces cerevisiae</i>	1200-2100
Селенолантіонін (XII)	<i>Sacharomyces cerevisiae</i>	1922
3-Бутеніл ізоселеноціанат (XIII)	<i>Stanleya pinnata</i>	100
Селеносинігрини (X)	<i>Stanleya pinnata</i>	100

Селеносахара (VII-VIII)

Astragalus racemosus

41

1.5. Особливості впливу селену на живі організми залежно від концентрації (дозы) (дефіцит і надлишок для організму)

Історія досліджень фізіологічного значення хімічного елемента селену для людини довга і суперечлива. Перші докази його токсичності походять з давніх часів. Марко Поло, який подорожував Тибетом, описав ще у 1295 році випадки отруєння коней, що проявлялось у втраті гриви і хвоста при поїданні місцевих рослин. Отруєння худоби й людей описав Педро Сімон в Колумбії в 1560 році. На той час причину такого отруєння так і не виявили, а лише у 19 столітті, після відкриття мікроелемента Й. Я. Берцеліусом в 1817 році, саме ці випадки були пов'язані з селеном. Захворювання, такі як «слюнна хвороба» й «сліпа вертячка», для домашніх тварин, почали проявлятися кульгавістю, випадінням волосся, деформацією ратиць, виснаженням та цирозом печінки, оскільки відкриття селену було пов'язано з тривалим споживанням тваринної їжі та зернових з аномально високим вмістом 5 – 40 мг/кг [44].

Дефіцит або надлишок деяких хімічних елементів та їх сполук може призвести до прояву різних патологічних випадків, це буде потенціюватись досить підвищеною потребою організму в елементах-антиоксидантах. Саме через це в останні роки вчені почали звертати особливу увагу на селен. Цей мікроелемент володіє радіопротекторними та антиоксидантними властивостями, також може сповільнювати процеси старіння й підвищувати імунітет. За допомогою різних наукових досліджень вдалося дізнатися про те, що селен є мікроелементом есенціальним, а з недостатньою кількістю цього хімічного елемента пов'язують 75 нозологічних різних форм. Ці форми включають в себе дисфункцію щитовидної залози, порушення обміну речовин, пухлинні та серцево-судинні захворювання, які призводять до скорочення тривалості життя. Такі випадки були виявлені у США, Китаї, Україні та ще в багатьох країнах світу [36].

Селен – це аналог сірки, який має високу хімічну активність, він важливий елемент. Він є компонентом селенопротеїнів і ферментів, наприклад таких як глутатіонпероксидаза й ще інші пероксидази, білки крові й тканин.

Глутатіонпероксидаза – це важливий фермент при захисті шкіри від ультрафіолетового випромінювання. Також є важливою роль селену у захисті еритроцитів від пошкодження вільними радикалами. В організмі людини знайшли 25 генів, які кодують селенопротеїни [45].

Селен – це природний металоїдний елемент, що необхідний для здоров'я людини чи тварин у незначних кількостях, але водночас шкідливий у надлишку. З усіх хімічних елементів у селена один із найвужчих діапазонів між рівнями токсичності ($>400\mu\text{gday}^{-1}$) та дефіцитом їжі ($<40\mu\text{gday}^{-1}$) (WHO, 1996), що робить необхідним ретельний контроль над споживанням

твариною чи людиною. Важливо розуміти взаємозв'язок між впливом навколишнього природного середовища та здоров'ям. Геологія здійснює фундаментальний контроль над концентрацією селену в ґрунтах, на яких відбувається вирощування сільськогосподарської культури та тварин, що утворюють харчовий ланцюг людини. Статус селену в популяціях, тваринах та сільськогосподарських культурах значно різниться в усьому світі в

результаті різних геологічних умов. Розуміння біогеохімічного контролю над розподілом та рухомістю селену в навколишньому природному середовищі це ключове для оцінки ризиків для здоров'я, що пов'язані з селеном. Високі

концентрації селену пов'язують з фосфатними породами, які багатими органічними речовинами чорними сланцями, вугіллям та сульфідною мінералізацією, в той час як більшість інших типів порід містять дуже низькі концентрації, а середовище з дефіцитом селену набагато поширеніше, ніж селеновмісні. Результати для здоров'я залежать не тільки від загального вмісту

селену в гірських породах та ґрунтах, але від кількості селену, що поглинається рослинами й тваринами – біодоступного селену. Ґрунти, що

містять достатню кількість селену, все ще можуть давати урожаї з дефіцитом селену, якщо селен не у формі, що готова для поглинання рослинами [6].

В США недостатня кількість селену рідко зустрічається, через те, що по всій Північній Америці ґрунт багатий на селен. Навіть якщо хтось живе в районах, де ґрунт має низький вміст селену, через те, що відбувається транспорт їжі по регіонам, відбувається вживання збагачених цим елементом продуктів і добавок, завдяки чому зменшується ризик дефіциту [13].

З серйозним дефіцитом селену можуть пов'язувати два стани, такі як:

- хвороба Кашика-Бека (форма остеоартриту);

- хвороба Кешана (різновид кардіоміопатії чи захворювання серцевого м'яза) [13].

Симптоми таких станів можуть бути різними, наприклад:

- головні болі;
- млявість;
- кома;
- нудота;
- змінений психічний стан;
- судоми [13].

Люди, які піддаються ризику дефіциту селену:

- люди з ВІЛ, такий вірус може призводити до зниження апетиту, діареї та порушенню споживання поживних речовин.
- люди, що живуть у регіонах з низьким вмістом селену.

- люди, які мають ниркову недостатність [13].

Рекомендована норма включає загальну кількість селену, що організм повинен отримувати з їжі чи добавок. Велика кількість людей отримують цю норму хімічного елемента з їжі [14].

Робили деякі дослідження для того, щоб визначити, чи може селен допомогти в профілактиці раку передміхурової залози, чоловіки приймали 100 мікрограмів щодня [14].

Безпечна норма цього мікроелементу для дорослої людини становить 400 мікрограмів на добу. Якщо здійснюється приймання більшої кількості, то це вважається передозуванням. Більші детальні норми по споживанню селену ми можемо побачити в таблиці 1.5. [14].

Таблиця 1.5.

Група	Рекомендована норма
Діти 1-3 років	20 мкг/день
Діти 4-8 років	30 мкг/день
Діти 9-13 років	40 мкг/день
Дорослі та діти від 14 років	55 мкг/день
Вагітні жінки	60 мкг/день
Жінки, які годують	70 мкг/день

Селен – це необхідна поживна речовина для людей та багатьох інших організмів. Класичні симптоми харчової недостатньої кількості селену у сільськогосподарських та лабораторних тварин охарактеризували в 1950–1960-х роках. Надживлення цього хімічного елементу виявили, що зменшує смертність від раку в 1990-х роках. Але все одно молекулярний механізм всіх багаторазових функцій селену в організмах залишився незрозумілим. У ссавців селенопротеїну було виявлено 24-25 генів. Також були декілька досліджень, які виявили колективну реакцію цих генів на концентрації такого елементу, як селен в їжі, що варіюються від дефіцитних до помірно високих, тобто 15-20. Саме цьому необхідні систематичні дані, щоб зв'язати профілі експресії генів селенопротеїну з метаболічними ефектами надлишку чи дефіциту селену в харчових тканинах [11].

До кінця ще не з'ясували механізм токсичної дії селену. Встановлено, що важливий аспект токсичності сполук селену – це вплив їх на порушення обміну сірки в організмах. Стабільні комплекси селенотрисульфідів, що блокують важливі метаболічні шляхи, включаючи цикл трикарбонової

кислоти, та призводять до зниження дегідрогеназної активності, утворюються при заміщенні сульфгідрильних груп (SH) гідролізом селену (SeH) у багатьох ферментах, а також взаємодією селенітів із SH-групами цистеїну та коферменту А. Окрім цього, селеніти, через те, що вони активні антиоксиданти, можуть блокувати метаболізм глутатіону, а заміна зв'язків S-S на селенотрисульфідні комплекси призвести до зміни третинної структури білків чи їх дисфункцій. Після цього, через первинні порушення, на молекулярному рівні виникають функціональні порушення в клітинах, а отже, й в органах та тканинах, а це викликає симптоми селенозу [39].

Проблема токсичності високих доз селену підтверджено свідченнями багатьох авторів про порушення репродуктивних функцій тварин, навіть при тому, як відбувається надходження селену в організм у тих дозах, які не викликають загальну інтоксикацію. Вплив надлишку селену для відтворення нового потомства у тварин проявляється низькою плідністю, підвищеною швидкістю резорбції плодів, низькою життєздатністю потомства, низькою масою тіла та вродженими вадами. Токсичний вплив високих токсичних доз селену часто проявляється лише через декілька поколінь. При описі симптомів токсичності сполук селену у тварин варто звернути увагу на наявність статевих відмінностей у вираженості клінічних симптомів селенозу. Завдяки вищій швидкості біосинтезу летких форм мікроелементів, наприклад, диметилселеніду, чоловіки, що використовують селенат натрію, менш чутливі, ніж жінки, у яких диметилселенід чи триметилселенон активніші в організмі й викликають більшу сприйнятливість. Однак введення андрогенів жінкам, не змінює їх чутливості до дефіциту селену [49].

Характер токсичної дії такого хімічного елемента як селен, нагадує характер сполуки миш'яку й чинять політропну дію з переважним ураженням нирок, печінки та ЦНС. Варто зазначити, що сьогодні оцінка ступеня токсичної дії селену для людини, все ще не така легка через відсутність

чутливого й селективного індикатора надлишкового надходження елементу до організму [25].

Потерпілим, при зниженні артеріального тиску, зазвичай призначають внутрішньовенні вливання плазмозамінних рідин, гормональну терапію та серцево-судинні препарати. При гострій серцево-судинній недостатності внутрішньовенно вводять 60 – 80 мг преднізолону із 20 мл 40% розчину глюкози, 100 – 150 мл із 30% розчину сечовини чи 80 – 100 мг лазиксу та їй проводять оксигенотерапію. При больовому шокі з печінням стравоходу та шлунка – анальгетики та спазмолітики, при кровотезі з стравоходу – місцево на живіт міхур з льодом, внутрішньом'язово – кровозупинні засоби [44].

При отруєнні часто розвивається гостра ниркова й печінкова недостатність. У рамках лікування ниркової недостатності вводять внутрішньовенно глюкозо-новокаїнову суміш, а ще підлучують кров внутрішньовенними ін'єкціями 4% розчину натрію гідрокарбонату. Здійснюючи постійний контроль кількості введеної рідини та об'єму виділеної сечі, та при гострій печінковій недостатності потерпілому призначають різні дієти, а також медикаментозне лікування, яке включає таблетки метіоніну до 1 г/добу, таблетки ліпокаїну 0,2 – 0,6 г/добу, вітаміни групи В, таблетки глютамінової кислоти до 4 г/добу, проводять гемодіаліз [44].

Для попередження трофічних ускладнень постійно проводять регулярну зміну положення хворого в ліжку, обробку шкірних покривів камфорним спиртом, заміну вологої білизни, а під виступаючі частини тіла підкладають ватно-марлевий валик [44].

Токсичні сполуки селену на шкірі або слизових оболонках змиваються великою кількістю води – сольового розчину, слаболужних розчинів або кислот [44].

В першу чергу при хронічному отруєнні селеном та його сполуками вживаються заходи щодо запобігання їх подальшому проникненню в організм, проводиться емпіричне лікування для підтримки функцій організму,

найбільш постраждалих від токсичної дії селену систем – серцево-судинної, нирок, дихальної, печінки та шлунково-кишкового тракту [44].

Сьогодні екологічні проблеми – це одна з небезпек для існування людини на всіх рівнях, починаючи від локального, завершуючи глобальним. В

Україні це достатньо гострі проблеми, через те, що існує значна концентрація небезпечних виробництв, трансформація ландшафтів, недостатня

забезпеченість контролюючих та виробничих структур в галузі екологічної безпеки та неефективне використання природних ресурсів. Сам загальний стан

в Україні екологічної безпеки досить складний. Існує широке різноманіття

природних та антропогенних чинників, що як раз і призводять до ускладнення стану в просторово-часовому аспекті [44].

Екологічна небезпека поділяється на 3 типи, які в свою чергу також мають класи, а саме які ми можемо побачити в таблиці 1.6 [44].

Таблиця 1.6

Типи екологічної небезпеки		
Природна	Антропогенна	Природно-антропогенна
Класи екологічної небезпеки		
Космогенна	Сапієнтна	Атмоантропогенна
Атмогенна	Соціогенна	Гідроантропогенна
Гідрогенна	Техногенна	Літвантропогенна
Літогенна		Біоантропогенна
Біогенна		

Для того, щоб вирішити проблему селенового забезпечення в Україні варто зупинитися на характеристиці проблеми забруднення навколишнього

середовища, а особливо техногенного генезису, бо в сучасних умовах існують

багато факторів, які можуть призводити до порушення мікроелементарного статусу живого організму, що буде викликати дефіцит мікроелементів, які

мають антиоксидантні властивості, такі як мідь, селен, цинк тощо.

Надлишкове навантаження ксенобіотиками, які мають різне походження, живого організму, а особливо якщо це ксенобіотики групи ВМ, буде

призводити до швидкого використання мікроелементів-антиоксидантів на фоні дефіциту саме в продуктах харчування, що зумовлює у населення

формування мікроелементозів. Саме за таких умов проблема нормального

забезпечення організму мікроелементами буде поставати на якісному новому рівні. Таким чином, виходить, що корекція мікроелементарного, а саме

селенового, статусу тільки на індивідуальному рівні, використовуючи

раціоналізацію харчування чи дієтичні добавки буде досить обмеженим

підходом. Такий підхід без додаткових комплексів заходів оздоровлення середовища буде давати результат на короткий строк. Виходить, що

підвищення ефективності природоохоронної діяльності для того, щоб

покращити та стабілізувати якість довкілля, - це один з важливих аспектів

мікроелементарного статусу живого організму. Така позиція включає в себе 3

напрямки, такі як

- санітарно-гігієнічні;
- законодавчі;
- технічні та техногенні [44].

Для визначення концентрації селену у готових стравах, варто проводити лабораторний контроль, першочергово у лікувально-профілактичних та

дитячих закладах. Якщо керуватись рекомендаціями фахівців, то різні методи,

що запропоновували вчені можна згрупувати за головними напрямками. В

таблиці 1.7 можна побачити середній вміст селену в основних продуктах харчування населення України [44].

Таблиця 1.7

Харчові продукти	Вміст селену, мкг/100г
Хліб житній	28
Пшеничний хліб	28

Борошно (крупя) кукурудзяна	8
Крупи, борошно (окрім кукурудзяної)	30
Нирки	140
Риба	47
Нежирне м'ясо	29
Птиця	10
Печінка	45
Редька	4
Картопля свіжа	14
Морква свіжа	9
Гриби свіжі	13
Капуста білокачанна	6
Огірки	6
Помідори	1
Часник	25
Буряк столовий	14
Цибуля ріпчаста	10
Свіжі яблука	0,1
Чай	Сліди
Цукор	Сліди
Кава	Сліди
Яйце	2
Жири, сметана	Сліди
Сир твердий	10
Сир 20%	30
Молоко коров'яче	10

Питання по збагаченню селеном продуктів харчування досить перспективне, але в той же час воно варто суворого контролю з боку органів санітарно-епідеміологічної служби та споживчих організацій, саме тому буде потребувати великих фінансових затрат. Окрім того, є можливість неконтрольованого збільшення населенням вживання селену, разом з продуктами харчування, передозування чи порушення мікроелементарного балансу, а це один з несприятливих факторів. Але сьогодні є багато досліджень, які будуть підтверджувати ефективність збагачення селеном питної води та продуктів [44].

1.6. Селен – як фактор профілактики захворювань

Селен, в силу своєї антиоксидантної активності, обмежує та блокує синдром пероксидації. Це є важливим фактором ризику атеросклерозу, ішемічної хвороби серця, інших серцево-судинних захворювань. Його дефіцит посилює продукцію АФК, синтез тромбоцитів та інгібує продукцію простагліну – фактору захисту ендотелію. ГПО, що активована селеном, знижує кількість гідропероксидів фосфоліпідів та ефірів холестеролу в ліпопротеїнах крові, накопичення окисленого LDL в стінках артерій, зменшує небезпеку утворення мікротромбів, продукцію простагландинів та лейкотрієнів, модулює респіраторний вибух у фагоцитах, пригнічуючи продукцію O_2 , H_2O_2 , $HOCl$ [24].

Селен – це фактор захисту також від ревматоїдного артриту, панкреатиту, астми. ГПО захищає від міокардиту, що викликається вірусом коксаки В3, індукуючи мутації вірусного геному. Таким чином, роль селену як фактора зниження ризику серцево-судинних захворювань безсумнівна [24].

Селенопротеїн виробляється переважно головним місцем зберігання селену – це печінкою, та секретується в плазму. Домен, що багатий на селен, з дев'ятьма залишками селеноцистеїну, містить повнорозмірний глікопротеїн. З одним залишком селенопротеїну – тиоредоксиноподібний каталічний сайт. Селенопротеїн – це основна форма, що транспортує селен до периферичних

тканин, функціонує як антиоксидант, що захищає клітини від окислювального ушкодження, та забезпечуючи в цей час адекватне надходження селену до позапечінкових тканин [45].

Також є різні ізоформи селенопротеїну. Але структура його є досить схожою з великою кількістю видів. Селенопротеїни у людини експресуються великою кількістю тканин, в той же час найвищий рівень селену є у скелетних м'язах й серці [45].

Окрім того, селен підтримує такі процеси в організмі людини як:

1. Сповільнює старіння. Це відбувається завдяки вираженим

властивостям антиоксиданта. Він клітини захищає вільними радикалами від руйнування, чим самим продовжує їм життя. Селеновмісні ферменти, а саме селенопротеїн-P та глутатіонпероксидаза, володіють антиоксидантними властивостями, які є більше вираженими.

2. Підтримання серцево-судинної системи. Якщо виходить нестача

селену, то може відбуватися збільшення гомоцистеїну. Він в свою чергу пошкоджує ендотеліальні клітини, а вони утворюють внутрішню оболонку судин, та може почати розвиток атеросклерозу, це буде підвищувати ризик серцево-судинних захворювань.

3. Захист ДНК від ушкодження, саме завдяки антиоксидантним

властивостям, що добре виражені.

4. Протизапальний ефект завдяки нормалізації вироблення

простагландинів.

5. Більш поліпшене функціонування скелетно-м'язової системи.

Підтримка нормального скорочення м'язів, втома знижується, підвищується витривалість до фізичних навантажень.

6. Забезпечення нормальної роботи імунної системи. Селен буде брати участь в активації цитотоксичних Т-і НК-клітин, Т-хелперів та відбувається стимулювання вироблення антитіл.

7. Профілактика пухлинних захворювань. Під час метаболічних процесів селен утворює метаболіт метилселенон, що буде відповідати за захист від онкологічних захворювань. Ефективність цього хімічного елемента довели у запобіганні раку стравоходу, легенів, товстого кішечника, печінки, передміхурової та підшлункової залоз.

8. Стимулювання синтезу ДНК та росту клітин. Така функція буде забезпечуватись завдяки ферменту тиоредоксинредуктази, що також має антиоксидантні властивості та підтримує фертильність у чоловіків. За рахунок чого відбувається покращення стану шкіри, нігтів та ріст волосся.

9. Підвищення фертильності. Глутатіоніоксидаза фермент, що містить селен, окрім печінки, нирок, щитоподібної залози, ШКТ, легенів та еритроцитів, також є у сім'яниках, що дозволяє брати участь у підтримці функцій, дозріванні та рухливості чоловічих статевих клітин.

10. Утворюються гормони щитоподібної залози. Дейодиназа, також селеновмісний фермент, має велику роль у метаболічних процесах тиреоїдних гормонів. Саме вона буде перетворювати тироксин, що є неактивний, на трийодтиронін та забезпечувати деактивацію гормонів щитоподібної залози і ембріональному періоді [43].

1.7. Принципи і методи біотестування забруднення

Біотестування – це процедура визначення токсичності середовища за допомогою тест-об'єктів. Критерій токсичності – це достовірне кількісне значення досліджуваного параметра, з якого робиться висновок токсичності зразка. Предметом біотестів можуть бути хімічні сполуки, з урахуванням

визначення санітарно-токсикологічних характеристик, вода природних водойм, стічні води, водні витяжки з ґрунту, корми, відходи та різні продукти [20].

Багатьма вченими було досліджено основні принципи формування тест-систем для біотестування питних та природних вод, а також фактори впливу на тест-системи під час біотестування. Запропоновано нові напрямки відбору чутливих тест-реакцій організмів та критерії тестування для оцінки якості питних й природних вод за результатами комплексних біотестів. Розроблено універсальну рейтингову систему оцінки якості питної води. Він заснований на підсумовуванні результатів біопроб із 4-5 видами піддослідних рослин чи тварин різного систематичного та трофічного рівнів. Отримані результати використано при підготовці Державного стандарту «Якість води. Комплексне біотестування природної води. Вимоги до відбору та культивування тест-організмів. Класифікація якості води за системою балів» [3].

Запропонована система біомоніторингу – це комплекс всіх підходів для оцінки стану різних організмів, що перебувають під впливом комплексу антропогенних та природних факторів. Фундаментальний показник їх стану – це ефективність фізіологічних процесів, що можуть забезпечувати нормальний без ускладнень розвиток організму. На вплив навколишнього середовища завдяки складній фізіологічній системі буферних гомеостатичних механізмів організм може реагувати в оптимальних умовах. Такі механізми підтримують нормальний перебіг процесів розвитку. Але під впливом несприятливих умов, ці механізми по підтримці гомеостазу можуть порушуватись, а саме це буде призводити до стресу, все це може відбуватися до появи змін звичайно використовуваних параметрів життєздатності. Отже, методика біотестування заснована на дослідження вчених з ефективності гомеостатичних механізмів. Також ця методологія дозволяє вловити присутність стресу, що впливає на організм набагато раніше за всі інші методи [32].

Методи біотестування, щоб бути придатними для вирішення всіх поточних задач, повинні відповідати деяким вимогам, наприклад, таким як:

- бути адекватним для будь-якого виду живих істот та будь-якого типу впливу;

- характеризувати найбільш важливі та загальні параметри життєдіяльності біоти;

- бути досить простими й не дуже дорогими для широкого використання;

- бути застосовними для оцінки будь-яких екологічних змін середовища проживання живих організмів;

- бути зручним як для лабораторного моделювання, так і для досліджень в природі;

- бути достатньо чутливими для виявлення навіть початкових зворотніх екологічних змін [32].

Серед усіх видів організмів, які біотестуються, виділяють мікроводорості, що використовують практично в усіх лабораторіях з біотестування. Цей метод разом із використанням культури водоростей називають альготестуванням, він ґрунтується на вимірах відхилень певної характеристики водоростей при розвитку в дослідній пробі щодо контрольної.

А мікроводорості виявляють чутливість до різних груп токсикантів. Досить легко підтримувати чисту культуру водоростей у лабораторних умовах із мінімальними витратами. Саме через це мікроводорості широко застосовують для оцінки токсичності речовин різних класів, таких як важкі метали, фосфоро- та хлороорганічні сполуки, поверхнево-активні речовини тощо [18,20].

Залежно від того, яка береться методика біотестування, можуть використовувати й інші види мікроводоростей, ціанобактерій та навіть їх штами. Наприклад, згідно з ГОСТ 32293-2013 «Методи випробувань хімічної продукції, що становить небезпеку для довкілля. Випробування водоростей і ціанобактерій на затримку зростання» рекомендують використовувати штами зелених мікроводоростей, таких як *Pseudokirchneriella subcapitata*, ATCC

22662, CCAP 278/4, 61.81 SAG; *Desmodesmus subspicatus*, 86.81 SAG, діамантової водорості – *Navicula pelliculosa*, UTEX 664, ціанобактерій – *Anabaena flos-aquae*, UTEX 1444, ATCC 29413, CCAP 1403/13A; *Synechococcus leopoliensis*, UTEX 625, CCAP 1405/1. Водоростеві штами, що рекомендуються, доступні з альголічно чистих культур колекцій, що є в США, Україні та Німеччині [20,37].

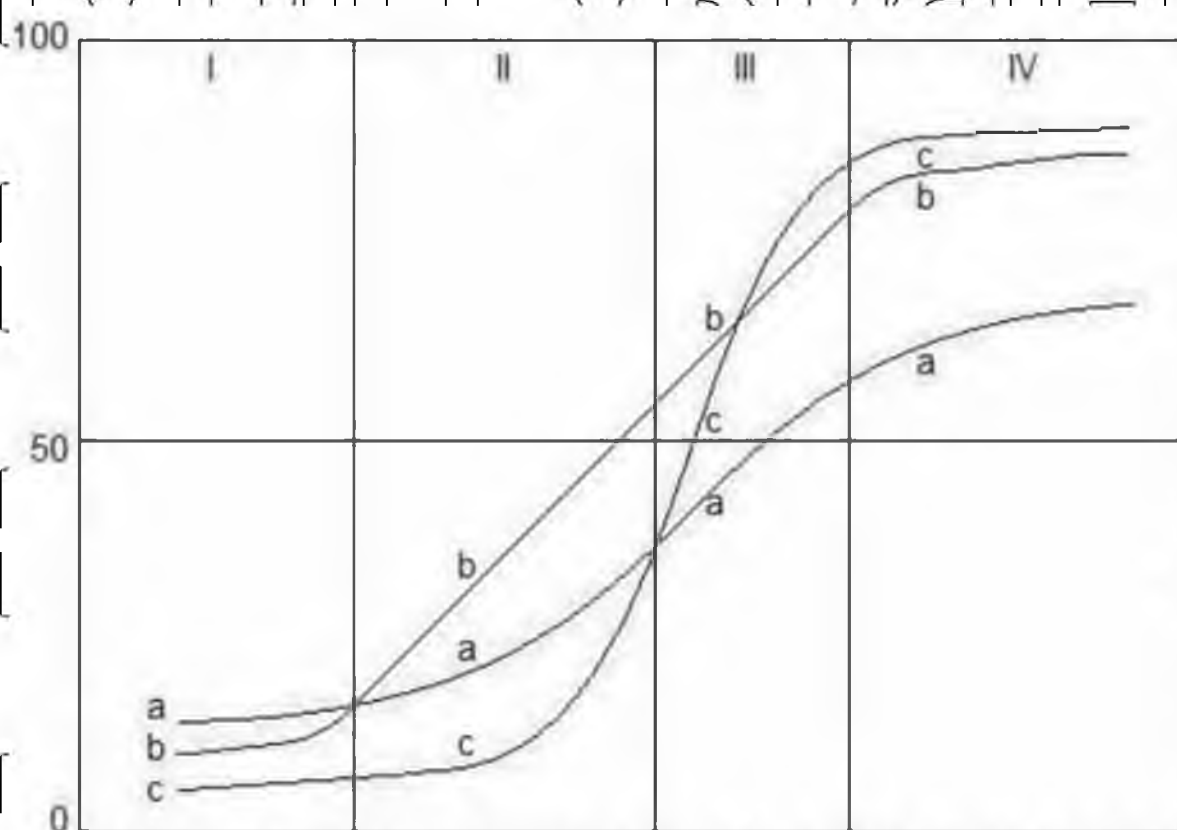
Все більшого значення для визначення токсичних речовин у водному середовищі набувають методи біотестів питної води, що є одним із сучасних біологічних методів контролю якості води. Показник стану живих організмів – це ефективність фізіологічних процесів, що забезпечують нормальне функціонування організму. Розглядали біологічні методи контролю якості води, що засновані на використанні фізіологічних й поведінкових характеристик для вимірювання реакції біологічних об'єктів, та можливість використання комплексу тестів [42].

В основі біотестування якості води лежить реакція різних організмів на пригнічувальну або згубну дію токсичних речовин, що потрапили у воду. Піддослідні тест-об'єкти – це зазвичай можуть бути істоти з усіх таксономічних груп, від мікробів до ссавців. Біотести можливі на всіх рівнях організації живої речовини, таких як генетичному, фізіологічному, цитологічному тощо. Однак лише незначна частина організмів вважається єдиною (інфузорії, водорості, гупці та форель, звичайна цибуля, планктонні ракоподібні, салат посівний та ін.), на основі яких були розроблені стандартні експерименти [42].

Для стандартних екотоксикологічних біологічних випробувань зареєстровані, рекомендовані або впроваджені методи були розроблені організаціями зі стандартизації – Міжнародною організацією зі стандартизації (ISO), Європейським комітетом зі стандартизації (CEN), Агентством з охорони навколишнього середовища США (US EPA), Організацією економічного

створітництва та розвитку (ОЕСР), національні уряди та нормативні акти [42].

Залежність дії токсинів на біологічний об'єкт, на всіх рівнях організації живої матерії, починаючи від молекулярного, закінчуючи популяційним, від концентрації графічно можна показати у вигляді кривої «доза-ефект». При цьому, у більшості випадків, буде фіксуватися загальна закономірність: зі збільшенням дози буде посилюватися розширення системи, в процес залучається все більше її компонентів. На рисунку 1.1 наведені типові види таких кривих. Зазвичай це S-образні криві, а іноді – гіперболи, параболи чи експоненти [29].



Ці криві відображають складний характер взаємодії токсичної речовини з об'єктом, кількісні й якісні характеристики такої взаємодії в конкретному випадку. На рисунку 2.1 чітко видно, що криві «доза-ефект» мають різні ділянки, де невеликі зміни концентрації викликають значне збільшення ефекту впливу, або викликають лише незначну його зміну. Якщо речовини а, б, с

упорядковувати відповідно до зростаючого ефекту їх взаємодії, то цей порядок у різних зонах кривої «доза-ефект» буде різним. І так в зоні I – $a > b > c$, в зоні II – $b > a > c$, в зоні III – $b > c > a$ і в зоні IV – $c > b > a$. Тому, якщо ми оцінюємо токсичність речовини в дозі, яка викликає певний відсоток загибелі тварин, результат порівняльного аналізу токсичності речовини може бути іншим. Ця обставина визначає важливість дослідження всіх частин кривої «доза-ефект» [29].

На прояв залежності «доза-ефект» певним чином впливає міжвидова мінливість. Особини, що належать до одного виду, суттєво відрізняються один від одного за біохімічними, фізіологічними та морфологічними характеристиками, які на сучасному етапі зумовлені їх генетичними особливостями. Відмінності між видами ще більше виражені через однакові генетичні характеристики. При цьому доза тієї чи іншої речовини, в яких вона викликає ураження органів, іноді істотно відрізняється. У більшості випадків залежність «доза-ефект» відображає властивість як самого токсиканта, так і самого організму, на який він впливає. На практиці це означає, що різні оцінки токсичності, засновані на вивченні залежності «доза-ефект», необхідно проводити експериментально на різних біологічних об'єктах і, при необхідності, використовувати статистичні методи обробки отриманих даних [29].

Методологія та результати біотестів нормативно затверджені як в Україні, так і в світі. Також за допомогою біотестування можна виявити реакцію на певний тип забруднення. Цей метод допомагає коригувати різні розрахунки ПДК забруднювачів у стічних водах, якщо їх розведення у водойму не на прийнятному рівні. Біотестування якості води може допомогти запобігти можливий вплив токсинів на здоров'я людей та навколишнє середовище, розробити своєчасне пом'якшення та запобігти заходам захисту підприємства від можливих негативних дій з боку контролюючих органів, штрафних санкцій та негативної громадської думки при здійсненні запланованих заходів [17].

Для біотестування, коли мінеральні добрива впливають на систему ґрунту, варто підібрати такі показники біоти, що можна характеризувати меншими дозами комфорту та оптимуму. Порівняння амплітуд цього мінливості фактору, де реакція біоти буде переходити до зони комфорту від зони оптимуму, а далі вона буде переходити до зони песимуму. Це буде давати можливість визначити які з них є найбільш чутливими. Про ймовірний негативний вплив якогось мінерального добрива на ґрунт можуть говорити розміри відхилення реакції організму від еталону. За екотоксикологічною оцінкою засобів хімізації було встановлено, що відхилення реакції від еталону менше ніж на 10% - це буде малонебезпечний рівень, помірно небезпечний – це відхилення на 10-25%, а більше ніж на 25% то вже є небезпечний рівень. Базуючись на такій класифікації, реакцію організмів щодо мінеральних добрив оцінюють так:

- зона оптимуму – це зниження <10%;
- зона комфорту – зниження на 10-25%;
- зона песимуму – зниження >25% [34].

Але якщо зміни у напруженні екологічного фактору в зоні контролю виражати умовними одиницями, а у %, відносно еталону, виражати реакцію на зміну екологічного фактору, тоді через активність переходу у зонах оптимуму й комфорту до песимуму можна проводити оцінку методів біотестів та визначати більш чутливі. Тобто, метод тестування буде більш ефективним, коли рівень активної толерантності буде меншим [34].

Для біотестування варто використовувати показники на таких рівнях організації:

- молекулярний;
- онтогенетичний;
- біогеоценотичний тощо [34].

Відносно мінеральних добрив оцінку біотестів здійснюють по тому, що негативний вплив цих добрив полягає у внесенні біохімічних, активних

елементів у ґрунтову систему та хімічно активному впливі на неї, що призводить до змін реакцій ґрунту [34]

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Загальні принципи екологічного нормування впливу селену на екосистему за використанням біотестів

За основу в екотоксикологічній характеристиці препаратів, було взято класичні підходи Шелфорда. Тобто реакцію стенобіотиків на концентрацію речовини. Лише в діапазоні мінливості чинника, або як його ще називають амплітуда, можуть виживати організми-стенобіотики. Критична точка – це значення концентрації при якому у клітині руйнуються процеси метаболізму, що призводить до руйнування функціонування окремих органів та всього організму [33].

Існують окремі принципи, за допомогою яких здійснюється оцінювання чутливості біотестів. А саме які ми можемо побачити в таблиці 2.1 [33].

Таблиця 2.1

Чутливість тесту	Придатність біотесту для екотоксикологічної оцінки селену	Відхилення від оптимуму у сторону погіршення показників росту, розвитку та активності процесів
Високо чутливий	Придатний	50-100%
Чутливий	Придатний	25-50%
Помірно чутливий	Обмежено придатний	10-25%
Мало чутливий	Не придатний	<10%

Селен може ініціювати і токсичний процес на всіх рівнях організації біологічних систем [33].

За допомогою біотестування можемо дізнатись токсичність навколишнього природного середовища з досліджуваними об'єктами, що вказують на небезпеку, незалежно від речовин і в якій комбінації призводять до встановлення життєвих функцій у досліджуваних об'єктах. Однак,

незважаючи на те, що деякі методи мають певні переваги для отримання інформації про зміни стану біоти в умовах забруднення

- доступність та простота проведення досліджень;

- економічність;

- оперативність проведення;

- достовірність отриманих результатів;

- об'єктивність;

- низька вартість [50].

Під час розвитку токсичної дії будуть проявлятися такі ознаки

токсичного процесу як:

- клітина (структурні, функціональні зміни, передчасна загибель чи мутація клітини);

- організм (зміна чутливості, інтоксикація);

- органи та система органів (пошкодження органу, функціональні реакції);

- популяція (зниження народжуваності, ріст смертності, порушення демографічних характеристик);

Біотестування засновано на реєстрації змін біологічних значних показників, таких званих тест-функцій, досліджуваних тест-об'єктів з подальшою оцінкою їх стану у співвідношенні з обраним критерієм токсичності. Як тест-функцію можна розглядати будь-який показник реакції гідробіонтів на відповідні зміни внутрішніх та зовнішніх умов середовища

[53]

Біологічні тест-функції – це виживання, розмноження, плодючість, якість потомства. [21,53].

Фізіологічні тест-функції – це дихання, показник крові, обмін речовин, активність харчування [21,53].

Тест-об'єкти – це піддослідні біологічні об'єкти, що використовують при оцінці токсичності хімічних речовин, природних та стічних вод, ґрунту,

даних відкладень, кормів тощо. Токсичний ефект, що проявляється, реєструється та оцінюється в досліджах. Тест-об'єкти дозволяють замінити складні хімічні аналізи та оперативно встановити факт токсичності середовища. Організми, що використовують при біотестуванні, культивуються в стандартних умовах [53].

Біотестування – це один з прийомів дослідження, який використовують для визначення ступеня ушкоджуючої дії хімічних речовин, потенційно небезпечних для живих організмів, в контрольованих експериментальних лабораторних чи польових умовах шляхом реєстрації змін біологічних значних показників досліджуваних тест-об'єктів з наступною оцінкою їх стану у співвідношенні з обраним критерієм токсичності [53].

Для реєстрації токсичної дії та токсичного процесу селену, застосовують систему показників, що буде базуватися на первинних та похідних показниках токсичності [33].

До похідних та первинний показників токсичності відносяться:

- ефективна доза;
- смертельний ефект;
- пороговий ефект;
- середньосмертельна або абсолютна смертельна доза;
- ефект, що не переноситься;
- середньосмертельна або абсолютна смертельна концентрація;
- максимально переносна доза;
- мінімальна смертельна доза;
- мінімально діюча чи порогова доза;
- NOEC;
- LOEC;
- DL_{50}/Lim_{ac} ;
- K_{ow} [33].

Рівні впливу селену на природне середовище оцінюються за: МДР, ГДК, ОБРВ. Екологічне нормування здійснюється за допомогою екологічного нормативу, екологічного ризику, періоду розпаду, коефіцієнту кумуляції.

Існує чотири класу небезпечності препарату. Та віднесення препарату до того чи іншого класу небезпеки ґрунтується на принципах комплексної оцінки [33].

Методи біотестів мають деякі недоліки, особливо, коли використовуються поодинокі біотести. Результати біопроб не можуть вважатися єдиним методом оцінки якості води та повинні доповнюватися

даними хіміко-аналітичних досліджень. Окрім того, незважаючи на простоту

та ефективність методу біотестування, досі тривають дискусії щодо екстраполяції отриманих результатів на організм людини. Для підвищення ефективності біотестів, Міжнародний центр сприяння науковим дослідженням

у Канаді, розробив спеціальну програму, яка називається «Water Tox», що

містить низку вимог до методів і тестових елементів для визначення токсичності зразків води:

- для забезпечення необхідного спектру чутливості до токсичної дії біодослідження речовин слід проводити з тест-організмами не менше двох трофічних рівнів;
- біологічні проби повинні бути високочутливими до значної кількості токсичних речовин;
- процедури біотестування повинні бути технічно простими, а їх результати однозначними та зрозумілими;
- реакція індикатора на певний фізико-хімічний вплив має бути специфічною та легко реєструватися візуально чи інструментально;
- час, який був витрачений на проведення біотестування та обробку його результатів, не повинен перевищувати 5 діб, а результати бажано отримувати оперативно [30].

2.2. Методи визначення токсичності селену за впливом на процеси проростання вищих рослин

Оперативну інформацію щодо фітотоксичності забруднених ґрунтів можна отримати за допомогою тест-об'єктів насіння та проростків рослин.

Щоб правильно поставити експеримент на токсичність, насіння для тесту відбирають відповідно до їх розміру та швидкості проростання, наприклад просо (*Panicum miliaceum* L.), пшеницю (*Triticum aestivum* L.), салат (*Lactuca sativa* L.), червону конюшню (*Trifolium pratense* L.), редьку (*Raphanus* L.). В якості тестової функції виступають показники схожості насіння, часу проростання, швидкості росту сходів, що вважається найбільш чутливим. У цьому відношенні тест-системи для рослин мають значні переваги перед приладами, а саме:

- швидко розмножуються;
- дешеві;
- мають типову реакцію на вплив;
- легко відтворюються [26].

Комплексні біотести, що включають такі тест-об'єкти як: мікроорганізми, рослини, ферменти та ґрунтові безхребетні, можуть бути використані повністю або частково, залежно від мети та ступеня забруднення ґрунту. Тобто, перевага методів біотестування полягає в тому, що вони, на відміну від хімічних методів, дозволяють достовірно оцінити токсичні властивості середовища, через наявність у ньому комплексу забруднюючих хімічних продуктів та їх метаболітів. Тільки повна комплексна оцінка, враховуючи вплив на різні види організмів, різні трофічні рівні, може відобразити ступінь екологічної токсичності субстрату [26].

У зв'язку зі зміною продукційних та структурних показників, чи, наприклад, зі змінами життєвого циклу, розглядають індикаційні властивості видів, в залежності від їх адаптаційних можливостей. Занурені рослини мають найбільшу чутливість до якості води, це показали результати, через те, що

контакт із водним середовищем у них максимальний. Менша залежність у нейстофітів та плейстофітів. В той же час найменша чутливість до стану водного середовища у прибережних повітряно-водних рослин. Під час оцінки видового складу угруповань, будуть особливу увагу приділяти чутливим до забруднення видам [28].

Індекс фітоіндикації екологічного стану водного середовища за вищими водними рослинами використовують для оцінки екологічного стану поверхневих вод. Величина індексу фітоіндикації буде залежати від прозорості води, видової різноманітності ценозів та наявності чутливих видів.

А ефективність фітоіндикації, чи межі застосування, залежить від вибраних для характеристики ділянок. Якщо значення індексу зростає, то це значить, що погіршується стан поверхневих вод. Щоб порівнювати видовий склад, ввели коефіцієнт сприятливості для розвитку вищих водних рослин. Коефіцієнт значущості індикатора для окремих видів вищих прибережно-водних і водних рослин визначають в залежності від чутливості виду до забруднень [28].

Такий метод використовують для визначення токсичного впливу селену на процеси проростання, ранні стадії розвитку, росту різних видів наземних рослин. Насіння різних видів рослин можуть поміщати у посудину з ґрунтом, до якого вносять селен та підтримують умови для розвитку та росту. Потім дані порівнюють [33].

Для такого методу дослідження обирають мінімум два види рослин, у таблиці 2.2 є дві категорії серед яких ми маємо обрати не менше однієї рослини з кожної категорії [33].

Таблиця 2.2

Категорія	Випробний вид рослин
1 категорія	
Рис	<i>Oryza sativa</i> L.
Сорго звичайне	<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench
Пшениця м'яка	<i>Triticum aestivum</i> L.

Жито	<i>Secale cereal</i> L.
Ячмінь (озимий чи яровий)	<i>Hordeum vulgare</i> L.
Райграс багаторічний	<i>Lolium perenne</i> L.
Овес (озимий чи звичайний)	<i>Avena sativa</i> L.
2 категорія	
Салат	<i>Lactuca scariola</i> L.
Квасоля	<i>Phaseolus aureus</i> Roxb.
Ріпа дика	<i>Brassica rapa</i> ssp. (DC.) Metzg.
Гірчиця біла	<i>Sinapis alba</i>
Томат	<i>Lycopersicon esculentum</i> Miller
Редька дика	<i>Raphanus sativus</i> L.
Кукурудза солодка	<i>Zea mays</i> L.
Капуста китайська	<i>Brassica campestris</i> L. var. <i>chinensis</i>
Капуста (зимова чи літня)	<i>Brassica napus</i> (L.) ssp. <i>napus</i>
Конюшина нгахонога	<i>Trifolium ornithopodioides</i> (L.)
Кресс-салат садовий	<i>Lepidium sativum</i> L.

Для цього дослід використовують нестерильний або стерильний ґрунт.

При чому вологий польовий ґрунт починають просіювати для того, щоб видалити великі фрагменти, через сито з вічком 4-5 мм. Частинки, які дрібні та не перевищують 0,02 мм, не мають бути більше 20% сухої маси. Значення рН має бути у проміжку від 5 до 7,5, його визначають за ISO 10390 [33].

Посуд, у якому знаходиться контрольний ґрунт та ґрунт з концентрацією селену, має бути повторений чотири рази. Попереднє випробування має проводитись для того, щоб визначити діапазон концентрацій, які мають вплив на якість ґрунту. Селен вносять у ґрунт в концентраціях 0, 1, 10, 100 чи 1000 мг/кг ґрунту, який висушують в сушильній шафі. Вище ніж 1000 мг/кг ґрунту концентрації використовувати не рекомендується [33].

Не змочуючи насіння перед посівом, 20 необроблених однорідних насіння вибраних нами рослин вносять у ґрунт через 24 години після внесення селену. Вологість, температура і освітленість мають бути такі, щоб можна було впродовж всього дослідження у всіх вибраних видів рослин підтримувати нормальний ріст та розвиток. Після оцінювання всього проростання варто зробити так, щоб у кожній посудині залишилось по п'ять рослин, які мають бути рівномірно розташовані. Дослідження має тривати не менше ніж 14 днів, та не більше 21 дня після того, як проросло в контролі 50% насіння [33].

Під час кожного обробляння для кожної із посудин треба обчислювати відсоток проростання порівнюючи із середнім у контрольних посудинах. Саме так ще обчислюють відсоток середньої загальної маси під час збирання у кожній із посудин та відсоток середньої маси під час збирання із розрахунку на одну рослину в кожній посудині [33].

2.3. Метод визначення токсичності селену за впливом на проростання насіння салату (*Lactuca scariola* L.)

Токсичність – це властивість хімічних елементів, що складаються з йонних речовин, впливати згубно на живі організми. Залежно від дози майже будь-яка речовина за певних умов може бути шкідливою для здоров'я. Це справедливо для токсикантів, які діють місцево і після резорбції у внутрішнє середовища організму [29].

Обов'язковим елементом методики біотестування є шкала оцінки токсичності. При розробці біотестів необхідна чітка інтерпретація даних, що приводить до оцінки токсичності незалежно від того, як і в яких одиницях виражається кінцевий результат біотестування [53].

Наше дослідження засновано на відгуку проростання салату, використовуючи різні концентрації селену. Інкубація проводиться в умовах, що контролюють, підтримують температуру та світло, та цей процес триває 5 днів або 120 годин. Насіння цієї рослини висаджують у контрольну посудину

та туди, де вже міститься селен. Коли дослідження закінчено, то рахують та записують кількість проростків, що можна побачити [33].

Під час досліду використовують стандартне устаткування, що є в лабораторії. Це, наприклад, може бути піпетки, рН-метр, термометр, тощо.

Ваги, мають бути з точністю до 0,1 г. Нижня частина пластмасових чашок Петрі, діаметр яких має бути 15 см, чи інший посуд, повинен мати таку саму площу поверхні, що використовують як контейнери для дослідів [33].

Для досліджень 100 г сухої маси ґрунту мають помістити у чашку Петрі.

На поверхню суміші, що ми досліджуємо поміщають 40 насінин салату.

Рівномірно їх розподіляють, щоб до краю чашки залишити 1 см. Насіння обережно втискають у субстрат. Вміст чашок зволожують водою, її обсяг обчислюють так, щоб можна було отримати 85% водоутримувальної здатності. Далі треба по поверхні рівномірно розлити воду, селен розчинити у

ній перед тим, як зволожувати ґрунт. Але якщо характеристика ґрунту буде вести до того, що після того, як додати води насіння буде спливати, то його варто помістити у дослідну чашку після того, як додали воду. Вміст кожної чашки Петрі 90 г сухого покривного матеріалу треба покривати рівномірно.

Варто не забувати, що під час інкубації слід підтримувати режим освітлення [33].

Зазвичай тривалість цього досліду 5 днів, але залежно від температури, може виникати необхідність того, щоб дослід продовжувався. Однак його тривалість не маж перевищувати 7 днів [33].

Результати, які вийшли, тобто сама кількість цих проростків, обробляють методом статистичного аналізу у вигляді EC_{50} , це відповідає 50% середнього виходу проростків, чи EC_{20} , при якому середній вихід проростків 80% [33].

НУБІП УКРАЇНИ

2.4. Метод визначення токсичності селену за впливом на схожість насіння

Такий метод буде базуватися на визначенні впливу селену на схожість насіння сільськогосподарських культур. Для того, щоб визначити схожість цього насіння таке дослідження проводять чотири рази, кожен раз відбирають по 100 насінин [33].

Під час такого дослідження знадобиться термостат з діапазоном температур обігріву від 20°C до 40°C, фільтрувальний папір, етиловий спирт, чашки Петрі та пінцет. Насіння пророщується на папері, в рулонах, на гофрованому папері, на піску та в піску [33].

Пророщування на папері. У чашках Петрі це насіння розкладають на двох чи трьох шарах зволоженого паперу [33].

Пророщування в рулонах. Таке пророщування здійснюється двома способами [33].

Перший спосіб. На двох шарах зволоженого паперу, розмір якого 10 на 100 см, треба розкласти одну пробу насіння вниз по лінії зародками, яка проведена на відстані 2-3 см від верхнього краю аркуша. Насіння, що має округлу форму, розкладають без орієнтації зародка. Зверху насіння треба накрити смужкою зволоженого паперу, яка має такий самий розмір, далі ці смужки згортають у рулон, але нещільно, та поміщають в ростильню у вертикальному положенні [33].

Другий спосіб. Його використовують для соняшнику, рицини, сої. Аркуш паперу, що має розмір 40 на 50 см, складають вдвічі по ширині та зволожують. Для того, щоб проростити рицину, беруть папір 20 на 50 см. Подовину зволоженого листа відгинають, а на іншу розкладають пробу насіння на відстані 2-2,5 см, починаючи від верхнього краю аркуша та внизу на відстані 6,5-7 см від боку аркуша, що був відігнутий, розміщуючи їх в шаховому порядку у чотири рядки. Насіння треба накрити половиною листа, що ми відігнули, згорнути у рулон та поставити вертикально у посудину,

прикривають, загинаючи отвір для вентиляції. Соняшник та сою, кожну їх пробу, розкладають по 50 штук у два рулони [33].

Пророщування на гофрованому папері. Треба взяти два шари цього паперу, які мають довжину 100-105 см, а ширину 12 см. Гофруємо так, щоб було по 24-25 складок, які мають 20-22 см висоту зубців. Таким чином гофрований папір зволожують, далі поміщають в ростільні, в кожній складці треба розкласти по 4-5 насінин [33].

Допускається пророщування насіння ячменю, вівса, пшениці і жита між папером з постійною подачею води. Близько 70 см³ наливають у ростільню, в неї поміщають П-подібну вставку, висота якої 15 мм, на неї укладають один чи два шари зволоженого паперу так, щоб край листа, який вузький, був опущений у воду, та насіння розкладають. Далі треба взяти металеву, скляну чи пластмасову ущільнювальну пластину, яка має масу 115-150 г, на неї треба накласти лист зволоженого паперу, прикриваючи нею насінини, замикаючи отвори для вентиляції, ширина яких 1-2 мм [33].

Пророщування на піску. Ростільні на 2/3 висоти треба наповнити зволоженим піском та розрівняти. Далі викласти насіння та трамбуванням вдавнити в пісок на глибину, яка буде рівної їх товщині [33].

Пророщування в піску. Ростільні на 1/2 висоти треба наповнити зволоженим піском та розрівняти його. Далі після того, як насіння розклали, його треба вдавнити трамбуванням в пісок та покрити шаром зволоженого піску десь 0,5 см [33].

Слід підтримувати температуру у термостатах та перевіряти її три рази на день, а саме вранці, в середині дня та ввечері. Температура не повинна мати відхилення більше ніж +/- 2°C. Також у термостатах варто забезпечувати постійну вентиляція. На декілька секунд щодня треба відкрити кришки чашок Петрі [33].

Облік та оцінку пророслих насінин при визначенні енергії проростання та схожості проводять у визначені строки. При цьому день закладання насінин

на пророщування та день для підрахунку енергії проростання чи схожості вважають за одну добу [33].

При обліку енергії проростання підраховують та видаляють тільки ті, що нормально проросли, набрякли, стали твердими, загнили та ненормально пророслі насінини [33].

До нормального пророслого насіння відносять таке, що має:

- дві сім'ядолі – у дводольних;
- добре розвинені корінці, які мають здоровий вигляд;
- первинні листочки, які займають не менше половини довжини

колеоптіля, - у злакових;

- добре розвинені та неушкоджені підсім'ядольне та надсім'ядольне коліна з нормальною верхівкою бруньки [33].

У культур таких, яких насіння проростає декількома зародковими корінцями, до нормального пророслого насіння відносять таке, що має два і більше нормально розвинені корінці, які мають розмір більше довжини насінини та паросток розміром не менше половини його довжини, де з'являлись первинні листочки, що займають не менше половини довжини колеоптіля. Довжину паростка у вівса й ячменю вираховують по тій частині, що вийшла за межі квіткової луски [33].

У культур таких, яких насіння проростає одним корінцем, до нормального пророслого відносяться насінини, які мають головний зародковий корінець розвиненим, який має розмір більше довжини насіння, та де є паросток. Також у культур, які відносяться до дводольних рослин, окрім лікарських, паросток повинен мати сім'ядолі та добре розвинений гіпокотиль, що не повинен містити ушкоджень, чи епікотиль з нормальною верхівковою брунькою такі, які відносять до однодольних – паросток таких має бути розміром не менше половини довжини самої насінини. У насіння рицини та соняшника, що нормально проросло, окрім того, також сім'ядолі мають легко звільнитися від плодової та насінної оболонки [33].

Також до нормально пророслого насіння відносять проростки з маленькими дефектами:

- з пошкодженим головним зародковим корінцем, та в цей же час з досить розвиненими кількома бічними й підрядними корінцями у соняшнику та кукурудзи, всіх видів гарбузових, мальвових та крупно-насінних бобових;

- з незначним поверхневим пошкодженням основних органів цього проростка, які не мають зачіпати провідні тканини;

- з нормально розвиненими органами, в той же час загнилих в місцях, яких відбувається зіткнення з хворими насінинами чи проростками [33].

А до неперорослого насіння відносять:

- немає зародкових корінців чи їх менше встановленої норми, чи вони короткі, припинили зростання, водянисті, слабкі та спіралью закручені;

- тверді насінини, що до встановленого терміну схожості не набрякали та не змінювали зовнішній вигляд;

- колеоптіль порожній, має тріщини, листя коротше та деформований, відсутня;

- ненормально проросле насіння, яке має одне з наступних порушень у розвитку проростків;

- головний зародковий корінець укорочений та із здуттями, що зупинився в рості, він довгий ниткоподібний та веретеноподібний, має подовжену тріщину чи ушкодження, яке зачіпає провідні тканини, роздвоєний, сегментований, водянистий та подвійний;

- набряклі насінини, що до моменту остаточного обліку схожості не проросли, але все одно мають здоровий вигляд та при натиску на них пінцетом не роздавлюються, й такі насінини багаторічних бобових трав, у яких видавлюються здорові сім'ядолі [33].

Енергію та схожість проростання обчислюється у відсотках. За результати аналізу мають приймати середньоарифметичне всіх результатів схожості проаналізованих проб. Якщо при визначенні схожості насінин за чотирма пробами відхилення результатів аналізу окремих проб від середньоарифметичного значення не перевищують значення, які ми можемо побачити в таблиці 2.3 [33].

Таблиця 2.3

Середньоарифметичне значення схожості, %	Допустиме відхилення результатів аналізу, %
99	-2
98	+/-4
97	+/-5
95-96	+/-6
93-94	+/-7
90-92	+/-8
88-89	+/-9
84-87	+/-10
79-83	+/-11
74-78	+/-12
65-73	+/-13
36-64	+/-14

2.5. Метод визначення токсичності селену за гальмівною дією на ріст коренів

У цьому методі суть полягає у самому вирощуванні попередньо пророщених насінин у середовищах з відповідними концентраціями селену.

Далі після закінчення всього періоду вирощування треба виміряти довжину коренів в контрольних середовищах та у цих середовищах з самим

препаратом. Для цього методу нам знадобиться дослідна рослина, фільтрувальний папір, посуд та середовище для вирощування [33].

Вирощування здійснюється на трьох середовищах, на піщаному контрольному середовищі, ґрунт без препарату, ґрунт куди був внесений препарат. Виконують по три рази на кожному середовищі. Для підтвердження

відтворюваності результату дослідів застосовують контрольне піщане середовище, проводять в різних випадках, в той час як обсяги росту на двох ґрунтах статистично порівнюють [33].

Висушити пісок, ґрунт чи контрольний ґрунт, до якого треба додавати досліджувані речовини, підтримуючи температуру 30 ± 2 °C протягом 16 годин, а далі варто просіяти крізь сито з діаметром отворів 4 мм [33].

ґрунт, що містить досліджувані речовини. Треба контрольний ґрунт висушити й просіяти у зважені посудини, але варто ущільнення уникати.

Треба знайти та підготувати посуд, для трьох разів повторності ґрунтового контролю й його оброблення. Для остаточного чи попереднього дослідження варто обрати серії доз, таких як 0, 1, 10, 100 чи 1000 мг/кг. Далі внести селен [33].

Посуд з ґрунтом, що досліджують. Цей ґрунт, який досліджують, треба висушити та просіяти. Потім треба наповнити три зважені посудини, уникнути ущільнення. Наповнюємо додаткові серії по три посудини сумішами ґрунту, що досліджують, разом з висушеним та просіяним контрольним ґрунтом чи піском, для того, щоб створювати розведені зразки, що можуть містити різні концентрації речовин, які існують у ґрунті, який досліджують [33].

Під час самого дослідів варто забезпечити вологість ґрунту на рівні 70% якимось з двох цих методів:

- 1) треба три посудини з кожним типом ґрунту поставити в піддон з водою, підтримуваною на рівні 5-10 см. Поверхня ґрунту має стати вологою, тоді необхідно дістати кожен чашу та накрити її годинниковим склом, й залишити у штативі для висушування на цілу

ніч. Після чого ґрунт вважають таким, який має приблизно 100% вологість вологоутримувальної здатності. Далі ще раз зважити посуд, залишити висувувати через випаровування вологості 70% вологоутримувальної здатності та підтримувати масу на цьому рівні весь період дослідження;

2) варто визначити масу води, що потрібна для досягнення вологості ґрунту 70% вологоутримувальної здатності, на окремому зразку ґрунту, згідно з ISO 11274. Після чого цю масу води варто додати до посуду, забезпечуючи мінімальне ущільнення ґрунту, й підтримуючи масу на такому рівні весь період дослідження [33].

В чашках Петрі треба проростити насінини, розкласти рівномірно на підстилиці із змоченого дистильованою водою фільтрувального паперу, до стану як з'явиться корінь. Для ячменю, зазвичай, від 36 до 48 годин при температурі 20°C без світла. Коли вже з'являється корінь, але він ще не досяг 2 мм довжини, треба посадити шість насінин коренями донизу на глибину 10 мм у середовище, що досліджуємо [33].

Посуд помістити у бокс для вирощування з вже підготовленими умовами дня та ночі. Щоденно зважувати посуд та додати деіонізовану воду для того, щоб підтримувати вологість ґрунту на рівні 70% вологоутримувальної здатності, ущільнення уникати, та переставляти посуд за рандомізованою схемою. Це можемо побачити в таблиці 2.4 [33].

Таблиця 2.4

Умови	День	Ніч
Тривалість, год	Від 12 до 16	Від 8 до 12
Освітлюваність	25000 лм/м ²	Вольфрам, 45 Вт
Температура, °C	20 +/- 2	16 +/- 2
Вологість повітря, %	60 +/- 5	60 +/- 5
Вологість ґрунту, %	70 +/- 5	70 +/- 5

Період вирощування ячменю становить 5 діб. Після того, як потрібний період вирощування закінчився, треба кожну посудину покласти набік у піддон з водою, глибиною 5 см, та обережно вимити ґрунт із посуду. Кожну рослину промити та виміряти її найдовший корінь, точність має бути до 0,5 мм [33].

Варто виміряти довжину найдовшого кореня у кожній рослині, далі визначити середню довжину найдовшого кореня для кожного дослідженого середовища. Далі порівняти із середніми довжинами з контрольних посудин.

Потім треба оцінити результати, використовуючи при цьому статистичний метод [33].

2.6. Метод визначення небезпечності селену за показниками нітрифікації активності ґрунту

Азот – це один з найважливіших факторів живлення рослин. Він є компонентом білків, хлорофілу, ферментів й багатьох інших факторів, які є частиною розвитку та росту рослин. Також азот є необхідним для накопичення маси в складі білків, які є будівельним матеріалом, і для фітогормональної регуляції рослин і роботи ферментів [40].

Азот може міститися в різних формах у ґрунті та добривах. При цьому, нітратна форма азота – це є найпоширеніша, що також пов'язано з тим, що при перетвореннях ґрунту різноманітні азотні добрива якимось чином досягають нітратної форми. Таким чином, виходить, що найбільша частина добрив засвоюється рослина у формі нітрату. Але в свою чергу, різні типи азоту по-різному поведуться в рослині та впливають на її розвиток. Загалом, внесення азотних добрив – це складна стратегія, проракунки якої можуть не тільки обійтись підприємству у надмірних витратах, а й навіть знизити врожайність та погіршити якість продукції, що вирощується [40].

Азот у ґрунті перетворюється завдяки участі бактерій таких родів як *Rhizobium*, *Azotobacter* та деяких актиноміцетів. Процеси нітрифікації та амоніфікації відбуваються у ґрунті, а денітрифікація здійснюється під впливом

бактерій, розкладання азотнокислих та азотистонокислих солей, при чому й відбувається виділення вільного азоту, в результаті чого буде зберігатися рівновага між зв'язаним азотом та вмістом молекулярного азоту в атмосфері [33].

До хімічної дії речовин високу чутливість мають бактерії, що беруть участь у перетворенні азоту. Нітрифікаційна здатність ґрунту – це здатність ґрунту накопичувати нітратний азот за рахунок мобілізації азоту, є інтегральним показником їх активності. Таку особливість використовують для того, щоб проводити екотоксикологічні дослідження та встановлювати рівні небезпечності селену. Існує 4 класи, які ми можемо бачити в таблиці 2.5, екотоксикологічної небезпечності селену, з урахуванням змін активності нітрифікаційної здатності ґрунту [33].

Таблиця 2.5

Клас небезпечності	Зниження активності нітрифікації, % до контролю
1-високо небезпечний	51-100
2-небезпечний	25-50
3-помірно небезпечний	10-25
4-мало небезпечний	≤10

Для такого методу створюють оптимальні умови для перебігу всіх процесів по перетворенню азотних сполук у ґрунті під впливом мікроорганізмів шляхом компостування. Оптимальні умови допомагає створити використання термостату. В лабораторних умовах компостування ґрунту дає змогу швидше простежити за інтенсивністю такого процесу, ніж у полі. Нітрифікаційна здатність – це різниця між вмістом нітратного азоту до і після компостування, за методом Кравкова [33].

Для досліджень потенційної токсичності селену розраховують показники інгібіторної дії на мінералізацію сполук азоту ґрунту. Завдяки

цьому показнику можна оцінити токсичність селену та надати основу для співставлення його токсичності [33].

Для проведення цього методу використовують термостат, нітратомір И-405, колби мірні, ваги лабораторні для загального призначення, калій азотнокислий згідно ГОСТ 4217-77, кваски алюмокалієві згідно ГОСТ 4329-77, х.ч., воду дистильовану згідно ГОСТ 6709-72, калій хлористий згідно ГОСТ 4234-77 [33].

Приготування розчину алюмокалієвих квасків з масовою часткою 1%.

Треба 10 г алюмокалієвих квасків зважити з такою точністю до другого десяткового знаку, далі перенести кваски у мірну колбу, яка має розмір 1000 см³, після чого розчинити у дистильованій воді та довести об'єм до мітки. Такий розчин варто зберігати у склянці з притертою пробкою не більше 1 року.

Якщо розчин починає мутніти чи з'являється осад, його треба замінити на більш свіжий [33].

Приготування основного розчину азотнокислого калію з молярною концентрацією $C_{\text{KNO}_3} = 0,1$ моль/дм³. Азотнокислий калій, 10,11 г, що висушили за температурою 100-105°C до поки маса не стане постійною, варто розчинити в розчині алюмокалієвих квасків у мірній колбі, яка має розмір 1000 см³ та довести об'єм до мітки. Також цей розчин треба зберігати не більше одного року у склянці з притертою пробкою, але якщо осад мутніє чи з'являється осад, треба приготувати новий свіжий розчин [33].

Приготування розчинів з відомою молярною концентрацією нітратів.

Всі розчини готують з основного розчину азотнокислого калію, що має концентрацію $C_{\text{KNO}_3} = 0,1$ моль/дм³ у день, в який проводять аналіз. Розчин алюмокалієвих квасків треба використовувати для розбавлення [33].

Розчин, який має концентрацію $C_{\text{KNO}_3} = 0,1$ моль/дм³, треба розбавити в 10 раз для того, щоб приготувати розчин з концентрацією $C_{\text{KNO}_3} = 0,01$ моль/дм³, де $p\text{NO}_3 = 2$ [33].

А розчин, що має концентрацію $C_{\text{KNO}_3}=0,01$ моль/дм³, розбавляють в 10 разів та готують розчин, концентрація якого $C_{\text{KNO}_3}=0,001$ моль/дм³, $p\text{NO}_3=3$ [33].

Таким самим аналогічним розбавленням треба приготувати розчин з концентрацією $C_{\text{KNO}_3}=0,0001$ моль/дм³, при якому $p\text{NO}_3=4$. Розчини, які ми отримали далі треба використати для градування нітратоміра [33].

У проміжку між вимірюваннями нітратний електрод варто зберігати у розчині KNO_3 , що має $p\text{NO}_3=3$. Коли ми в наступний раз використовуємо той електрод, то перед цим його на 10-15 хвилин треба замочити також у розчині KNO_3 , але з $p\text{NO}_3=2$. Допоміжний хлор – це срібний електрод, що зберігають у насиченому розчині. На час вимірювання гумову пробку в корпусі хлор-срібного електроду варто відкривати, а при зберіганні електрода отвір має бути закритий [33].

Перед аналізом ґрунт треба підготувати, спочатку висушити його за температурою 30-32°С протягом 16 годин, після чого просіяти крізь сито, що має діаметр отвору 4 мм [33].

Склянки для компостування мають бути двох варіантів:

1 варіант – це контроль, а 2 варіант – це селен, що ми досліджуємо [33].

Скляні трубочки треба поставити у склянки, використовуючи як дренаж поліпшення аерації. Маса скляної трубочки, дренажу та самої склянки становить тара. Ґрунт зважують по 100 г та поміщують в склянки, що були попередньо зважені, разом зі скляною трубочкою та дренажем. У 2 варіанті в ґрунт треба додати необхідну кількість самого селену [33].

Вологість ґрунту треба довести до 60% капілярної вологоємності. Кількість води, що потрібна для того, щоб вологість ґрунту довести до 60% капілярної вологоємності, обчислити за наведеним прикладом: візьмемо, що капілярна вологість ґрунту 40%, тоді 60% капілярної вологоємності буде становити $(40 \cdot 60) / 100 = 24\%$. Виходить, що до ґрунту масою 100 г треба додати 24 мл води [33].

Вміст нітратного азоту у ґрунті ще до компостування треба визначати в трьох варіантах. Варто відібрати по 20 г цього ґрунту, далі додати по 50 мг алюмокалієвих квасців. Розчини, що приготували, треба протягом 3 хвилин перемішувати, далі декілька хвилин відстоювати, а потім виміряти [33].

Нітрифікаційну здатність ґрунту можна обчислити за такою формулою:

$$X = x_1 - x_2$$

X – нітрифікаційна здатність, мг/кг;
 x_1 – вміст NO_3^- в ґрунті після компостування, мг/кг;
 x_2 – вміст NO_3^- в ґрунті до компостування, мг/кг.

Показник інгібіторної дії треба обчислювати за такою формулою, як процент від контролю для кожного рівня обробки:

$$100 - \frac{\text{Кількість міліграмів } \text{NO}_3^- \text{ на кілограм обробленого ґрунту}}{\text{Кількість міліграмів } \text{NO}_3^- \text{ на кілограм обробленого ґрунту}}$$

2.7. Метод побудови графіків за допомогою використання лінії тренду

Лінія тренду призначена для того, щоб бачити графічне відображення подальших змін. Існує 6 типів ліній тренду:

- лінійна, поліноміальна, експоненційна, логарифмічна, степенева апроксимація;
- тип «змінне середнє».

Виходячи з наших даних ми обрали тип лінії тренду для прогнозування поліноміальну апроксимацію. Зазвичай її використовують для опису величин, що плавно зростають, або спадають, а також для аналізу великої сукупності якихось даних.

Алгоритм побудови ліній тренду такий:

1. Перш за все будують діаграму
2. Для того, щоб отримати контекстне меню ряду даних, варто натиснути правою клавішею на маркері ряду даних.
3. Обираємо команду, що називається Додати лінію тренду.

4. На закладці під назвою Параметри задаємо назву кривої, довжину цього відрізка прогнозування, координату точки, що перетинається з віссю у; далі зобразити рівняння регресії на діаграмі, розташовуємо на діаграмі значення r^2 (R^2).

5. Наприкінці нажимаємо ОК.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Забруднення ґрунту селеном внаслідок застосування агрохімікатів

Рівні допустимого впливу шкідливих речовин на ґрунт при застосуванні агрохімікатів варто визначити за співвідношенням між рівнем їх разового та гранично допустимого надходження.

Рівень разового надходження шкідливої речовини з агрохімікатом в ґрунт визначається в мг/га та його обчислюють за такою формулою:

$$G = \frac{dg_2 100}{g_1},$$

де G – це рівень разового надходження, мг/га;

d – рекомендована доза застосування агрохімікату за діючою речовиною, кг/га;

g_2 – концентрація шкідливої речовини в агрохімікаті, мг/кг;

100 – перерахунок на фізичку масу агрохімікату, %;

g_1 – концентрація діючої речовини в агрохімікаті, %.

Гранично допустимий рівень надходження шкідливої речовини з агрохімікатом в ґрунт A в мг/га згідно гранично допустимих та фонових концентрацій, що можемо побачити в таблиці 3.1, обчислюють за формулою:

$$A = (ГДК \text{ ш.р.} - F \text{ ш.р.}) * 3000000,$$

де $ГДК \text{ ш.р.}$ – це гранично допустима концентрація шкідливої речовини, мг/кг;

$F \text{ ш.р.}$ – це фонові концентрації шкідливої речовини в ґрунті, мг/кг;

3000000 – це маса орного шару ґрунту в перерахунку на суху речовину, кг/га.

Небезпечний рівень впливу агрохімікату на ґрунт, то є такий рівень, коли відношення разового надходження шкідливої речовини з агрохімікатом в ґрунт до гранично допустимого рівня буде перевищувати 10:

$$G/A > 10$$

В даному дослідженні ми обрали 3 фосфорні агрохімікати, як:

Таблиця 3.1

Характеристика агрохімікатів, які ми досліджуємо

Назва	Виробник	Доза застосування агрохімікату за діючою речовиною, кг/га	Концентрація діючої речовини в агрохімікаті, %	Концентрація селену в агрохімікаті, мг/га
Борошно фосфоритне калійно-магнієве гранульоване	ТОВ «Компанія Баस्ता»	345	10	15
Амофос гранульований	АТ «Ліфоса»	245	45	30
Суперфосфат гранульований	АТ «Luvema S.A.»	95	15	43

Далі треба провести розрахунки рівня разового надходження селену з агрохімікатом в ґрунт, за даними з таблиці 3.1.

$$G(\text{борошно}) = \frac{dg_2 100}{g_1} = \frac{345 * 15 * 100}{10} = \frac{517500}{10} = 51750 \text{ мг/га}$$

$$G(\text{амофос}) = \frac{dg_2 100}{g_1} = \frac{245 * 30 * 100}{45} = \frac{735000}{45} = 16334 \text{ мг/га}$$

$$G(\text{суперфосфат}) = \frac{dg_2 100}{g_1} = \frac{95 * 43 * 100}{15} = \frac{408500}{15} = 27234 \text{ мг/га}$$

Далі розраховуємо гранично допустимий рівень надходження селену з агрохімікатом в ґрунт, гранично допустима концентрація селену дорівнює 10 мг/кг, а фонова концентрація в ґрунті коливається від 0,32 до 7,33 мг/кг, для розрахунків ми беремо максимальну концентрацію.

$$A(\text{селену}) = (ГДК \text{ ш. р.} - F \text{ ш. р.}) * 3000000 = (10 - 7,33) * 3000000 = 8010000 \text{ мг/га}$$

Далі варто розрахувати відношення рівня разового надходження селену з агрохімікатом у ґрунт до його гранично допустимого рівня:

$$G/A (\text{борошно}) = 51750/8010000 = 0,006$$

$$G/A (\text{амофос}) = 16334/8010000 = 0,002$$

$$G/A (\text{суперфосфат}) = 27234/8010000 = 0,003$$

У цьому дослідженні можна робити висновок про те, що всі три агрохімікати, які ми досліджували, є безпечними за рівнем впливу агрохімікату на ґрунт. Через те, що відношення разового надходження шкідливої речовини з агрохімікатом в ґрунт до гранично допустимого рівня не перевищує 10.

3.2. Біотестування забруднення ґрунту селеном за використанням інгібіторної дії на N-мінералізацію ґрунту.

Під час досліду після того, як відбулось компостування, спостерігається активізація процесів N-мінералізації в ґрунті під впливом невисоких концентрацій селену. Інгібування вмісту NO_3^- в ґрунті, про що нам може сказати таблиця 3.2.

Таблиця 3.2

Вплив селену на процеси N-мінералізації азоту в ґрунті

№	Концентрація селену, мг/кг	Концентрація NO_3^- , мг/кг	
		14 доба інкубації	28 доба інкубації
1	Контроль-0	15,1	46,0
2	0,1	15,1	50,1
3	1	15,1	64,9
4	10	15,1	66,1
5	100	15,1	55,2
6	1000	15,1	43,3

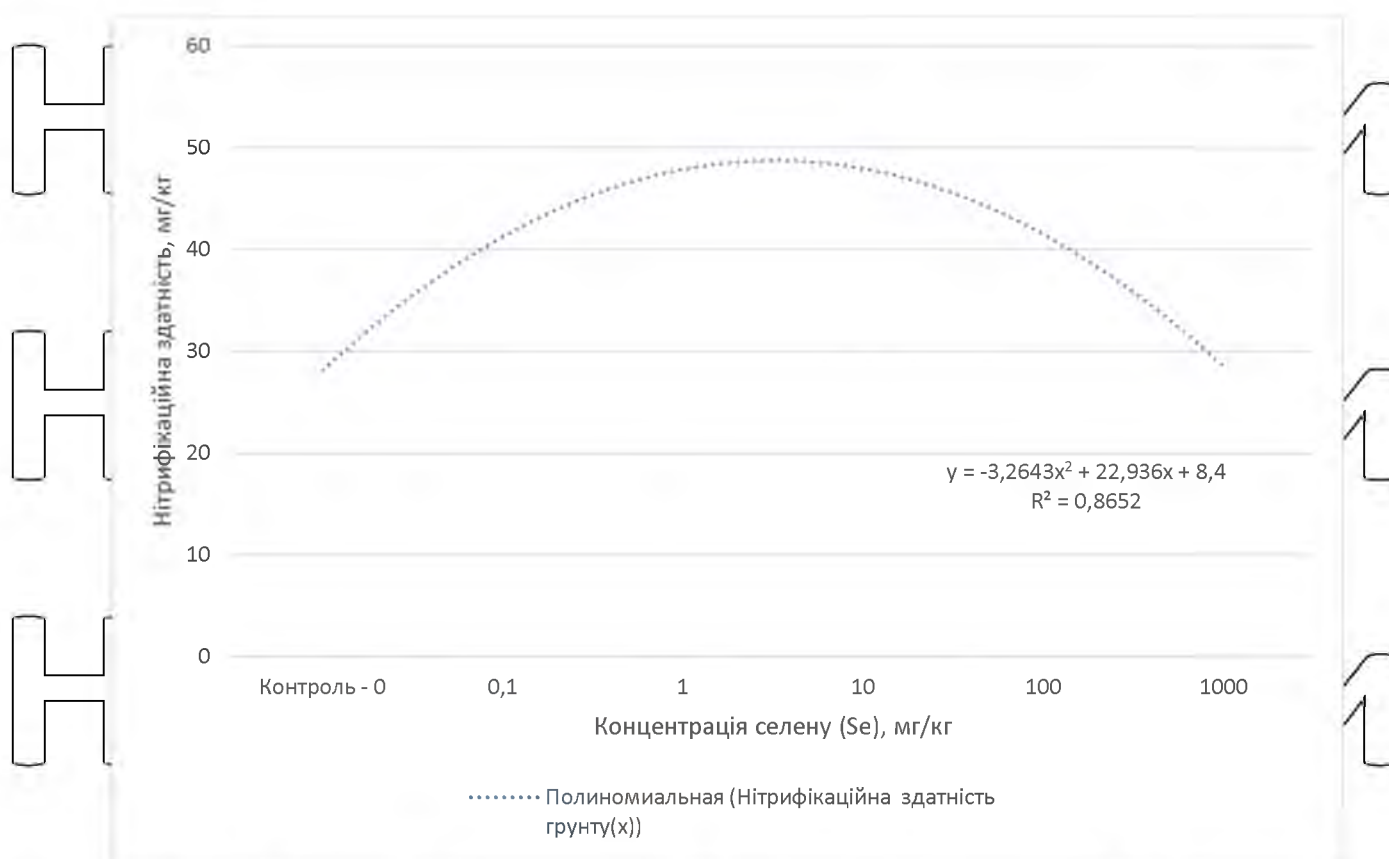


Рисунок 3.1. Вплив селену на процеси мінералізації азоту в ґрунті

На рисунку 3.1 можна побачити залежність нітрифікаційної здатності ґрунту від концентрації селену в ґрунті. Проаналізувавши рисунок 3.1 можна спостерігати стимулювання нітрифікаційної здатності з низькими концентраціями.

Використовуючи метод, під назвою апроксимація, з побудовою подімінальної лінії тренду, далі можемо змоделювати зменшення нітрифікаційної здатності зі збільшенням концентрації селену, а весь процес описати функцією $y = -3,2643x^2 + 22,936x + 8,4$ з високим рівнем достовірності апроксимації $R^2 = 0,8652$.

Нітрифікаційну здатність ґрунту ми обчислимо за формулою:

$$X = x_1 - x_2,$$

де X – це нітрифікаційна здатність, мг/кг;

x_1 – це вміст NO^3 в ґрунті після компостування, мг/кг;

x_2 – це вміст NO^3 в ґрунті до компостування, мг/кг.

Вміст NO^3 в ґрунті до компостування дорівнював 15,1 мг/кг.

Нітрифікаційна здатність ґрунту, що ми можемо побачити в таблиці 3.3, за впливом селену у різни концентраціях така:

контроль – 30,9 мг/кг;

0,1 мг/кг – 35 мг/кг;

1 мг/кг – 49,8 мг/кг;

10 мг/кг – 51 мг/кг;

100 мг/кг – 40,1 мг/кг;

1000 мг/кг – 28,2 мг/кг.

Таблиця 3.3

Вплив селену на нітрифікаційну здатність

№	Зразок, мг/кг	Вміст нітрагів до компостування, мг/кг	Вміст нітратів після компостування, мг/кг	Нітрифікаційна здатність ґрунту	Відхилення від контролю, %
1	Контроль- 0	15,1	46,0	30,9	
2	0,1	15,1	50,1	35	13,3%
3	1	15,1	64,9	49,8	61,2%
4	10	15,1	66,1	51	65%
5	100	15,1	55,2	40,1	29,8%
6	1000	15,1	43,3	28,2	-8,7%

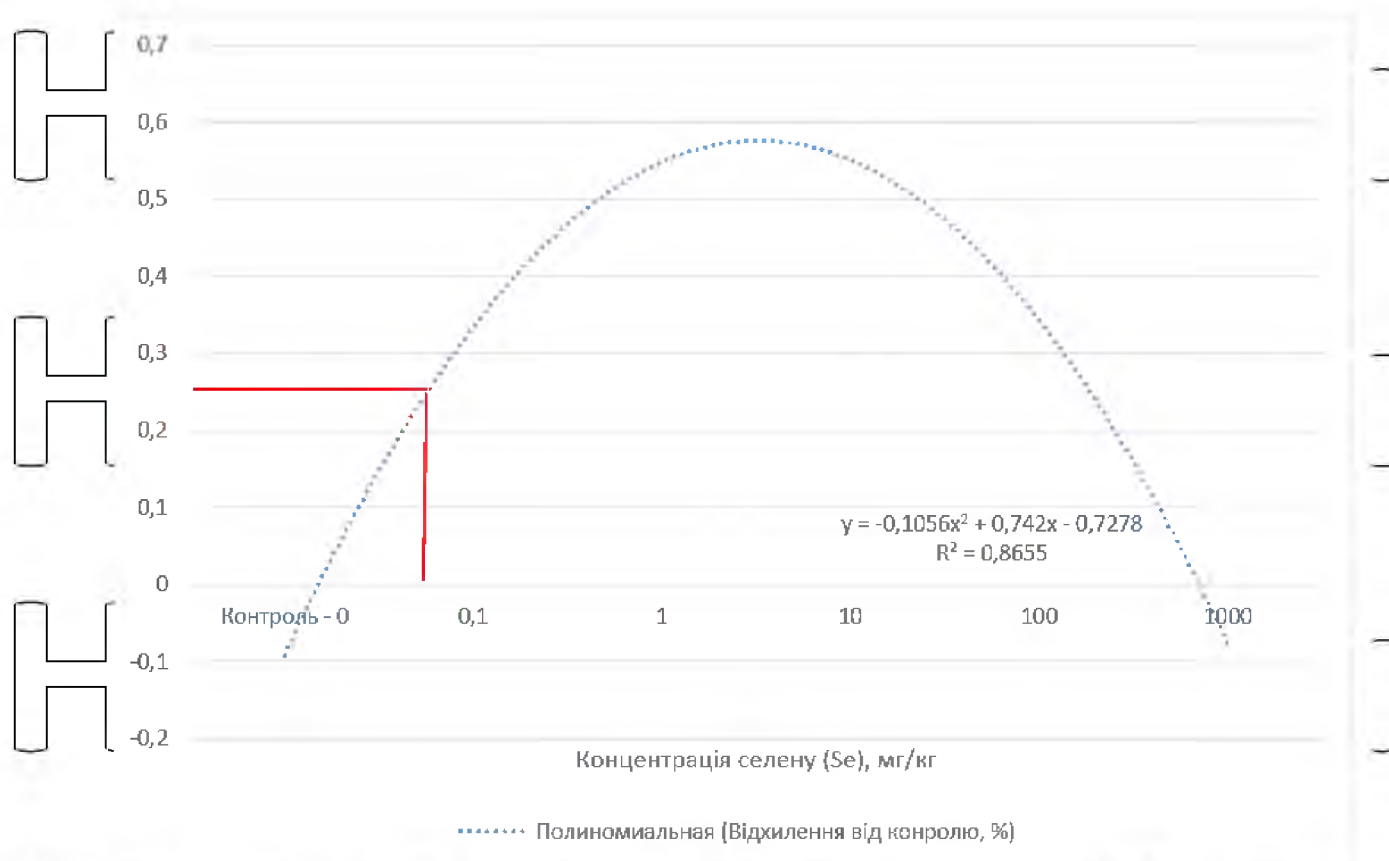


Рисунок 3.2. Відхилення показників нітрифікаційної здатності від контролю

Якщо використовувати метод апроксимації з побудовою поліноміальної лінії тренду, тоді на рисунку 3.2 ми можемо побачити, що відхилення значень від контролю зростає тоді, коли збільшується концентрація селену ґрунті. Далі може відбуватися збільшення інгібіторної дії навіть до від'ємних значень відхилення нітрифікаційної здатності відносно зразку-контролю. Цей процес можна описувати функцією $y = -0,1056x^2 + 0,742x - 0,7278$ з високим рівнем достовірності апроксимації $R^2 = 0,8655$. Але в тих концентраціях, які не перевищують 1000 мг/кг ґрунту селен не проявляє ніякої інгібіторної дії, всі відхилення, що були від контролю, мали «+»-значення. Це нам показує рисунок 3.2 та таблиця 3.4.

Таблиця 3.4

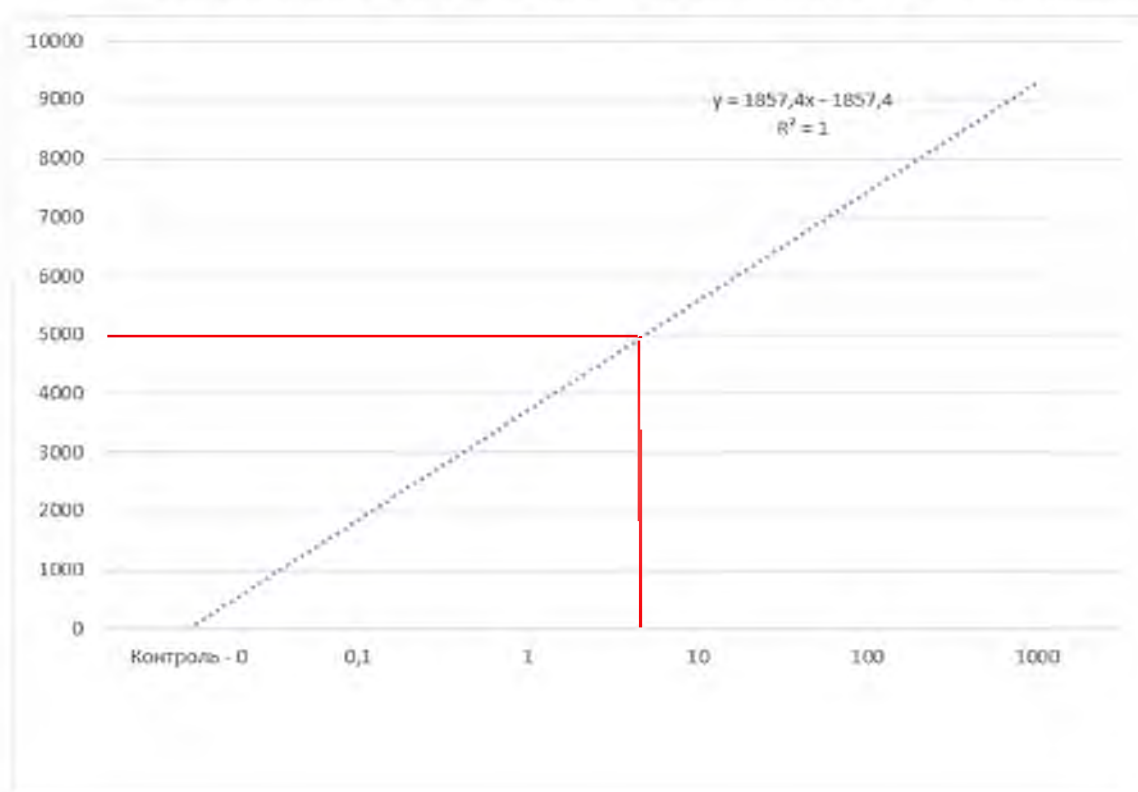
Класи екотоксикологічної небезпечності	
Клас небезпечності	Інгібіторна дія (ID ₁₀), %

1-високо небезпечний	51-100
2-небезпечний	25-50
3-помірно небезпечний	10-25
4-мало небезпечний	≤10

Але, якщо починати з концентрації селену в ґрунті 10 мг/кг, то можна бачити процес пригнічення. Тому концентрацію 10 мг/кг приймати за контроль-2, та встановлювали таку концентрацію, що могла призводити до процесів пригнічення нітрифікації на 50%, EC_{50} дорівнює 9287 мг/кг; цей процес має функцію $y = 1857,4x - 1857,4$ з рівнем достовірності $R^2 = 1$, цей процес описує рисунок 3.3.

Рисунок 3.3

Встановлення EC_{50} для селену за активністю N-мінералізації



НУБІП України

3.3. Визначення токсичності селену за впливом на проростання насіння кресс-салату (*Lactuca sativa* L.)

Багато із досліджень допомагають побачити те, що якщо рослини поглинають великі концентрації селену, то можуть бути пошкоджені деякі фізіологічні системи, наприклад: видимі симптоми токсичності селену можуть бути некроз чи хлороз, може зменшуватись площа листя, довжина, свіжа чи суха маса, може відбуватися зменшення довжини та діаметру коренів.

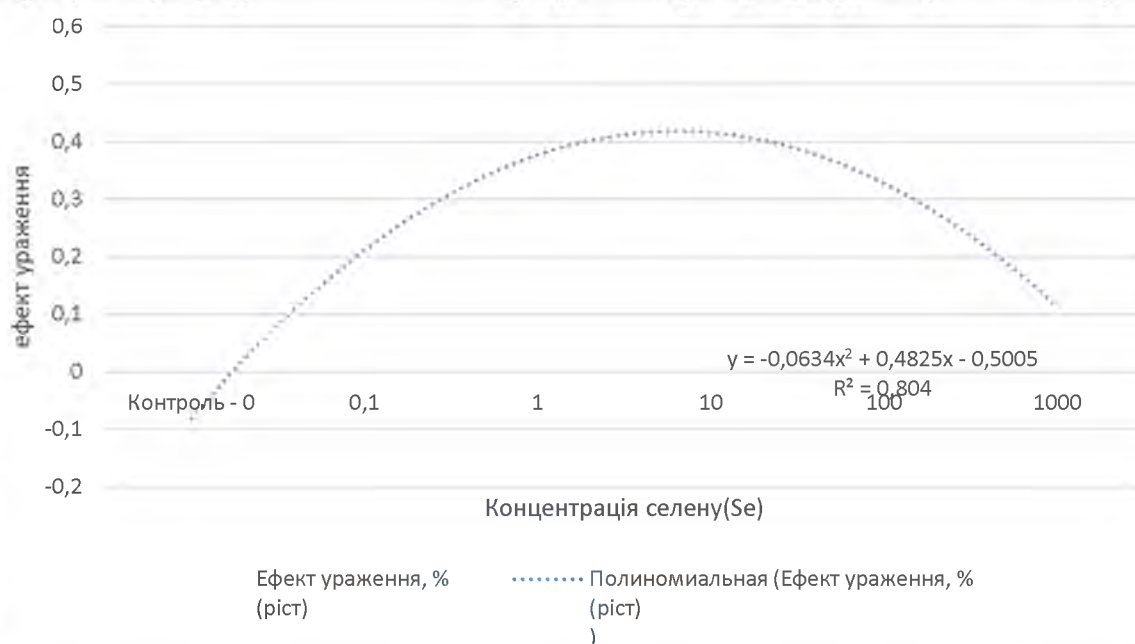
При 0; 0,1; 1; 10; 100; 1000 мг/кг у вигляді солі селену проводили обробку селеном. У цьому методі ми використовували кресс-салат (*Lepidium sativum* L.) як фітотест. А саме ми брали насіння, що проростало протягом 7 днів під дією селену. Далі вираховували кількість паростків, що проросли, за допомогою лінійки виміряли довжину коренів та пагонів. Що саме в нас вийшло можна побачити в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5

№	Концентрація селену, мг/кг	Кількість пророслих насінин, шт.	Ефект ураження, %
1	Контроль-0	22	-
2	0,1	23	+4,5%
3	1	31	+40,9%
4	10	33	+50%
5	100	29	+31,8%
6	1000	24	+9%

Рисунок 3.4

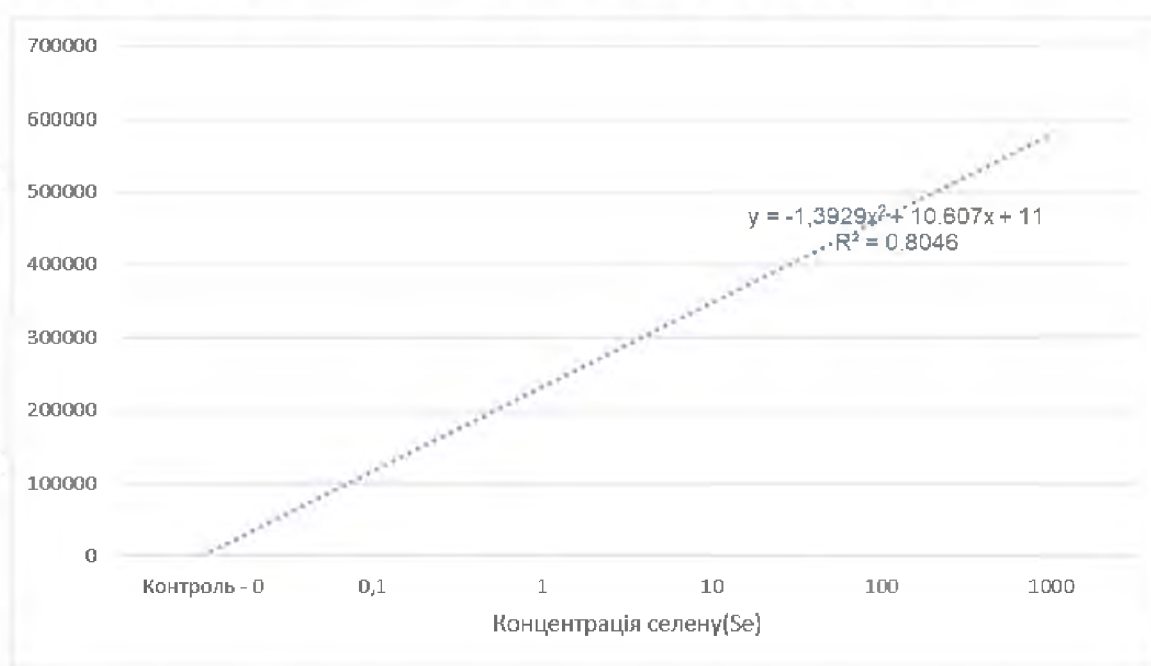
Ефект пригнічення проростання насіння крес-салату під впливом селену



За допомогою даних, що ми бачимо на рисунку 3.4 та в таблиці 3.5 можна зробити висновок про те, що селен стимулює ріст рослин, якщо використовується низька концентрація. Якщо концентрацію збільшувати, то може бути змодельоване збільшення ефекту ураження рослин до того моменту, як відбувається зменшення кількості рослин, які проростають. Даний процес ми можемо описати функцією у вигляді $y = -0,0634x^2 + 0,4825x - 0,5005$ при високому рівні достовірності апроксимації $R^2 = 0,804$.

Так як при тому, коли концентрація селену збільшувалась, відбувалось пригнічення ростових процесів, то ми обрали контроль-2, що став зразок, який мав концентрацію 1 мг/кг селену. Відносно саме цій концентрації можна було визначити EC_{25} , що дорівнювала 1000 мг/кг, й EC_{50} з 579876 мг/кг. Процес, який ми можемо бачити на рисунку 3.5, мав функцію $y = -1,3929x^2 + 10,607x - 11$ та високий рівень достовірності апроксимації $R^2 = 0,8046$.

Рисунок 3.5

Встановлення EC_{50} для селену з проростанням насіння

У таблиці 3.6 показані аналогічні проведені дослідження, які використовувались у процесі спостереження за впливом селену на накопичення вегетативної маси.

Таблиця 3.6

№	Концентрація селену, мг/кг	Маса рослин, г	Ефект ураження, %
1	Контроль-0	0,716	-
2	0,1	0,832	+16,2%
3	1	1,744	+143%
4	10	1,477	+106,3%
5	100	1,351	+88,7%
6	1000	1,303	+81,9%

Рисунок 3.6

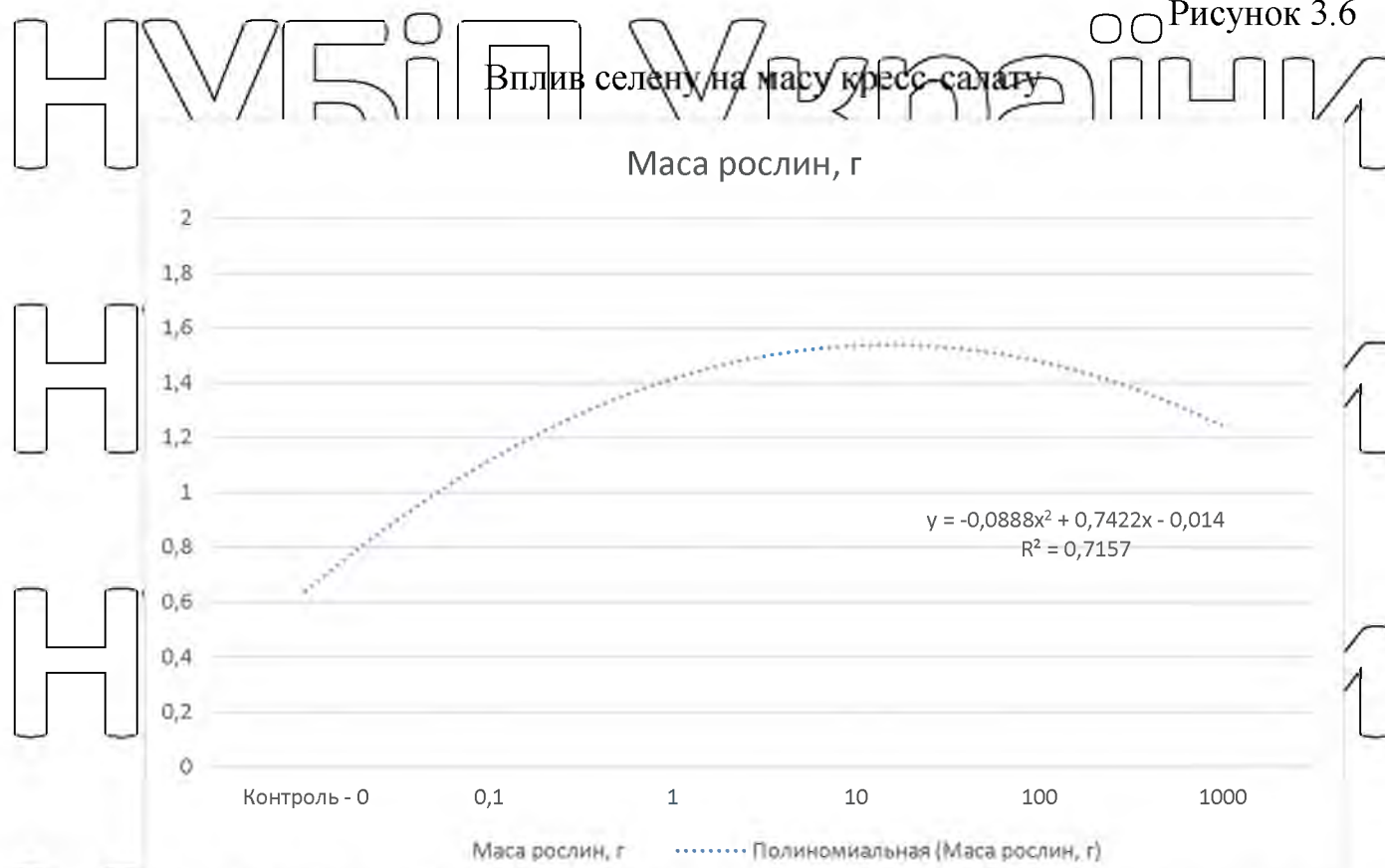


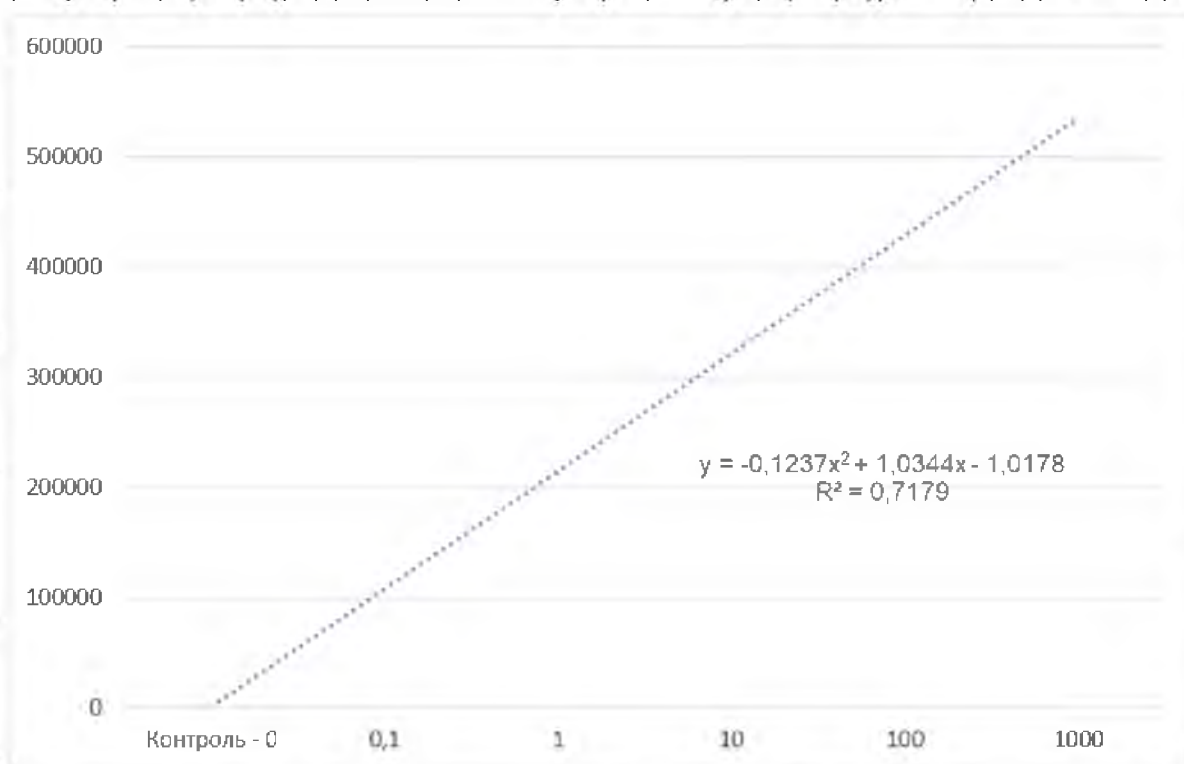
Рисунок 3.6 може показати нам залежність збільшення концентрації зі збільшенням маси крес-салату. Це може викликати захисна реакція рослин на зовнішній чинник. Такий процес буде виглядати у функції $y = -0,0888x^2 + 0,7422x - 0,014$ та мати середній рівень достовірності апроксимації $R^2 = 0,7157$.

На рисунку 3.7 ми використовуємо за контроль-2 концентрацію, яка дорівнює 1 мг/кг, через те, що саме при цій концентрації селену можна було спостерігати процес пригнічення, а також встановили, що це концентрація, яка

призводить до пригнічення процесів нітрифікації на 50% EC_{50} дорівнює 534498 мг/кг. А цей процес має вигляд функції $y = -0,1237x^2 - 1,0344x - 1,0178$ при високому рівні достовірності апроксимації $R^2 = 0,7179$.

Рисунок 3.7

Встановлення EC_{50} для селену за накопичення вегетативної маси рослини



Таблиця 3.7

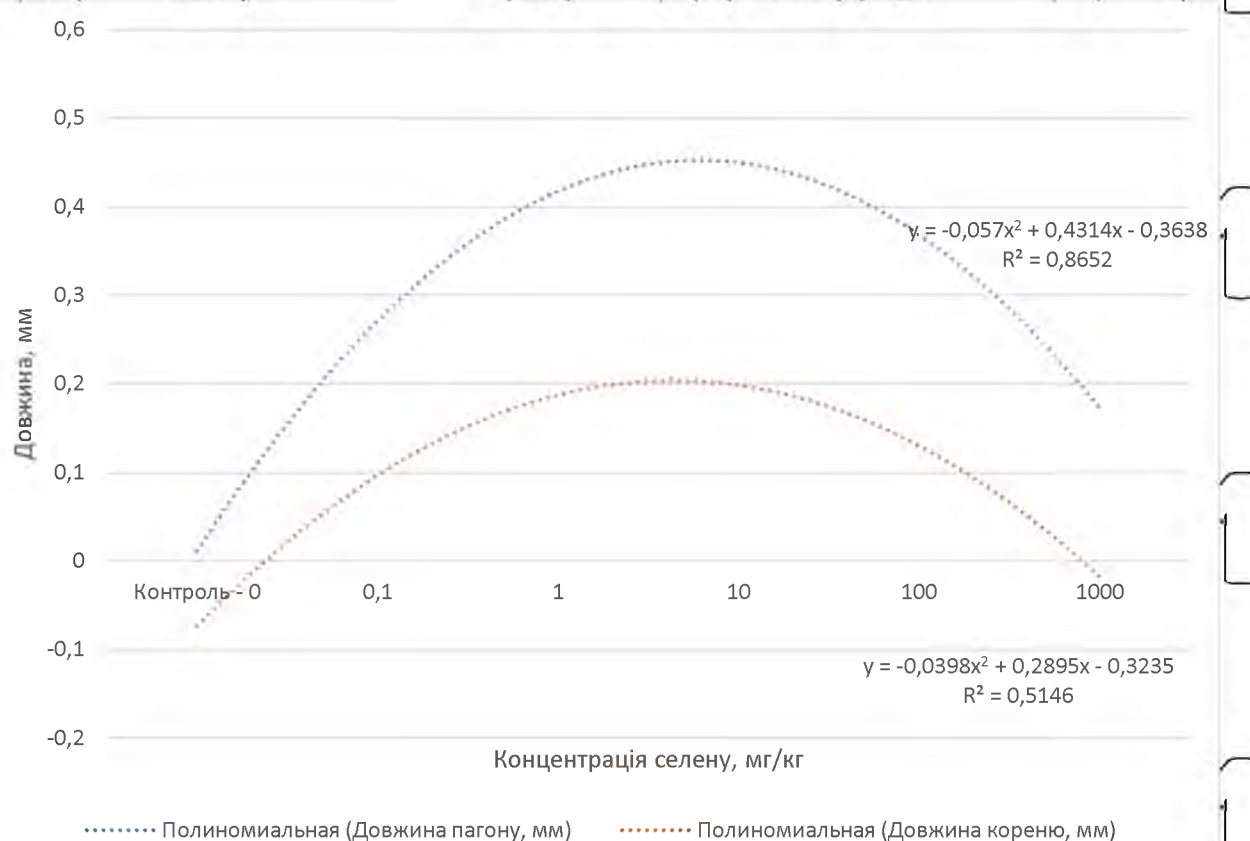
Вплив селену на довжину кореня та пагону

№	Концентрація селену, мг/кг	Довжина, мм		Ефект ураження, %	
		Пагону	Кореня	Пагону	Кореня
1	Контроль - 0	41,1	12,3	-	-
2	0,1	53	12,4	+28,9%	+0,8%
3	1	57	13,1	+38,7%	+6,5%
4	10	63,2	16,7	+53,8%	+35,8%
5	100	51,9	14,3	+26,3%	+16,2%
6	1000	49,8	11,4	+21,2%	-7,3%

Під час того, як селен діяв на довжину пагону й кореня кресс-салату, ефект ураження спостерігався з того моменту, як почалась концентрація 10 мг/кг. Рослини починали збільшувати довжину пагонів й коренів, а це могло свідчити про те, що вмикаються захисні механізми рослин проти дії речовини,

яка забруднює. Але збільшення концентрації селену більше ніж 10 мг/кг може призвести до пригнічення ростових процесів певного типу. Процес має функцію, що ми бачимо на рисунку 3.8, яка виглядає так $y = -0,057x^2 + 0,4314x + 0,3638$, маючи високий рівень достовірності апроксимації $R_2 = 0,8652$ та $y = -0,0398x^2 + 0,2895x + 0,3235$ з $R_2 = 0,5146$.

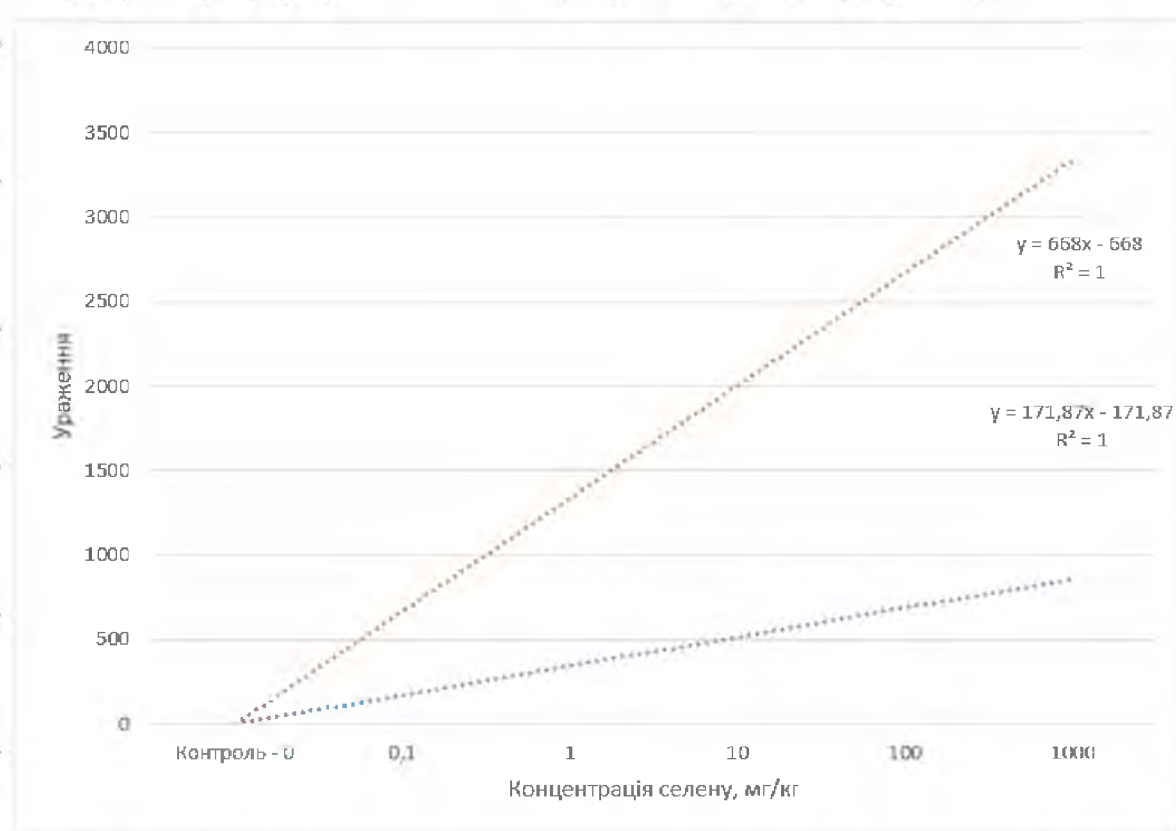
Рисунок 3.8
Віст кореня та пагону



Через те, що при тому, як збільшується концентрація селену відбувається пригнічення ростових процесів, а саме довжини пагонів та коренів, ми взяли контроль-2, що є зразком з концентрацією селену 10 мг/кг. На рисунку 3.9 за цієї концентрації видно визначену EC_{50} для коренів, що дорівнює 85936 мг/кг. Такий процес має функцію $y = 668x - 668$ при цьому маючи високий рівень апроксимації $R_2 = 1$. Також ми визначили EC_{50} для пагону, що дорівнює 334000 мг/кг, а цей процес може описати функція у такому вигляді, як $y = 171,87x - 171,87$ та має високий рівень апроксимації $R_2 = 1$.

Рисунок 3.9

Встановлення EC_{50} для селену за впливом на ростові процеси



3.4. Порівняння результатів з вмістом Селену у ґрунтах України, прогноз екологічної небезпечності

За поширенням у земній корі селен буде посідати 68 місце. Також він є високо розсіяним елементом. На тих територіях, де підсилюючі материнські породи містять велику кількість селену, підвищений вміст цього мікроелемента може виявлятися в ґрунтах як результат вивітрювання, вилугування чи міграції в ґрунтових розчинах. Порівняння середнього вмісту селену в ґрунтах та середньої концентрації селену в земній корі вказує на те, що атмосферні опади можуть також відігравати важливу роль у глобальному розподілі селену в ґрунтах. В атмосферу надходить 60% селену, що пов'язані з природними джерелами, а решта 40% надходить з антропогенною емісією кольорових металів. Таким чином, селену в ґрунтах має регіональні та локальні джерела. Локальні джерела – це ґрунтоутворюючі породи, з яких селен мобілізується у процесах вилугування чи

вивітрювання, а також добрива, що мають селен у своєму складі. Додатковим джерелом селену в ґрунтах є сухий вологі атмосферні опади антропогенного чи природного характеру [44, 51].

Концентрація селену у ґрунтах може коливатися від $1,2 \cdot 10^{-6}$ до $2,2 \cdot 10^{-4}$ %. А середній вміст цього мікроелементу в ґрунтах на різних зонах може складати $2,4 \cdot 10^{-5}$ %. У підзолистих чи піщаних ґрунтах виявлено селену $1,2 \cdot 10^{-6}$ – $3,2 \cdot 10^{-6}$ %. Сірі лісні ґрунти, чорноземи, торф'яні й дерново-підзолисті ґрунти мають більшу концентрацію селену, наприклад, таку як $6 \cdot 10^{-6}$ – $1,1 \cdot 10^{-4}$ %. Незважаючи на те, що селену приділяють велику увагу, досліджень по цьому мікроелементу, що розповсюджені на території України, досить мало. Навіть сьогодні, майже єдиним унікальним дослідженням фундаментального характеру про вміст хімічного елементу, під назвою селен, в ґрунтах на території України є праці Сучкова та Бардова. Згідно даних, що ми можемо бачити в таблиці 3.8, можна територію України відносити до геохімічних провінцій, що мають середній вміст рухомих форм селену в ґрунтах природних угідь [44]

Таблиця 3.8

Вміст селену в ґрунтах України, мг/кг

Хмельницька	0,014±0,002
Київська	0,022±0,003
Вінницька	0,046±0,005
Луганська	0,06±0,007
Полтавська	0,06±0,007
Одеська	0,07±0,008
Тернопільська	0,07±0,008
Чернігівська	0,07±0,009
Харківська	0,082±0,009
Крим	0,092±0,01
Миколаївська	0,120±0,013
Житомирська	0,130±0,014
Сумська	0,130±0,014
Закарпатська	0,152±0,017
Дніпропетровська	0,166±0,018
Запорізька	0,204±0,023

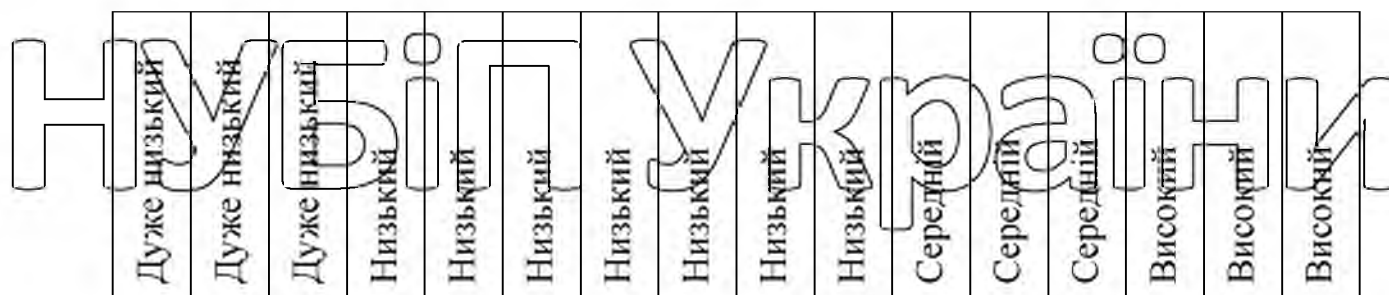


Рисунок 3.10 візуально показує нам, за даними Сучкова, зміст рухомих форм селену в ґрунтах природних угідь на території України.

Рисунок 3.10



Тож з цієї карти можна побачити, що людям, які мешкають на території Криму, Київської, Луганської, Чернігівської, Полтавської, Хмельницької, Одеської, Вінницької, Харківської та Тернопільської областей слід стежити за добовою нормою споживання селену. Це потрібно для того, щоб не виникло надлишку чи дефіциту цього мікроелементу в організмі людини. А тим, хто мешкає в Закарпатській, Закарпатській і Дніпропетровській областях варто стежити за тим, щоб не виникло перебільшення селену у добовій нормі. Через

це, можна зробити висновок про те, що територій Житомирської, Сумської й Миколаївської областей – це найнебезпечніші території.

Для того, щоб були великі успіхи у тому, як вирішити проблему забруднення навколишнього природного середовища, допоможе тільки одна умова, це умова надійної законодавчо-правової бази в країні. А забезпечення екологічної безпеки та підтримання екологічної рівноваги на всій території нашої країни, збереження генофонду українського народу, подолання усіх наслідків катастрофи Чорнобиля – це є обов'язками держави згідно Конституції України [44].

В таблиці 3.9 можна подивитись види та підвиди небезпеки

Таблиця 3.9

Техногенний клас екологічної небезпеки

Види небезпеки

Небезпека, що сформована хімічними чинниками	Небезпека, що сформована фізичними чинниками	Небезпека, що сформована біологічними чинниками	Небезпека, що сформована ландшафтно-трансформуючими чинниками	Небезпека, що сформована геоінформаційними чинниками	Небезпека, що сформована інноваційно-проектними чинниками	Небезпека, що сформована експлуатаційними чинниками
--	--	---	---	--	---	---

Підвиди небезпеки

Газове, аерозольне забруднення повітря, пилове	Електромагнітні Радіаційні	Мікологічні	Вимивання несучих геопластів хімічно забрудненим і промисловими видами	Забруднення інформаційно-і оболонки Землі внаслідок аварій та катастроф	Неврахування всіх можливих наслідків та впливів впроваджуваних інформаційних довідків і людини	Порушення в роботі технологічних схем та систем
Забруднення об'єктів	Термальні	Вірусологічні	Створення штучних	Забруднення інформаційно		Порушення в роботі

гідросфери мінеральні ми та органічним и речовинами	вібраційні	об'єктів гідросфери	ї оболонки Землі	комп'ютерні
Руйнування будівель та конструкцій під впливом корозії й агресивних речовин	шумові	бakteriологі чні	Виділення земель під розміщення відходів	х і інформаційні систем
			Проведення інтенсивних гірничих розробок	Неврахуванн я у впроваджува них виробничих схемах чи технологіях всіх необхідних складових
			Відведення земель під промислово- селітєбну забудову	Порушення в роботі внаслідок помилки людини- оператора
			Виділення земель під будівництво транспортних мереж	

Отже, важлива складова для попередження забруднення навколишнього середовища різними ксенобіотиками – це заходи, що спрямовують для того, щоб відбувався збір чи утилізація відходів, перш за все гірничодобувної, хімічної, металургійної, машинобудівної й рештки промислових галузей, які регламентовані Законом України «Про відходи» від 1998 року. Саме цей документ визначає організаційні, економічні й правові засади, їх зберігання, утилізацією, перевезенням, збиранням, обробленням, видаленням, захороненням та знешкодженню для того, щоб попередити негативний вплив відходів на навколишнє середовище й здоров'я людей на території України.

[44]

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНТАЦІЇ

1. Селен – важливий елемент для організму людини, але також дуже важливою є норма його споживання. Багато вчених доводили, що надлишок селену в організмі може мати негативний вплив на здоров'я та життя людини.

Але, в свою чергу, дефіцит цього хімічного елементу може погіршувати якість життя, підвищувати ризик таких захворювань як онкологічні, інфекційні, серцево-судинні та аутоімунні, також дефіцит селену знижує продуктивність, соціальну й економічну.

2. Під час нашого дослідження ми з'ясували, що агрохімікати, які були взяті для досліджу, безпечні для ґрунту. Такі висновки були зроблені через те, що після підрахунку відношення рівня разового надходження селену та агрохімікатів в ґрунт до гранично допустимого рівня, воно не перевищувало 10. Якщо це відношення буде більше 10, то така речовина буде небезпечною для ґрунту. У нас:

- G/A (борошно) = $0,006 < 10$;
- G/A (амофос) = $0,002 < 10$;
- G/A (суперфосфат) = $0,003 < 10$.

3. Також було досліджено нітрифікаційну здатність ґрунту, що дорівнює 30,9 мг/кг, 35 мг/кг, 49,8 мг/кг, 51 мг/кг, 40,1 мг/кг, 28,2 мг/кг. Всі зразки мають «+»-значення по відхиленню від контролю, окрім зразка, де концентрація селену 1000 мг/кг, в цьому зразку відхилення дорівнює -8,7%.

4. Існують дослідження, що добре допомагають зрозуміти концентрації селену в яких кількостях поглинають рослини. Після проведення методу, де був використаний крес-салат, ми дослідили ефект ураження на пророслі насінини, на їх масу та довжину пагону й кореня. Ефект ураження почав спостерігатися з того моменту, коли селен мав вплив на довжину кореня та пагону, де концентрація селену дорівнювала 10 мг/кг.

5. Після аналізу карти, яка показує нам вміст селену в ґрунтах на

території України, можна зробити висновок про те, що селену недостатньо на території Тернопільської, Київської, Одеської, Чернігівської, Вінницької, Хмельницької, Луганської та Полтавської областей, а надлишок у Запорізькій, Закарпатській та Дніпропетровській областях.

Рекомендації: варто бути надзвичайно обережними зі споживанням селену та використанні його для підживлення їм рослин, бо неправильна, тобто надлишкова чи дефіцитна доза цього хімічного елемента призводить до негативних наслідків.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. 14th International Symposium on Trace Elements in Man and Animals/Meeting in Se-Enriched Enshi, China Exploring Trace Elements: Science, Innovation, & Application. – 2011. P. 337. Режим доступу: https://www.bib.irb.hr/561026/download/561026.TEMA-14_Proceedings.pdf
2. Alexander John Fitzpatrick. The measurement of the Se/S ratios in sulphide minerals and their application to ore deposit studies/Kingston, Ontario, Canada. – 2008. P.203. Режим доступу: https://ospace.library.queensu.ca/bitstream/handle/1974/1045/Fitzpatrick_Alexander_J_200802_PHD.pdf?sequence=1
3. Basic Principles of Comprehensive Biotesting of Drinking Water and Point System Classification of Water Quality. [Електронне джерело]. Режим доступу: <https://link.springer.com/article/10.3103/S1063455X1801006X>
4. David L. Butler, Winfield G. Wright. Detailed Study of Selenium and Other Constituents in Water, Bottom Sediment, Soil, Alfalfa, and Biota Associated with Irrigation Drainage in the Uncompahgre Project Area and in the Grand Valley, West-Central Colorado, 1991-93. – P.145. Режим доступу: <https://pubs.usgs.gov/wri/1996/4138/report.pdf>
5. Environmental Health Criteria 58. Selenium. – P.223. Режим доступу: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/37268/9241542586-eng.pdf?sequence=1%26isAllowed=y>
6. Fiona Fordyce. Selenium Deficiency and Toxicity in the Environment: British Geological Survey. – P.53. Режим доступу: <https://nora.nerc.ac.uk/id/eprint/502037/1/MedGeoSeChapt16word.pdf>
7. Fungal Bioremediation of Selenium-Contaminated Industrial and Municipal Wastewaters. [Електронне джерело]. Режим доступу: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7507899/>

8. Ieva Mockeviciene, Danute Karcauskiene. Influence of Liming Intensity on Fractions of Humified Organic Carbon in Acid Soil: A Case Study. – P.13.

Режим доступу: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/9/5297/pdf?version=1651128766>

9. Ivanov I. Analysis of the phaunistic composition of Ukraine // Priority directions of science and technology development. Abstracts of the 2nd International scientific and practical conference. SPC “Sci-conf.com.ua”. Kyiv, Ukraine. 2020. Pp. 21-27. Режим доступу:

<https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/bitstream/lib/35076/1/PRIORITY-DIRECTIONS-OF-SCIENCE-AND-TECHNOLOGY-DEVELOPMENT-25-27.10.20.pdf>

10. Maria Economou-Eliopoulos, Demetrios G. Eliopoulos, Stephan Chrysoulis.

A comparison of high-Au massive sulfide ores hosted in ophiolite complexes of the Balkan Peninsula with modern analogues: Genetic significance. -

Department of Geology, University of Athens, Panepistimiopolis, 15784 Athens, Greece Institute of Geology and Mineral Exploration, 70 Messoghion Street, GR-11527 Athens, Greece AMTEL, 100 Collip Circle, UWO

Research Park, London, ON, Canada N6G 4X8. – 2006. P.21. Режим

доступу: [https://www.researchgate.net/profile/Maria-Economou-Eliopoulos/publication/13558495_Selenium_content_of_sulfide_ores_related_to_ophiolites_of_Greece/links/574c664008a8be5d156d183/Selenium-](https://www.researchgate.net/profile/Maria-Economou-Eliopoulos/publication/13558495_Selenium_content_of_sulfide_ores_related_to_ophiolites_of_Greece/links/574c664008a8be5d156d183/Selenium-content-of-sulfide-ores-related-to-ophiolites-of-Greece.pdf)

[content-of-sulfide-ores-related-to-ophiolites-of-Greece.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Maria-Economou-Eliopoulos/publication/13558495_Selenium_content_of_sulfide_ores_related_to_ophiolites_of_Greece/links/574c664008a8be5d156d183/Selenium-content-of-sulfide-ores-related-to-ophiolites-of-Greece.pdf)

11. Selenium: What it does and how much you need. Режим доступу:

https://www.medicalnewstoday.com/articles/287842#_noHeaderPrefixContent

12. Tarek Alshaal, Nevien Elhawat, Attila Sztrik. Selenium in soils under climate

change, implication for human health. – 2014. P.22. Режим доступу:

https://www.researchgate.net/profile/Neama-Abdalla-2/publication/267024824_Selenium_in_soils_under_climate_change_implic

ation_for_human_health/links/5472a5960cf24bc8ea199eab/Selenium-in-soils-under-climate-change-implication-for-human-health.pdf

13. The Nutrition Source. Selenium. [Електронне джерело]. Режим доступу: <https://www.hsph.harvard.edu/nutritionsource/selenium/>

14. Why do people take selenium? [Електронне джерело]. Режим доступу: <https://www.webmd.com/a-to-z-guides/supplement-guide-selenium>

15. Арустамян О.М. Отруєння селеном і його сполуками у промисловості й побуті / Арустамян О.М., Ткачишин В.С., Кондратюк В.Є., Алексійчук

О.Ю., Думка І.В., Ткачишина Н.Ю. – Національний медичний університет імені О.О. Богом, 2020. – 7 с. Режим доступу:

<https://emergency.zaslavsky.com.ua/index.php/journal/article/download/1312/1361/71>

16. Біотестування як метод оцінки якості питних вод / . – Вісн. НАН України, № 10, 2006. – 4 с. Режим доступу:

<http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/2255/a7-6.pdf?sequence=1>

17. Біотестування. [Електронне джерело]. Режим доступу: <https://center-ltd.com.ua/laboratoriya/biotestuvannya/>

18. Біотестування. [Електронне джерело]. Режим доступу: <https://www.wiki.uk-ua.nina.az/%D0%91%D1%96%D0%BE%D1%82%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F.html#:~:text=%D0%91%D1%96%D0%BE%D1%82%D0%B5%D1%81%D1%82%D1%83%D0%B2%D0%B0%CC%81%D0%BD%D0%BD%D1%8F%20%E2%80%94%D1%86%D0%B5%20%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B5%20%D0%B2%D0%B8%D0%B7%D0%BD%D0%B0%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F%2C%20%D0%BE%D1%86%D1%96%D0%BD%D0%BA%D0%B0>

%D1%86%D0%B8%D1%82%D0%BE%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0
 %B5%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE
 %20%D1%82%D0%BE%D1%89%D0%BE)%%2C%20%D1%89%D0%BE
 %20%D1%81%D0%BF%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B5%D1%80%
 D1%96%D0%B3%D0%B0%D1%94%D1%82%D1%8C%D1%81%D1%8F
 %20%D0%B2

19. Васенко О.Г. Інтегральні та комплексні оцінки стану навколишнього природного середовища: монографія / Васенко О.Г., Рибалова О.В.,

Артем'єв С.Р., Горбань Н.С., Коробкова Г.В., Полозенцева В.О.,

Козловська О.В., Мапак А.О., Савічев А.А. – Х: НУГЗУ, 2015. – 419 с.

Режим доступу:

<http://repositc.nuczu.edu.ua/bitstream/123456789/6524/1/%D0%9E%D0%A0%D0%98%D0%93%20%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8C%201%20%D0%B8%D1%81%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BE%20%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%BC.pdf>

20. Верголяс М. Еколого-токсикологічний моніторинг стану води різних

джерел України / Верголяс М.. – Дніпро, 2019. – 342 с. Режим доступу:

https://www.dnu.dp.ua/docs/ndc/dissertations/D08.051.04/dissertation_5dec7ac272822.pdf

21. Григор'єва Л. І. Екологічна токсикологія та екотоксикологічний

контроль : [навчальний посібник] / Л. І. Григор'єва, Ю. А. Томлін. –

Миколаїв : Вид-во ЧДУ імені Петра Могили. – Миколаїв, 2015. – 240 с.

Режим доступу:

<https://dspace.chmnu.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/100/1/%D0%93%D1%80%D0%B8%D0%B3%D0%BE%D1%80%27%D1%94%D0%B2%D0%B0%20%D0%9B.%20%D0%86.%20%D0%95%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B0%20%D1%82%D0%BE%D0%BA%D1%81%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B>

В%Д0%BE%Д0%B3%Д1%96%Д1%8F%20%Д1%82%Д0%B0%20%Д0%
%B5%Д0%BA%Д0%BE%Д1%82%Д0%BE%Д0%BA%Д1%81%Д0%B8%
%Д0%BA%Д0%BE%Д0%BB%Д0%BE%Д0%B3%Д1%96%Д1%87%Д0%
%BD%Д0%B8%Д0%B9%20%Д0%BA%Д0%BE%Д0%BD%Д1%82%Д1%
%80%Д0%BE%Д0%BB%Д1%8C.pdf

22. Гринь Г. І. Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища: підруч. / Гринь Г. І., Мохонько В. І., Суворін О. В. та ін. – Северодонецьк : вид-во СНУ ім. В. Даля, 2019. – 420 с., 126 рис., 67 табл., бібліограф. 132 назв. Режим доступу:

https://deps.snu.edu.ua/media/filer_public/f9/3e/f93e762d-4e8d-4334-8d0b-282c89e239a3/metodi_vimiriuvannia_parametriv_navkolishnyogo_seredovishcha.pdf

23. Давидова О.Є. Фізіолого-біохімічні та стреспротекторні функції селену у рослинах: стаття / Давидова О.Є., Вещицький В.А., Яворовський П.П. – Київ: Науково-інженерний центр «АКСО» НАН України, 2009. – 15 с.

Режим доступу: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/30260/02-Davidova.pdf?sequence=1>

24. Журавльова Л.В. Вплив селену на розвиток та прогноз серцево-судинних захворювань / Журавльова Л.В.. – Харківський національний медичний університет. – 11 с. Режим доступу:

<https://repo.knmu.edu.ua/bitstream/123456789/14096/1/%D0%92%D0%BF%D0%BB%D0%B8%D0%B2%20%D1%81%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D1%83%20%20%D0%BD%D0%B0%20%D1%80%D0%BE%D0%B7%D0%B2%D0%B8%D1%82%D0%BE%D0%BA%20%D1%82%D0%B0%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D0%BD%D0%BE%D0%B7%20%D1%81%D0%B5%D1%80%D1%86%D0%B5%D0%B2%D0%BE->

<https://repo.knmu.edu.ua/bitstream/123456789/14096/1/%D0%92%D0%BF%D0%BB%D0%B8%D0%B2%20%D1%81%D1%83%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D1>

%85%20%D0%B7%D0%B0%D1%85%D0%B2%D0%BE%D1%80%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D1%8C.pdf

25. Захарчук П.Б. Порівняльна оцінка продуктивної дії «Е-селену» і «Девівіту» при відгодівлі бичків симентальської породи: дисертація / Захарчук П.Б. – Міністерство освіти і науки України. Подільський державний аграрно-технічний університет, 2019. - 175 с. Режим доступу:

https://vet.edu.ua/images/step/2020/11/15/Zakharchuka_P.B/Dysertatsiya_Zakharchuka%20P.B..pdf

26. Ізюмова О.Г. Застосування методів біотестування при оцінці якості

довкілля / Ізюмова О.Г., – м. Житомир, вул. Черняхівського, 103, Україна. – 1 с. Режим доступу:

[http://eztuir.ztu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/5378/14.pdf?sequence=](http://eztuir.ztu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/5378/14.pdf?sequence=1)

1

27. Кирильчук А. А. Хімія ґрунтів. Основи теорії і практикум : навч.

посібник / А. А. Кирильчук, О. С. Бонішко. – Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2011. – 354 с. + 0,5 вкл. ISBN 978-966-613-893-7. Режим

доступу: [https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/01/Kyryl-](https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/01/Kyrylchuk-A.A.-KHimiia-hruntiv.pdf)

[chuk-A.A.-KHimiia-hruntiv.pdf](https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/01/Kyrylchuk-A.A.-KHimiia-hruntiv.pdf)

28. Клименко М.О. Оцінювання стану водних екосистем за показниками

біотестування: Монографія/ Клименко М.О., Прищеп А.М., Клименко, О.М., Стецюк Л.М. – Рівне: НУВГП, 2014. – 170 с. Режим доступу:

<https://ep3.nuwm.edu.ua/1986/1/Klymenko%20zah.pdf>

29. Клімкіна І.І. Основи екологічної токсикології. Методичні рекомендації

до виконання практичних робіт з дисципліни студентами напряму підготовки 6.040106 Екологія, охорона навколишнього середовища та

збалансоване природокористування / Клімкіна І.І., Грунтова В.Ю.; – Д. :

НГУ, 2015. – 44 с. Режим доступу:

<https://core.ac.uk/download/48405995.pdf>

30. Ковальова С. Застосування методів біотестування для оцінки якості природних вод / Ковальова С. – Національний університет харчових технологій. – 2 с. Режим доступу:

<http://dspace.nuft.edu.ua/bitstream/123456789/22440/1/6.pdf>

31. Кравчук Н.І. Роль селену в організмі людини / Кравчук Н.І. – Вінницький обласний клінічний високоспеціалізований. – 1 с. Режим доступу:

<https://www.content.net.ua/registration/content/ua2260/pages/f60756.html>

32. Лисиця А.В. Біоіндикація і біотестування забруднених територій. Методичні рекомендації до самостійного вивчення дисципліни. Рівне: Дока-центр, 2018. – 94 с. Режим доступу:

https://kegt.rshu.edu.ua/images/dustan/2019/la_19_03_ms.pdf

33. Макаренко Н.А. Біотестування нанопрепаратів з врахуванням особливостей їх впливу на нецільові об'єкти природних екосистем / Н.А. Макаренко, В.І. Бондарь, А.В. Сальнікова, Л.В. Рудницька // науковометодичні рекомендації. – К.: ІП Компринт, 2015. – 26 с.

34. Макаренко Н.А. Навчально-методичні рекомендації з проведення практичних робіт з дисципліни Екологічна токсикологія. – К.: НУБіП України, 2020. – 96 с. Режим доступу:

<http://dspace.nubip.edu.ua:8080/jspui/bitstream/123456789/7088/4/%d0%9c%d0%b0%d0%ba%d0%b0%d1%80%d0%b5%d0%bd%d0%ba%d0%be%d0%9c%d0%b5%d1%82%d0%be%d0%b4%d0%b8%d1%87%d0%bd%d1%96%20%d1%80%d0%b5%d0%ba%d0%be%d0%bc%d0%b5%d0%bd%d0%b4%d0%b0%d1%86%d1%96%d1%97%20%d0%95%d0%ba%d0%be%d1%82%d0%be%d0%ba%d1%81%d0%b8%d0%ba%d0%be%d0%bb%d0%be%d0%b3%d1%96%d1%8f%20%28%d0%b1%d0%b0%d0%ba%d0%b0%d0%bb%d0%b0%d0%b2%d1%80%d0%b8%29.pdf>

35. Мельник О. П. Біотестування, як ефективний метод оцінки якості навколишнього середовища / Мельник О. П. – Суми. Сумський

державний університет, 2017. – 3 с. Режим доступу:

https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/63258/1/Melnyk_biotestuvannia.pdf

36.Ноцек М.С. Селен та наноселен: роль в організмі та застосування у

медичній практиці: оригінальна стаття / Ноцек М.С., Горчакова Н.О.,

Баденічев І.Ф., Пузиренко А.М., Чекман І.С. – К.: Національний

університет імені О.О. Богомольця, Запорозький медичний університет,

2015. – 5 с. Режим доступу: [http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-](http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/Unmmj_2015_4_27.pdf)

[bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=U](http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/Unmmj_2015_4_27.pdf)

[JRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/Unmmj_2](http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/Unmmj_2015_4_27.pdf)

[015_4_27.pdf](http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/Unmmj_2015_4_27.pdf)

37.Основи біотехнології. Біоіндикація. [Електронне джерело]. Режим

доступу:

[https://de.khnu.km.ua/labrun.aspx?a=274&b=2&c=2#:~:text=%D0%A2%D](https://de.khnu.km.ua/labrun.aspx?a=274&b=2&c=2#:~:text=%D0%A2%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%BE%D0%B1%D1%94%D0%BA%D1%82%20%E2%80%93%20%D1%86%D0%B5%D0%B1%D1%96%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE%20%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D1%83%20%D0%B0%D0%B1%D0%BE%20%D0%BA%D1%96%D0%BB%D1%8C%D0%BA%D0%BE%D1%85%20%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D1%96%D0%B2)

[0%B5%D1%81%D1%82%D0%BE%D0%B1%D1%94%D0%BA%D](https://de.khnu.km.ua/labrun.aspx?a=274&b=2&c=2#:~:text=%D0%A2%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%BE%D0%B1%D1%94%D0%BA%D1%82%20%E2%80%93%20%D1%86%D0%B5%D0%B1%D1%96%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE%20%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D1%83%20%D0%B0%D0%B1%D0%BE%20%D0%BA%D1%96%D0%BB%D1%8C%D0%BA%D0%BE%D1%85%20%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D1%96%D0%B2)

[1%82%20%E2%80%93%20%D1%86%D0%B5%D0%B1%D1%96%D0%](https://de.khnu.km.ua/labrun.aspx?a=274&b=2&c=2#:~:text=%D0%A2%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%BE%D0%B1%D1%94%D0%BA%D1%82%20%E2%80%93%20%D1%86%D0%B5%D0%B1%D1%96%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE%20%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D1%83%20%D0%B0%D0%B1%D0%BE%20%D0%BA%D1%96%D0%BB%D1%8C%D0%BA%D0%BE%D1%85%20%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D1%96%D0%B2)

[BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%BE%](https://de.khnu.km.ua/labrun.aspx?a=274&b=2&c=2#:~:text=%D0%A2%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%BE%D0%B1%D1%94%D0%BA%D1%82%20%E2%80%93%20%D1%86%D0%B5%D0%B1%D1%96%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE%20%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D1%83%20%D0%B0%D0%B1%D0%BE%20%D0%BA%D1%96%D0%BB%D1%8C%D0%BA%D0%BE%D1%85%20%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D1%96%D0%B2)

[D0%B3%D0%BE%20%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D1%83%20%D0%B](https://de.khnu.km.ua/labrun.aspx?a=274&b=2&c=2#:~:text=%D0%A2%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%BE%D0%B1%D1%94%D0%BA%D1%82%20%E2%80%93%20%D1%86%D0%B5%D0%B1%D1%96%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE%20%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D1%83%20%D0%B0%D0%B1%D0%BE%20%D0%BA%D1%96%D0%BB%D1%8C%D0%BA%D0%BE%D1%85%20%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D1%96%D0%B2)

[0%D0%B1%D0%BE%20%D0%BA%D1%96%D0%BB%D1%8C%D0%B](https://de.khnu.km.ua/labrun.aspx?a=274&b=2&c=2#:~:text=%D0%A2%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%BE%D0%B1%D1%94%D0%BA%D1%82%20%E2%80%93%20%D1%86%D0%B5%D0%B1%D1%96%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE%20%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D1%83%20%D0%B0%D0%B1%D0%BE%20%D0%BA%D1%96%D0%BB%D1%8C%D0%BA%D0%BE%D1%85%20%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D1%96%D0%B2)

[A%D0%BE%D1%85%20%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D1%96%D0%B2](https://de.khnu.km.ua/labrun.aspx?a=274&b=2&c=2#:~:text=%D0%A2%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%BE%D0%B1%D1%94%D0%BA%D1%82%20%E2%80%93%20%D1%86%D0%B5%D0%B1%D1%96%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE%20%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D1%83%20%D0%B0%D0%B1%D0%BE%20%D0%BA%D1%96%D0%BB%D1%8C%D0%BA%D0%BE%D1%85%20%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D1%96%D0%B2)

38.Основні правила хімічної безпеки та роль їх дотримання. [Електронне

джерело]. Режим доступу: <https://ru.osvita.ua/vnz/reports/bjd/22856/>

39.Пенкіна Н.М. Дослідження кількості мікроелементу з захисними

властивостями у лікарській рослинній сировині: стаття / Пенкіна Н.М.,

Колесник В.В. – Харків: Восточно-Европейский журнал передовых

технологий, 2013. – 3 с. Режим доступу:

<http://journals.uran.ua/eejet/article/viewFile/9222/7991>

40. Перетворення азоту у ґрунті і його значення для росту рослин.

[Електронне джерело]. Режим доступу:

[https://www.agronom.com.ua/peretvorennya-azotu-u-grunti-i-yogo-zna/](https://www.agronom.com.ua/peretvorennya-azotu-u-grunti-i-yogo-znachennya/)

41. Про затвердження Інструкції з відбирання, підготовки проб води і

ґрунту для хімічного та гідробіологічного аналізу

гідрометеорологічними станціями і постами: наказ Державної служби

України з надзвичайних ситуацій від 19.01.2016 №30. Режим доступу:

https://ips.ligazakon.net/document/view/fn017085?an=1&ed=2016_03_16

42. Саламатін Д.М. Застосування методів біотестування у моніторингових

дослідженнях природних поверхневих та підземних, а також

промислових стічних вод / Саламатін Д.М. – м. Кременчук, Полтавська

область. – 5 с. Режим доступу:

<http://eco.j.dea.kiev.ua/archives/2020/3/26.pdf>

43. Селен – корисні властивості для організму. Селен у продуктах.

[Електронне джерело]. Режим

доступу: [https://bcaa.ua/ua/podderzhka/selen-poleznie-svoystva-dlya-orga-](https://bcaa.ua/ua/podderzhka/selen-poleznie-svoystva-dlya-orga-nizma-selen-v-produktah)

[nizma-selen-v-produktah](https://bcaa.ua/ua/podderzhka/selen-poleznie-svoystva-dlya-orga-nizma-selen-v-produktah)

44. Селен у довкіллі: еколого-гігієнічні аспекти проблеми : [монографія] / Е.

М. Білецьва, Н. М. Онул, ДУ "Дніпропетр. мед. акад. М-ва охорони

здоров'я України". - Д.: Акцент, 2013. - 291 с. - Бібліогр.: с. 251-291

укр. Режим доступу:

<https://repo.dma.dp.ua/1547/1/%D0%A1%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0>

[%BD%20%D1%83%20%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D1%96](https://repo.dma.dp.ua/1547/1/%D0%A1%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0)

[%D0%BB%D0%BB%D1%96_%D0%BC%D0%BE%D0%BD%D0%BE%](https://repo.dma.dp.ua/1547/1/%D0%A1%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0)

[D0%B3%D1%80%D0%B0%D1%84%D1%96%D1%8F.pdf](https://repo.dma.dp.ua/1547/1/%D0%A1%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0)

45. Селен. Наукові дослідження. Рекомендовані дози. [Електронне

джерело]. Режим доступу: <https://doctorthinking.org/2020/11/selenium/>

46. Соболєв О.І. Міграція селену у біогеохімічному ланцюзі: ґрунт-вода-

рослина-продукція птахівництва-людина: стаття / Соболєв О.І.

Ukrainian Journal of Ecology, 2017. – 10 с. Режим доступу:

https://www.researchgate.net/publication/318655333_Migracia_selenu_u_biogeohimicnomu_lancuzi_grunt_voda_roslina_produkcia_ptahivnictva-ludina/fulltext/5975eeeca6fdcc83489e6c94/Migracia-selenu-u-biogeohimicnomu-lancuzi-grunt-voda-roslina-produkcia-ptahivnictva-ludina.pdf

47. Стенчук М.М. Селен і дріжджі. Генетичні механізми толерантності дріжджів до сполук селену та їх аналогів: стаття / Стенчук М.М., Чабан Л.Б., Гончар М.В. – Біополімери і клітина, 2006. – 15 с. Режим доступу:

https://scholar.google.com/scholar_host?q=info:WOqxHuzdQjQJ:scholar.google.com/&output=viewport&pg=3&hl=ru&as_sdt=0,5

48. Строк О. М. Неорганічна хімія. Частина I; Коиспект лекцій для студ. спеціальностей – 014 Середня освіта (Хімія), 102 Хімія, 161 Хімічні технології та інженерія. Видання перше. / Укладачі: Оксана Мар'янівна Строк, Інна Алімівна Івашенко. / Луцьк: П “Зоря-плюс” ВОО ВОІ СОІУ, 2021. – 120 с. Режим доступу:

https://evnuir.vnu.edu.ua/bitstream/123456789/19372/1/nerh_kl_I.pdf

49. Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва: Зб. наук. праць / Білоцерк. нац. аграр. ун-т. – Біла Церква, 2011. – Вип. 6 (88). – 104 с. Режим доступу:

<https://vpppt.btsau.edu.ua/sites/default/files/visnyky/pererobka/tehnologia%20088.pdf>

50. Тригуб В. І. Біотестування як метод достудження токсичності ґрунтів / Тригуб В. І. – Одеський національний університет імені І. І. Мечн. – 16 с. Режим доступу: <http://visgeo.onu.edu.ua/article/view/216565/218693>

51. Хацевич О.М. Біонеорганічна хімія навчальний посібник: [текст] / Хацевич О.М. / Факультет природничих наук; Прикарпатський національний університет ім. Василя Стефаника. – Івано-Франківськ,

2020 – 121 с. Режим доступу: <https://ke.pnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/11/2021/02/L-Bioorganics-20.pdf>

52. Хімічні небезпеки та хімічно небезпечні виробництва. [Електронне джерело]. Режим доступу: <https://ru.osvita.ua/vnz/reports/bjd/22727/>

53. Чуб І.М. Методичні рекомендації до організації самостійної роботи, виконання лабораторних робіт та проведення практичних занять із дисципліни «Мікробіологія і хімія води» (для студентів денної і заочної форм навчання галузі знань 19 – Архітектура та будівництво, спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія

спеціалізація (освітня програма) «Гідротехніка» (Водні ресурси) /

Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова, уклад.: І. М. Чуб. –

Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 94 с. Режим доступу:

<http://eprints.kname.edu.ua/51865/1/2016%20143%D0%9C%20%D0%9C>

[%D0%9A%D0%A5%D0%92_%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%BE%D](http://eprints.kname.edu.ua/51865/1/2016%20143%D0%9C%20%D0%9C%D0%9A%D0%A5%D0%92_%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%BE%D)

[0%B4%D1%80%D0%B5%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D0%](http://eprints.kname.edu.ua/51865/1/2016%20143%D0%9C%20%D0%9C%D0%9A%D0%A5%D0%92_%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%BE%D)

[BD%D0%B4.pdf](http://eprints.kname.edu.ua/51865/1/2016%20143%D0%9C%20%D0%9C%D0%9A%D0%A5%D0%92_%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%BE%D)

54. Шестопапов В.М. Селен у природних мінеральних водах Західних регіонів України / Шестопапов В.М.. – Мінералогічний журнал м. Київ,

2011. – 7 с. Режим доступу:

[http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/63469/12-](http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/63469/12-Shestopalov.pdf?sequence=1)

[Shestopalov.pdf?sequence=1](http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/63469/12-Shestopalov.pdf?sequence=1)

55. Що дає обробка елементом селен для рослин в 2022? [Електронне джерело]. Режим доступу: [https://agroexp.com.ua/uk/chto-daet-obrabotka-](https://agroexp.com.ua/uk/chto-daet-obrabotka-elementom-selen-dlya-rasteniy)

[elementom-selen-dlya-rasteniy](https://agroexp.com.ua/uk/chto-daet-obrabotka-elementom-selen-dlya-rasteniy)