

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ, ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА БІОТЕХНОЛОГІЇ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ  
Завідувач випускової кафедри  
\_\_\_\_\_ М. М. Барановський  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

## **ДИПЛОМНА РОБОТА**

(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ «БАКАЛАВР»  
СПЕЦІАЛЬНІСТЬ 162 «БІОТЕХНОЛОГІЇ ТА БІОІНЖЕНЕРІЯ»  
ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНА ПРОГРАМА «ЕКОЛОГІЧНА БІОТЕХНОЛОГІЯ ТА  
БІОЕНЕРГЕТИКА»

**Тема: «Вдосконалення технології пророщування насіння рослин на цеолітах»**

Виконавець: студент ЕТ-403

Дзюбчук В. В.

Керівник: старший викладач

Бабій В. О.

Нормоконтролер:

Дражнікова А.В.

Київ 2021

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій

Кафедра біотехнології

Спеціальність 162 «Біотехнології та біоінженерія»

Освітньо - професійна програма «Екологічна біотехнологія та біоенергетика»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ М. Барановський

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021р.

**ЗАВДАННЯ**

**на виконання дипломної роботи**

**Дзюбчука Володимира Валентиновича**

1. Тема дипломної роботи: «Вдосконалення технології пророщування насіння рослин на цеолітах» затверджена наказом ректора від «11» травня 2021 р. № 715/ст.
2. Термін виконання роботи: з 10 травня 2021 по 20 червня 2021 р.
3. Вихідні дані роботи: гідропоніка, аеропоніка, цеопоніка, цеоліти.
4. Зміст пояснювальної записки: ВСТУП. РОЗДІЛ 1. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД. РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА. РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. ВИСНОВКИ. СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.
5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: таблиць 2, 12 рисунків.

## 6. Календарний план-графік

№	Завдання	Термін виконання	Підпис керівника
1	Узгодження змісту дипломної роботи з дипломним керівником.	10.05.21	
2	Збір інформації за темою дипломної роботи.	11.05 - 16.05.2021	
3	Написання першого розділу	17.05- 21.05.2021	
4	Написання другого розділу – технологічної частини	21.05 - 24.05.2021	
5	Аналіз отриманого матеріалу та написання третього розділу дипломної роботи.	25.05- 30.05.2021	
6	Формулювання висновків та рекомендацій.	31.05 - 01.06.2021	
7	Оформлення дипломної роботи.	03.06 - 07.06.2021	
8	Перевірка дипломної роботи керівником.	06.06 – 07.06.2021	
9	Попередній захист дипломної роботи.	03.05.21	
10	Захист дипломної роботи.	17.06.21	

7. Дата видачі завдання: «10» травня 2021 р.

Керівник дипломної роботи \_\_\_\_\_ Бабій В. О.

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ Дзюбчук В. В.

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи «Вдосконалення технології пророщування насіння рослин на цеолітах»: 43 с., 12 рис., 2 табл., 30 літературних джерел.

**Об'єкт дослідження** – негрунтове вирощування рослин.

**Предмет дослідження** – технологія пророщування рослин на цеолітах.

**Мета дипломної роботи:** дослідити, чи можливо вирощування рослин без ґрунту в штучно створених умовах.

**Методи дослідження:** технологічні, аналітичні, хімічні, порівняльні.

Дипломна робота присвячена дослідженню та вдосконаленню технології пророщування насіння рослин на цеолітах за допомогою гідропоніки.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ГІДРОПОНІКА, АЕРОПОНІКА, ЦЕОПОНІКА, МІКРОЗЕЛЕНЬ, ЦЕОЛІТ, НЕГРУНТОВЕ ВИРОЩУВАННЯ РОСЛИН

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД .....	7
1.1. Необхідність вирощування рослин без ґрунту. ....	7
1.2. Методи вирощування.....	9
1.3. Вибір субстрату .....	15
1.4. Загальні характеристики цеолітів.....	20
1.5. Висновки до розділу .....	24
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	25
2.1. Фізико-хімічні властивості цеолітів.....	25
2.2. Використання природних цеолітів в сільському господарстві .....	27
2.3. Матеріали для дослідження .....	28
2.4. Висновки до розділу .....	31
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	33
3.1. Результати дослідження .....	33
3.2. Використання цеолітів в різних галузях народного господарства .....	35
3.3. Вплив природних цеолітів на родючість ґрунтів і врожайність .....	36
3.4. Висновки до розділу .....	39
ВИСНОВКИ.....	40
СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	41

## ВСТУП

**Актуальність.** Не всі землі придатні для ведення сільського господарства та обробітку через їх надмірного забруднення і виснаження. Головна причина ґрунтового забруднення - діяльність людини. В результаті неправильної експлуатації земельних угідь, щорічно втрачається чимала частка родючого шару ґрунту. У зв'язку з чим, найбільш актуальним для дослідження стає питання застосування і розвитку екологічно чистих, імпортозамінних технологій сільськогосподарського виробництва, здатних вирішити проблему цілорічного забезпечення населення натуральними і свіжими продуктами харчування. З огляду на велику територію нашої країни, одним з найбільш універсальних, економічних і ефективних методів цілорічного вирощування свіжої зелені, овочів і фруктів в різних кліматичних умовах є метод вирощування рослин без ґрунту.

**Мета дипломної роботи:** дослідити, чи можливо вирощування рослин без ґрунту в штучно створених умовах.

**Об'єктом** дослідження є метод вирощування рослини без ґрунту.

**Предмет дослідження** – технологія пророщування рослин на цеолітах.

**Методи дослідження:** технологічні, аналітичні, хімічні, порівняльні.

**Проблема даного дослідження:** До недавнього часу люди обробляли і обробляли ґрунт для вирощування необхідних їм трав, овочів і фруктів, вважаючи цей спосіб єдино вірним, продуктивним і найбільш природним. При цьому ніхто не замислювався над наслідками використання добрив і отрутохімікатів для боротьби з шкідниками і над їхнім впливом на ґрунт і продукти землеробства.

**Завдання роботи:**

1. Підібрати і проаналізувати літературу по темі дослідження.
2. Вивчити основні методи неґрунтового вирощування рослин.
3. Ознайомитися з властивостями цеолітів.
4. Визначити вплив цеолітів на рослин.
5. Проаналізувати отримані результати.

# РОЗДІЛ 1

## ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

### 1.1. Необхідність вирощування рослин без ґрунту

Дуже цінним для людини природним багатством є ґрунт. З її допомогою людина забезпечує себе необхідними продовольчими ресурсами. Без ґрунту неможливе життя на землі. Людина в процесі життєдіяльності безперервно споживає її природні ресурси, і, найчастіше не приділяє належної уваги турботі про ґрунт. З огляду на неправильне використання, ґрунт забруднюється і, як наслідок, знижуються її родючі властивості. Джерелом забруднень ґрунту є мінеральні добрива, отрутохімікати. В умовах, що склалися важко домогтися родючості ґрунту і вирощування екологічно чистих і корисних овочів і фруктів.

Доведено, що відсутність в щоденному раціоні належної кількості зелені, овочів і фруктів негативно позначається на здоров'ї людини. В англійській мові є прислів'я, яку можна перекласти на українську приблизно так: «Одне яблуко в день вбереже тебе від візитів до лікарів». Всесвітня організація охорони здоров'я рекомендує з'їдати мінімум п'ять порцій свіжих фруктів і овочів щодня.

Гідропоніка - це спосіб вирощування рослин без ґрунту на штучних поживних середовищах, в яких всі необхідні елементи живлення даються в легкозасвоюваній формі, потрібних співвідношеннях і концентраціях [1].

Гідропоніка дозволяє легко створювати оптимальні умови для росту рослин, отримувати високі врожаї, економити воду, поживні речовини і трудовитрати. Гідропоніка робить непотрібним всю трудомістку роботу по обробці ґрунту, а також робить непотрібним чергування культур, захист від бур'янів і шкідників. На гідропоніці можна вирощувати абсолютно екологічно чистий продукт, який не містить шкідливих речовин і отрутохімікатів.

Крім того, для розміщення гідропонних систем може підійти будь-яке виробниче приміщення або цех, які не мають спеціального скла для природного

сонячного світла, так як сучасні технології дозволяють створювати для рослин енергоефективне освітлення для забезпечення рослинам комфортних умов зростання і розвитку.

Люди звикли до того, що рослини ростуть в ґрунті. З давніх-давен люди думали, що рослини харчуються ґрунтом, її органічною речовиною. На початку XVII століття голландський хімік Ван Гельмонт довів, що ґрунт не є джерелом матеріалу для побудови зростаючого дерева. У XIX столітті німецький агрохімік Юстус фон Лібіх визначив, що джерелом поживних речовин є неорганічні речовини. У XX столітті американський вчений Геріке з'ясував, що рослина може рости без ґрунту і отримувати неорганічні речовини з живильних розчинів. В результаті дослідів, він отримав урожай в 5 разів більше, ніж в ґрунтових теплицях. Велика робота по вирощуванню рослин без ґрунту була проведена відомим радянським вченим Д. М. Прянишниковим і його учнями [2].

Якщо гідропоніка - це нова технологія, то вона нова вже тисячі років. Гідропоніка - не новинка, вона просто відрізняється від усіх. В даний час гідропоніка широко використовується у всьому світі. Для успішного життєвого циклу рослині необхідний цілий комплекс поживних елементів. Особливо важлива наявність основних поживних макроелементів: азоту, калію і фосфору. Другорядні елементи, без яких так само неможливо формування здорового рослини, це кальцій, магній і сірка. При вирощуванні рослин даним методом використовуються певні субстрати, які виступають в якості заміників ґрунту. Вони використовуються не для харчування, а лише для створення опори кореневій системі. Дослідники відзначають, що гідропоніка має переваги перед вирощуванням в землі: економія води, менші трудовитрати, всесезонність, висока швидкість, відсутність бур'янів, паразитів, захворюваності рослин. Метод вирощування без ґрунту в теплицях застосовується в багатьох областях. Ми дізналися, що гідропоніка може з успіхом застосовуватися в домашніх умовах. Вона досить проста, а гідропонне обладнання не вимагає великих витрат, його можна зібрати самостійно [3].

Використання методу гідропоніки, може привести до різкого скорочення або навіть припинення імпорту фруктів і овочів, або введення в раціон таких фруктів, які



просто не довозяться, тому що є швидкопсувним продуктом. Застосування гідропоніки в північних районах нашої країни може забезпечити жителів цих територій фруктами і зеленню круглий рік [4].

## 1.2. Методи вирощування

Методів вирощування рослин без ґрунту чимало. Вони різняться за способами постачання кореневої системи росли повітрям, водою й елементами мінерального живлення. Розрізняють такі методи гідропоніки:

Агрегатопоніка - посадка культур на твердий субстрат, яка має низьку вологоємність, періодично надходить розчин мінеральних добрив (рис. 1.1.). У країнах СНД вирощують урожай таким чином на площі близько 120 га, в Україні - 80 га.



Рис. 1.1. Приклад вирощування агрегатопонікою

Водна культура – це вирощування рослин на водному середовищі. Коріння рослин поміщують в живильний розчин. Для утримання верхньої частини рослини над живильним середовищем використовують вермикуліт, соломку, кокосову кору, поролон, який добре вентильється (рис. 1.2.) [5].



Рис. 1.2. Вирощування у водному розчині

Хемопоніка. Суть цього методу полягає у вирощуванні рослин в субстраті з відсутнім живильним середовищем. Це може бути як органічний матеріал, наприклад, кора, тирса або кокосова стружка, так і інертні матеріали: пісок, гравій, щебінь, цегла. При цьому все здійснюється через полив розчином, що містить в собі повний комплекс мінералів, солей і мікроелементів, які потрібні конкретній культурі. Особливу популярність цей метод вирощування отримав у любителів розведення кактусів і у виробників, які займаються вирощуванням цієї культури в промислових масштабах в спеціалізованих теплицях (рис. 1.3.)

Хемокультура дозволяє дозувати полив, а специфіка застосовуваного субстрату дозволяє не перезволожувати кореневу систему кактусових, що не терплять тривалого надмірного зволоження, оскільки, наприклад, інертні матеріали швидко пропускають воду і так само швидко висихають.



Рис. 1.3. Вирощування хемопонікою

Іонітопоніка – активно розвивається напрямок в негрунтовій технології вирощування рослин. Метод побудований на використанні синтетичних субстратів, створених з іонітних смол, тканин, поліуретану. Всі ці матеріали здатні проводити іонний обмін між собою і рослинами, віддаючи корисні іони кальцію, магнію, фосфору, калію і забираючи продукти життєдіяльності рослини, які виділяються кореневою системою. На відміну від інших методів для поливу використовується не спеціалізований склад, а звичайна чиста вода.

Сам процес обміну відбувається у водному середовищі: рослина висаджується в субстрат, і нижня частина кореневої системи занурюється в заливатиметься воду. У промислових масштабах технології вирощування без ґрунту дозволяють отримувати високі врожаї овочів і фруктів в пустелі і навіть Антарктиді, що раніше вважалися повністю непридатними для рослинництва. Практично кожен з перерахованих методів може бути реалізований на садовій ділянці, теплиці або навіть в квартирі (рис.1.4.)



Рис. 1.4. Вирощування іоніпонікою

Аеропоніка – при такому методі вирощування не використовуються ні ґрунт, ні субстрат. Рослини ростуть і розвиваються у вологому повітрі. Для цього їх поміщають в спеціальні посудини, в яких лише нижня частина кореневої системи знаходиться у водному середовищі, а решта коріння знаходяться між розчином і верхньою кришкою посудини. Спеціальна система проводить періодичне зволоження «повітряної» частини. Другий варіант аеропонного вирощування - створення в судинах

регулярного зрошення з допомогою спеціальних розпилювачів, дія яких схоже принцип роботи будь-якого аерозолі, який використовується в побуті. В цьому випадку в ємності створюється і достатня вологість, і поставляється потрібна кількість кисню [15-16].

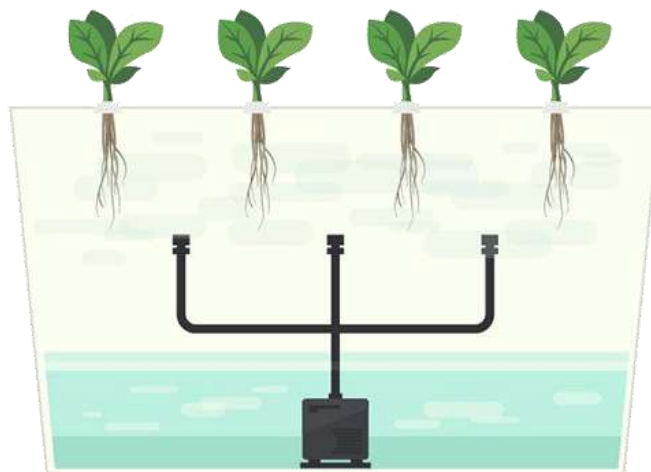


Рис. 1.5. Схема вирощування аеропонікою

Вчені Космічного центру NASA в Х'юстоні і Космічного центру у Флориді створили інноваційний продукт - супергрунт на основі природного мінералу - цеоліту. Метод вирощування на ньому отримав назву цеопоніка.

Для вирощування рослин у закритому просторі космічних станцій вченими NASA був створений субстрат на базі природного цеоліту (клинотилоліта), який при додаванні води забезпечує іонний обмін між елементами субстрату і поступово виділяє поживні речовини для рослин. Вперше цей субстрат був застосований на космічній станції МІР, а першими культурами, вирощеними в космосі цеопонним методом, були редька і пшениця (рис. 1.6.). У чому ж чарівна сила цеоліту? Він є природним регулятором. З ґрунту zeonics рослини отримують тільки необхідне їм на даному етапі зростання, а цеоліт, в свою чергу, "поглинає" всі шкідливі елементи. Ці властивості були відзначені ще в середині минулого століття, коли цеоліт стали додавати в ґрунт в Японії, США та інших країнах [17].

Результати розробок вражають. Тому технологія Zeonics зараз активно застосовується в космосі, на міжнародній станції Мир, і на землі. Можна сказати,



настає космічна ера сільського господарства, присадибних ділянок та грядок на підвіконні. Саме на підвіконні, у себе вдома. Тому що в холодну пору року нам теж необхідні "зелені" вітаміни і їх можна вирощувати самостійно. Наприклад, пророщувати насіння [18].

Сьогодні застосування цеоліту для пророщування насіння рослин стало доступно всім прихильникам здорового способу життя. Вирощені таким методом паростки не тільки безпечні при вживанні в їжу, але і виростають швидше і більш соковитими в порівнянні з традиційним методом пророщування. Для швидкого пророщування насіння різних рослин досить насипати цеоліт в плоску ємність шаром всього 1 см. Оскільки цеоліт добре вбирає в себе воду, необхідно налити води на 3-4 мм вище шару цеоліту. Додавати насіння можна відразу, а можна дочекатися, коли з часу цеоліту перестане з шипінням виходити повітря і рівномірно розсипати насіння по поверхні.



Рис. 1.6. Ріст крес-салату на цеоліті в літній період за 4 дні

Дослідження підтверджують: такі "малюки" багаті вітамінами, мінералами і антиоксидантами, сприяють підвищенню імунітету, допомагають швидко відновлювати сили і навіть покращують колір обличчя.

Цей дар природи особливо незамінний взимку, коли наш організм ослаблений і вимагає допомоги ззовні. Недарма в супермаркетах сьогодні продаються вже пророслі насіння, термін придатності яких, на жаль, дуже короткий. Навіть в холодильнику вони зберігаються недовго, і потім необхідно йти за новою порцією.

Безумовно можна самостійно пророщувати насіння. Але до цих пір цей процес був украй скрутним. Баночки, марлі, дозований полив по годинах. Один невірний крок, і успішний результат не гарантований. "Бабушкін" метод залишився в

минулому, сьогодні у продажу з'явилася "Космічна грядка на підвіконні". Цей продукт розроблений латвійським стартапом Zeonika у співпраці з латвійським підприємством Kurzemes Sēklas, яке налічує піввікову історію. Вони врахували дослідження NASA і запропонували революційну грядку - ZEOPONICS SET.

Це своєрідний "конструктор", що складається зі зручної упаковки - пластикового контейнера, який перетворюється в "горщик" для вирощування. У комплект входить пакетик з насінням (поки на вибір - крес-салат, рукола і редис), а також малознайомий, але вкрай корисний компонент - природний мінерал цеоліт, який видобувається в Словаччині на найчистішому родовищі Європи Nižný Hrabovec. Тільки цей цеоліт має європейський сертифікат, що дозволяє його застосування в органічному господарстві. У наборах цеоліт замінює ґрунт, роблячи процес вирощування акуратним, без землі і бруду. І саме цеоліт дозволяє забути про труднощі процесу вирощування. Поливати таку грядку треба раз в день-два, щоб цеоліт не висихав і паросткам завжди вистачало вологи.

Життєвий цикл "Космічної грядки на підвіконні" - до двох тижнів і більше, в залежності від виду рослин і мікроклімату в приміщенні. Ви зрізете паростки і відразу додасте їх в їжу. Тому такі "конструктори" сьогодні активно купують не тільки для дому та офісів, а й для ресторанів.

Важливо, що цеоліт з "конструктора" не варто викидати. Мінерал можна пересипати в горщик з домашніми квітами або відвезти на дачу і додати в ґрунт або компост. Цеоліт продовжить вам служити, сорбуючі зайві речовини з ґрунту і допомагаючи активному росту овочів і фруктів.

Придбати "Космічну грядку на підвіконні" і окремо цеоліт для пророщування можна в магазинах Kurzemes Sēklas, Cenuklubs.lv, а також інших еко- і інтернет-магазинах і супермаркетах Латвії [20]. Вирощування рослин, зелені за цією технологією має ряд переваг: менша витрата води в порівнянні з традиційними методами. Замкнутий цикл виробництва дозволяє значно економити воду. Основна стаття економії це невикористана рослинами вода збирається, очищається і використовується знову. Швидше дозріває урожай. Для рослин створюються ідеальні умови і їм не доводиться витрачати сили на відновлення після різного роду стресів. А

значить, вони можуть зосередитися на своєму розвитку, зростанні і плодах. Збільшується продуктивний сезон. Ця риса характерна для всіх теплиць – урожай можна отримувати до початку сильних морозів, а при хорошому опаленні круглий рік. Можна легко змінювати раціон харчування рослин в залежності від їх фази зростання. Наприклад, в фазі активного зростання необхідний калій, але в фазі плодоношення – фосфор. Це дозволяє контролювати склад кінцевих продуктів, захистивши їх від накопичення хімікатів, радіонуклідів і т.д. Овочі та зелень дуже чисті. Зелень в маленьких горщиках, яку ми купуємо в магазинах, зелень цибулі, помідори, огірки - чисті, без слідів ґрунту. Економія площі. Рослини отримують достатньо харчування з живильного розчину, тому у них немає потреби розростатися на величезні простори в глибину і по ширині. Тому, їх можна розташовувати поруч один з одним, головне, забезпечити повноцінне освітлення. Ніяких бур'янів. Мінімальна вірогідність для рослин заразитися грибкамі і бактеріями з ґрунту, адже її просто немає. У той же час, замкнутий простір дозволяє більш продуктивно використовувати різні методи боротьби з шкідниками та хворобами. Широкі можливості по автоматизації процесу вирощування. Більшу частину процесів можна автоматизувати завдяки створенню єдиної різномірневої мережі. Найбільш актуальне використання гідропоніки в великих теплицях.

Однак, багато любителів із задоволенням застосовують гідропоніку для вирощування рослин в домашніх умовах, на дачній ділянці. Однак, у зв'язку з високою вартістю гідропонних комплектів, живильних ґрунтів, це економічно недоцільно. Виходом для багатьох ентузіастів стали саморобні гідропонні установки. Благо, їх зібрати не так вже й складно. Відсутність бруду у вигляді ґрунту робить цей метод особливо привабливим для багатьох [19].

### **1.3. Вибір субстрату**

Субстрати, в які будуть розміщуватися рослини для неґрунтового вирощування, повинні відповідати декільком вимогам: не вступати в реакцію з речовинами, що входять до складу поживних розчинів; мати слабокислу або

нейтральну реакцію при взаємодії з водою і розчином; бути пухкими для забезпечення доступу кисню до кореневої системи; пропускати воду і не затримувати її; дезинфікуватися у випадках, коли це буде необхідно; утримувати рослин у вертикальному положенні, не дозволяючи їй падати або нахилитися; не стримувати розвиток кореневої системи.

Багатьом квітникарям добре відомий такий заміник ґрунту, як гідрогель, однак при виборі спеціалізованих технологій вирощування рослин без ґрунту він не може використовуватися, і доведеться вибрати інший субстрат, який відповідає вимогам застосовуваних методів.

Використання керамзиту. При виборі керамзиту необхідно вибирати невеликий його варіант з діаметром гранули до 0,5 см. До його переваг можна віднести:

- здатність вбирати вологу;
- висока повітропроникність;
- структура дозволяє корінню розвиватися і проникати крізь керамзит;
- дешевизна матеріалу.

До недоліків можна віднести його здатність утримувати продукти життєдіяльності рослин, що ростуть в керамзиті більше 3-х років, що вимагає проведення періодичної дезінфекції. Матеріал може використовуватися безперервно до 10 років.

Гравій. У гідропоніці використовують кремнієвий чи кварцовий гравій, що не містить вуглекислого кальцію. Оптимальний розмір часток гравію – 3-8 мм.

Пісок. Не будь-який пісок може використовуватися для вирощування рослин в якості заміника ґрунту. Необхідно вибирати тільки крупнозернистий кварцовий якісний пісок. Найчастіше такий субстрат вибирають в разі вирощування сукулентів, а також для вирішення завдання по укоріненню живців. Одна з переваг піску – його довгий термін служби, до 10 років. Важливо пам'ятати, що до початку використання матеріал повинен бути промитий. Показником того, що пісок можна застосувати для вирощування, може стати прозорість води після його промивання.

Гранітний щебінь. Цей субстрат використовують досить широко. Він надійно охороняє кореневу систему від підсихання і перегріву, на поверхні часток утримує



достатню кількість поживного розчину і має хорошу аерацію і водопроникність. Він не пористий, тому легко промивається і дезінфікується. Розмір часток – 3-15 мм, а для розсади -3-8 мм.

Вермикуліт - природний матеріал, що відноситься до мінералів з шаруватою структурою. Для використання в квітникарстві і садівництві його нагрівають, після чого він спучується, і змінює свою форму. Для застосування вермикуліту в якості субстрату необхідно вибирати матеріал з фракційними розмірами до 2-х см.

Більш дрібні фракції не дозволяють забезпечити рослинам надходження кисню в достатній кількості. Дрібна фракція, як правило, використовується в складі ґрунтових сумішей, що застосовуються для вирощування класичним способом розсади овочевих культур або для домашнього утримання кімнатних рослин і квітів.

Великий вермикуліт добре вбирає воду і віддає її рослинам, не затримує ріст кореневої системи. Основний мінус субстратів з цього мінералу - їх недовговічність. Терміни використання обмежуються максимум 3-ма роками.

Перліт. Як субстрат має низку цінних властивостей. Це висока здатність вбирати воду, добре усмоктувати і повільно віддавати воду й елементи мінерального живлення. Завдяки хорошим теплоізоляційним властивостям він оберігає коріння рослин від перегріву. Як субстрат найкраще застосовувати перлітову щебінку з розміром часток 5-15мм.

Поживний розчин при гідропонній культурі подається шляхом поверхневого зволоження чи підтоплення. При поверхневому зволоженні поживний розчин подається на поверхню субстрату струменем чи краплинами, а надлишок розчину виводиться через дренажні труби, покладені на дні стелажів чи піддонів.

Більш досконалим є автоматичне краплинне зрошення, що повсюдно застосовується у гідропонних теплицях. У них як субстрат використовують інертний матеріал Гродан (мінеральна вата), що вкладається в звичайну поліетиленову плівку на рівній поверхні ґрунту в теплиці. Через систему поліхлорвінілових труб до кожної рослини підведена капілярна трубочка (крапельниця) для одночасного зрошення і підживлення рослин. Комп'ютер регулює концентрацію, кислотність, час і кількість

подачі поживного розчину, необхідного для зволоження субстрату. Цей спосіб – основний в тепличному рослинництві [18-20].

У тепличних гідропонних комбінатах нашої країни при гравійній культурі поживний розчин подають способом підтоплення. Рослини висаджують у водонепроникні стелажі чи піддони, наповнені штучними, з хорошою водопроникністю субстратами, до яких поживний розчин подається знизу. Після припинення подачі він самопливом видаляється зі стелажа чи піддона. Таке зволоження субстрату створює оптимальні умови для аерації кореневої системи рослин. Субстрат для малооб'ємної технології повинен відповідати певним вимогам:

- Не виділяти токсичних речовин
- Не порушувати поживних режимів
- Не змінювати значною мірою реакцію розчину
- Мати високу пористість, хорошу керованість і вологоємність, міцність при використанні.

Верховий торф. Вибираючи торф для використання в негрунтових технологіях вирощування, необхідно звертати увагу на його характеристики. Найкращим є торф, отриманий з верхових боліт з показниками зольності до 12%. Вологість такого субстрату повинна відповідати 60%. Оскільки верховий торф має високу кислотність, то до початку його використання буде потрібно обробка крейдою або доломітовим борошном.

Мінеральна вата з'явилась в 80-ті роки в Данії. Мінеральну вату почали розглядати як матеріал для коріння, який можна легко зволожити і дреновати, а також яким можна було б керувати для забезпечення оптимального співвідношення між повітрям і водою в кореневій зоні. Дві основні переваги мінеральної вати – її стерильність і здатність забезпечувати оптимальне співвідношення повітря і води в кореневій зоні, при відповідному регулюванні інтенсивності зрошення. Переваги мінеральної вати:

- має високу порозність для повітря і води;
- підтримує хороше співвідношення вмісту повітря і води;
- хімічно інертна;

- структурно стабільна і має сталі якості;
- не містить патогенів;
- її можна стерилізувати парою, хімічно, використовувати повторно кілька оборотів [14].

Кокосові субстрати виготовляють із кокосового волокна, що вкриває горіхи – плоди кокосової пальми. Вони характеризуються високою повітроємністю і стійкістю фібрових волокон до розкладання протягом тривалого часу – до 8-10 років.

Кокосові субстрати використовують як у чистому вигляді, так і в суміші з іншими. Для вирощування овочевих тепличних культур для здешевлення субстрату використовують суміш кокосу з верховим торфом, перлітом, корою та іншими компонентами.

Цеоліти – природні гірські мінерали з групи водних алюмосилікатів лужних і лужноземельних елементів. Здрібнені цеолітові туфи мають хорошу порозність високу іонообмінну й адсорбційну властивості, повітряно – й водопроникність, значний вміст поживних елементів – калій, магній, кальцій. Вони не містять азоту і фосфору, які потрібно вносити з мінеральними добривами. З агрономічної і виробничої точок зору цеолітові субстрати різняться такими позитивними якостями:

- великий потенціал елементів мінерального живлення;
- хороші фізичні властивості, велика повітроємність;
- тривала експлуатація;
- відсутність бур'янів;
- стерильність і гарний естетичний вигляд.

Хороші фізичні властивості субстрату сприяють газообміну і формуванню могутньої кореневої системи та надземної частини рослин, а в результаті – швидкому їх розвитку в більш ранньому плодоношенню. Рослинна продукція має хороші смакові якості [10].

## 1.4. Загальні характеристики цеолітів

Цеоліт складають групу кристалічних і гідратованих алюмосилікатів алюмінію, лужних і лужноземельних катіонів, що мають тривимірну структуру (тектосилікати), де переважає відкрита структура тетраедрів, яка дає їм велику здатність включати і отримувати воду і катіони без істотних змін в їх фізичну структуру (рис.1.7.).

У цьому структурному каркасі цеоліт  $Al^{3+}$  замінює  $Si^{4+}$  в центрі структурних тетраедрів, а обмінні катіони розміщуються в різних положеннях, компенсуючи електричні заряди. Іноді інші катіони можуть займати структурні або обмінні позиції.

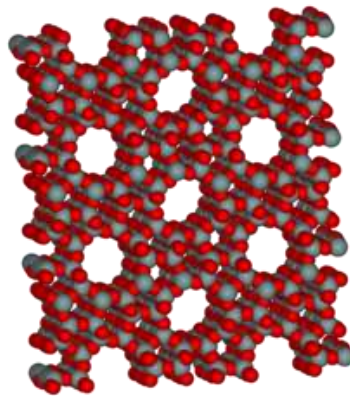


Рис. 1.7. Молекулярна будова цеоліту

Як самостійна група мінералів цеоліти виділені шведським вченим Кронстедт в 1756 році. На сьогодні відомо більше 40 видів природних цеолітів, які відрізняються за своєю структурою. Найбільш поширеними є кліноптилоліт  $(K_2Na_2Ca) \times Al_2Si_7O_{18} \times 6H_2O$ , морденіт –  $(Na_2K_2Ca) \times Al_2Si_{10}O_{24} \times 7H_2O$  і гейландит  $(Ca_4Na) \times Al_9Si_{27}O_{72} \times 24H_2O$  [8-12]

Хімічний склад цеолітових туфів залежить від родовищ і має відмінність в межах одного родовища і навіть пласта. У них міститься від 30 до 40 макро- і мікроелементів. При цьому найбільшу питому вагу займають окису кремнію, алюмінію, заліза, кальцію, магнію, натрію і калію. До складу цеолітів крім оксидів кремнію і алюмінію входять кварц, халцедон, польовий шпат, гідрослюда, скло, хлор, кальцит, гідроксиди заліза, оксиди кальцію, натрію, магнію, титану, фосфору. Вміст основних мінералів є одним з основних показників якості породи і її чистоти.

Радіоактивність цеолітів не перевищує фонових значень земної кори регіону. В Україні родовище цеоліту знаходиться в селі Сокирниця (Закарпатська обл., Хустський р-н). Цеоліт Сокирницького родовища містить велику кількість клиноптилоліту, використання якого можливо у всіх сферах господарства та промисловості. Це можливо завдяки строго визначеним розмірам пор та внутрішніх порожнин, що надають мінералу постійно високих сорбційних властивостей, як відносно органічних так і неорганічних речовин (таблиця 1.1). Клиноптилоліт має й інші характеристики, що також значно розширюють сферу його застосування, зокрема: механічну міцність, високу поглинальну здатність та «ситовий» ефект, стійкість до впливу агресивних середовищ, селективність до катіонів металів різноманітної природи.

Таблиця 1.1

Вміст основних елементів клиноптилоліту Сокирницького родовища [12]

Елемент		O	Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Fe
Вміст	Мас.%	53,52	1,35	0,32	5,85	32,84	2,53	1,65	1,95

При дегідруванні в ідеальному кристалі вони утворюють пористу структуру з мінімальними діаметрами пір від 3 до 10 ангстрем, в деяких цеолітах вони досягають 18 °А, які утворюють порожнини, зайняті великими іонами і молекулами води з великою свободою пересування, що сприяє іонообмінних і оборотної дегідратації [26]

Цей факт став відправною точкою для проведення в INAGROSA глибокого дослідження їх зв'язку з амінокислотами, виробленими INAGROSA, через особливих характеристик останніх.

Тенденція до мікропористості і структурні характеристики цих матеріалів дозволяє переносити речовини між внутрішньокристалічним простором і навколишнім середовищем; цей перенос обумовлений діаметром пор, так що тільки ті молекули, розміри яких набагато нижчий деякого критичного значення, яке варіюється від одного цеоліту до іншого, можуть брати участь в цьому перенесенні.

Цеоліт мають тривимірні мережі, в якій всі атоми кисню належать одночасно двом тетраедра  $\text{SiO}_4$ . (Які утворюють тривимірні мережі). Таким чином, утворюється каркас кристалічної структури, до 10 ангстрем (рис.1.8.).

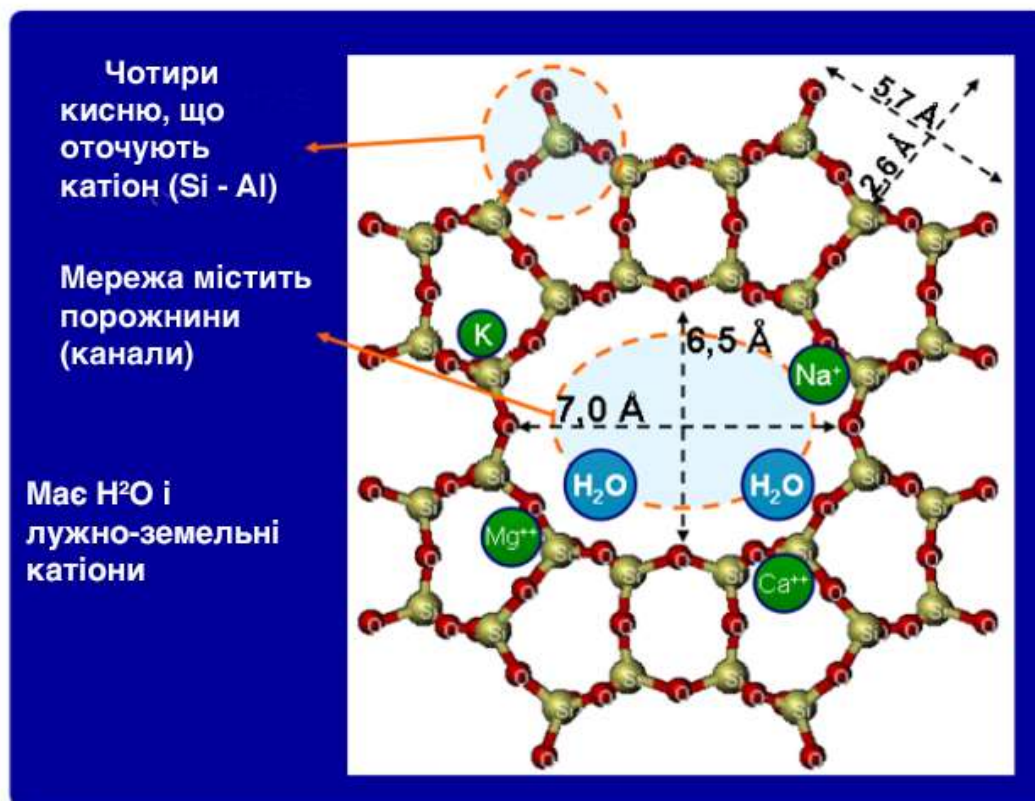


Рис. 1.8. Кристалічна структура цеоліту

У відкритих просторах структури поміщуються молекули води, які не беруть участі в об'єднанні структури, і відомі під назвою «цеолітна вода», тому що вони при нагріванні піняться. Завдяки цій властивості і назва цеолітів: «киплячий камінь» від грецького, zeo: кипить, і литос: камінь.

Ця вода просочує всю кристалічну структуру мінералу, що оточують обмінні катіони в відкритих просторах; вона не має ніякого значення ні з хімічної, ні структурної точки зору на стабільності структури і може бути усунена без руйнування структури.

Вода становить від 10% до 20% маси цеоліту і може бути екстрагована більш-менш безперервно і обернена при нагріванні до 350<sup>0</sup>С, канали є порожніми і здатні

адсорбувати катіони або радикали відповідного розміру, які займають певні внутрішні положення, дуже близькі до структурних тетраедрів [28].

Структура має канали та порожнини зі змінними розмірами молекул, в яких, крім молекул води, абсорбентів і солей, знаходяться компенсаційні катіони. Цей тип мікропористої структури призводить до того, що цеоліти мають надзвичайно велику внутрішню поверхню по відношенню до їх зовнішньої поверхні. Meier, W.M. 1968 запропонував структурну класифікацію цеолітів на основі кристалографічних досліджень, засновану на існуванні 8 вторинних будівельних блоків [30].

Тенденція до мікропористості і структурні характеристики цих матеріалів дозволяють переносити речовини між внутрішньокристалічним простором і навколишнім середовищем; цей перенос обумовлений діаметром пор, так що ті молекули, розміри яких набагато нижчий деякого критичного значення, яке варіюється від одного цеоліту до іншого. Цеоліт можна розділити на:

- Цеоліт з дуже великими порами ( $\theta > 9$ )
- Цілий цеоліт з великими порами ( $6 < \theta < 9$ )
- Цеоліт із середніми порами ( $5 < \theta < 6$ )
- Дрібнопористий цеоліт ( $3 < \theta < 5$ )

Факт наявності різних молекулярних діаметрів дає цеоліту дуже своєрідні властивості, які використовуються в промисловості, відомі як геометрична вибірковість або виборча форма.

Тетраедри  $[AlO_4]^{5-}$  індукують негативні заряди в структурі, які нейтралізуються обмінними катіонами. Ці катіони, разом з молекулами води, займають внутрішньокристалічний простір цих алюмосилікатів [9-11].

Загальні характеристики цеолітів наступні:

- Діаметр пір: від 2 до 12 ангстрем
- Діаметр порожнин: від 6 до 12 ангстрем (в деяких досягає 18 °А)
- Внутрішня поверхня: кілька сотень  $m^2 / g$
- Катіонообмінна ємність: від 0 до 650 Меґ / 100 г
- Адсорбційна здатність:  $< 0.35 \text{ cm}^3 / g$
- Термостійкість: від 200 ° до понад 1000 ° С

## 1.5. Висновки до розділу

Отже, гідропоніка заслуговує увагу. Цей метод дозволяє контролювати кожну стадію процесу вирощування, економити ресурси і вирощувати велику масу більш життєздатних рослин. Але для того, щоб займатися гідропонікою, потрібно мати досвід вирощування в ґрунті. Позитивний ефект цеолітів пов'язаний, крім поліпшення фізичних і фізико-хімічних властивостей ґрунту, з оптимізацією поживного режиму рослин, тому що цеоліти в своєму складі містять понад 40 мінеральних елементів. У землеробстві природні цеоліти застосовуються в якості меліорантів для підвищення врожайності сільськогосподарських культур. Цеоліт на відміну від гравію пористий, і тримає в собі вологу; на відміну від пемзи, цегляної крихти і лещузи з часом не розсипається і не замулює дно горщика; на відміну від вермикуліту і перліту не надто легкий, тому не розноситься від вітру і протягу і не спливає при поливі.



## РОЗДІЛ 2

### ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

#### 2.1. Фізико-хімічні властивості цеолітів

Фізико-хімічні характеристики цеолітів і їх властивості не дозволяють широко використовувати їх в сільському господарстві і тваринництві через низький вміст макроелементів NPK (N 0%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0,10-0,20%, K<sub>2</sub>O 1,00- 1,30%), але, з іншого боку, вони мають високу швидкість катіонного обміну та інші цікаві властивості, що дають великий потенціал для їх використання в сільському господарстві.

Їх кристалічна, відкрита і тетраедрична структура дає їм велику здатність включати і переносити воду і катіони, без істотних змін в їх фізичну структуру, а при дегідратації вони створюють пористу структуру з мінімальним діаметром пір від 3 до 10 ангстрем, хоча в деяких вони досягають до 18 °А.

Обмін іонів в цеолітах залежить від декількох факторів, серед яких можна виділити:

- Характер катіонних видів, головним чином, їх заряд.
- Температура.
- Концентрація катіонних частинок в розчині.
- Розмір іона і його заряду.
- Вид аніонів, пов'язаних з катіоном в розчині.
- Розчинник (більшість обмінів проводиться у водному розчині, хоча іноді використовуються органічні розчинники).
- Структурні характеристики цеоліту зокрема.

Селективність цеоліту для певних іонів заснована на ендотермічних реакціях при гідратації катіонів, які беруть участь в процесі іонного обміну. Чабазит, клиноптилоліт і морденіт, які мають високе співвідношення Si / Al, можуть вибірково обмінювати свої катіони на великі катіони, такі як Cs<sup>+</sup>, Rb<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Ba<sup>2+</sup> або Sr<sup>2+</sup>.

Це явище пов'язане з ендотермічними реакціями при гідратації катіонів (теплота гідратації). Таким чином, в цеолітах з високим відношенням Si / Al теплота нижче теплоти, що виробляється в розчині, і тому цеоліт вибірково обмінює катіони з низькою теплотою гідратації.

Характеристики пор цеолітів дуже важливі при визначенні їх значимості, а закономірність їх структури використовується для відсіювання молекул, уловлювання сполук і поглинання газів. При іонному обміні можна змінювати розмір каналів, через які циркулюють молекули, і фіксувати метали зі специфічними хімічними властивостями в деяких з цих положень [23].

Цеоліт, на відміну від інших тектосилікатів ( $d = 2,6-2,7 \text{ г / см}^3$ ), мають відкриті структури ( $d = 2,1-2,2 \text{ г / см}^3$ ); обсяг порожнього простору може досягати 50%. Кожен цеоліт має характерну структуру і, отже, певні фізичні і хімічні властивості.

Дуже великі молекули проходять навколо частинки і не адсорбуються (ефект молекулярного сита). Адсорбційна поверхня може досягати сотні квадратних метрів на грам; деякі цеоліти збільшуються до 30% від сухої маси, адсорбуючи газ.

У доповненні до адсорбції за розміром відбувається адсорбція шляхом дипольної афінності через розподіл зарядів в каналах сухого цеоліту; деякі цеоліти адсорбують  $\text{CO}_2$  (полярний), а не  $\text{CH}_4$  (неполярний), тим самим вони можуть очищати природний газ і підвищувати його теплотворну здатність.

Селективна адсорбція води з сухого цеоліту більше, ніж будь-яка адсорбція газу або рідини. Для цієї властивості деякі цеоліти використовуються в якості адсорбентів в процесах зберігання сонячної енергії.

Катіонний обмін є одним з основних властивостей, притаманних цеолітів: обмінні катіони слабо пов'язані з тетраедричною структурою і можуть бути легко видалені шляхом промивання сильнішим катіонним розчином.

Обмінна ємність багатьох цеолітів досягає від 2 до 3 Мег / г, приблизно вдвічі більше, ніж у бентонітової глини; ця властивість є функцією ступеня заміщення  $\text{Si}^{4+}$   $\text{Al}^{3+}$  в структурі; тобто, чим вище ця швидкість, тим більший дефіцит позитивних зарядів, і тим більше кількість лужних або лужноземельних катіонів, необхідних для нейтралізації сумарного заряду.

Існують і інші фактори, які також втручаються: наприклад, деякі катіони займають структурні позиції, їх нелегко змінити, в інших випадках катіони занадто великі для проходження через канали і не обмінюються (в аналізі  $\text{Na}^+$  майже повністю обмінюються на  $\text{Rb}^+$ , іонний радіус 1,49 Å, але не допускає  $\text{Cs}^+$ , іонний радіус 1,65 Å).

Катіони з високим енергетичним полем (дуже поляризується) гідратуються, тому їх підхід до цеолітової структури дуже ускладнений (на відміну від некристалічних катіонітів, таких як органічні смоли або алюмосилікатні гелі). Тому неполяризуючі катіони (великі і низькі заряди) обмінюється краще [11].

## **2.2. Використання природних цеолітів в сільському господарстві**

У сільському господарстві перелік можливих областей застосування природних цеолітів також досить широкий і різноманітний. В тваринництві та птахівництві цеолітовмісні породи застосовуються в якості дієтичних добавок в корм тварин і птахів, що призводить до зменшення захворюваності, підвищенню продуктивності, поліпшенню якості кінцевої продукції. Цеоліт сприяють повнішому перетравлюванню харчових мас, підвищенню засвоюваності поживних речовин і мінеральних компонентів, поповненню дефіциту мікроелементів, зниження всмоктування екзо-і ендотоксинів. Цеоліт застосовуються також для поліпшення гігієнічних умов у тваринницьких приміщеннях. Змішування природних цеолітів з тваринами відходами стабілізує вологу, видаляє неприємний запах і дає можливість застосовувати суміші цеоліту з відходами в якості добрив і добавок в корм тваринам, птахам і риbam. У рибальстві цеоліти використовуються для вилучення амонію з водою, що збільшує збереження вирощуваних мальків.

У землеробстві природні цеоліти застосовуються в якості меліорантів для підвищення врожайності сільськогосподарських культур. За результатами узагальнених літературних даних цеолітовмісні породи вносять в ґрунт від 0,2 до 30 тонн на гектар з мінеральними і органічними добривами або без них. Є відомості про те, що в садівництві дози внесення цеолітів досягають більш значних величин-70 т/га. В більшості випадків врожайність зернових підвищується на 5-15%, овочевих,

плодових і технічних культур - на 10-20%, в деяких випадках до 50-80%. Розбіжність між собою інформації по врожайності, пояснюється відмінністю в застосовуваних дозах і катіонному складі цеолітів, відмінністю в типі ґрунтів, в умовах експерименту і т. д. Крім усього перерахованого вище відзначається позитивний вплив цеолітів на якість зерна, збільшення клейковини і білка; поліпшення якості плодів, збільшення маси сухого речовини, вміст цукрів і т.д. Так за даними групи дослідників, покращилася і якість продукції, вміст цукру в коренеплодах цукрових буряків підвищилася на 2,9-6,5%. В зерні ярої пшениці підвищилася вміст білка до 2,3% і клейковини до 14,2%, а в зеленій масі однорічних трав - протеїну до 6,4%. В даний час доведено ефективність застосування природних цеолітів для осушення вологого зерна, в якості мінерального субстрату в гідропоніці [13].

### **2.3. Матеріали для дослідження**

При проведенні дослідження було взято природний та відпрацьований цеоліт. При дослідженні процесу сорбції на цеоліті із стічних вод підприємств було встановлено сорбційну здатність даного мінералу до таких компонентів стічних вод, як азот амонійний, фосфор фосфатів та білку [5]. Дані компоненти являються забрудниками стоків, а в сільському господарстві – «покращувачами» врожайності. Сорбовані компоненти на цеоліті, а також сам цеоліт є підживою угідь, тому застосування цього одержаного комплексу у сільському господарстві дозволяє вирішувати не лише проблему удобрення, а й одержати безвідходність технологій в процесах очищення стоків.

Для вирішення цих проблем було проведено вегетаційні дослідження, що відтворювали реальні умови вирощування сільськогосподарських культур. В процесі вирощування рослин було відтворено режими їх підживлення та поливу, що практикуються у тепличних господарствах [6].

Виходячи з того, що для підживлення овочевих культур застосовується цеоліт в кількості 25-50 кг на 100 м<sup>2</sup>, то на використану площу (0,03 м<sup>2</sup>) необхідною кількістю є 7,5-15 г цього мінералу. На 1 га ріллі під овочеві рослини вноситься 220

кг добрива, тому дана площа землі, що становить 0,03 м<sup>2</sup> добрив потребує підживлення 0,66 г.

Адсорбційна здатність сорбенту по азоту амонійному та фосфатах, при очищенні стоків, є наступною:  $a^*_{\text{азоту}}=0,000833$  г/г;  $a^*_{\text{фосфатів}}=0,000922$  г/г. Виходить, що сорбент після процесу сорбції містить у своєму складі сумарну кількість добрив:  $\Sigma=0,0018$  г добрив в 1 г сорбенту. Також у складі відпрацьованого сорбенту міститься білок, що являється цінним компонентом в сільському господарстві, з адсорбційною здатністю:  $a^*_{\text{білку}}=0,153$  г/г. Для дослідження впливу добрив на кінетику росту рослин поставили чотири паралельних досліди:

- ◆-пісок без удобрення (контроль);
- ◆-пісок +10 г природної форми цеоліту;
- ◆-пісок +10 г відпрацьованого цеоліту;
- ◆-пісок +20 г відпрацьованого цеоліту.

В горщечки висівали крес-салат, який являється тестовою рослиною (по 50 зернят у кожен). Протягом вегетаційного періоду проводився догляд та спостереження за рослинами (спушування піску, полив (1000 мл)). Рослини фотографували (рис. 2.1, 2.2, 2.3) та порівнювали їх ступінь розвитку.

Крес-салат (*Lepidium sativum*) — однорічна перехреснозапильна трав'яниста салатна рослина родини капустяних. У культурі вирощують ранній (з видовженими вузькими часточками листка), середньостиглий (з короткими часточками листка) і пізньостиглий (цілолистий) крес-салат. Хрінниця посівна — холодостійка рослина, вимоглива до регулярного забезпечення ґрунту вологою. Насіння висівають рано навесні з міжряддями 45 і 25 см. Проростки з'являються на 2-3-й день. Збиральна стиглість настає на 25-30-й день. Рослини збирають з корінням або зрізують разом із стеблами і листям. Врожайність становить 4 кг з 1 м<sup>2</sup>. У листі хрінниці посівної міститься до 120 мг % аскорбінової кислоти, до 4 мг% каротину, до 3 % білка, крім того, фолієва кислота і мінеральні солі — калію, магнію, заліза, міді, йоду.



Рис. 2.1. Порівняння сходу в залежності від агротехніки на 3 день вегетації:  
*а* – Без підживлення; *б* – Підживлення 10 г природного цеоліту; *в* – 10 г відпрацьованого цеоліту; *г* – 20 г відпрацьованого цеоліту

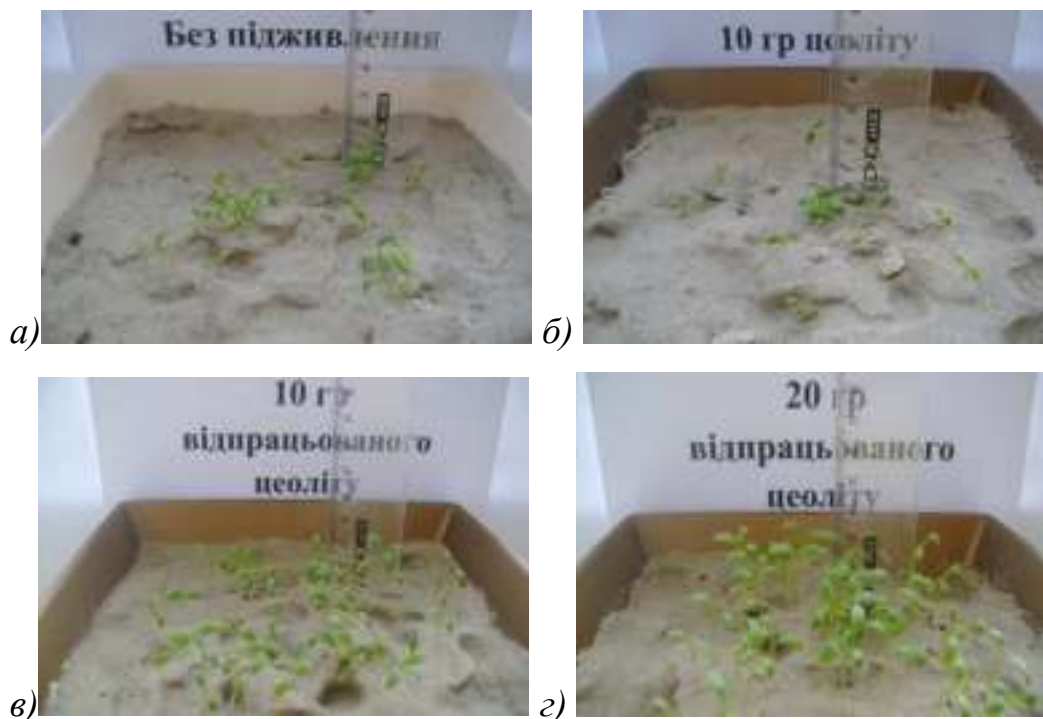


Рис. 2.2. Порівняння фізіологічного стану рослин в залежності від агротехніки на 7 день вегетації: *а* – Без підживлення; *б* – 10 г природного цеоліту; *в* – 10 г відпрацьованого цеоліту; *г* – 20 г відпрацьованого цеоліту

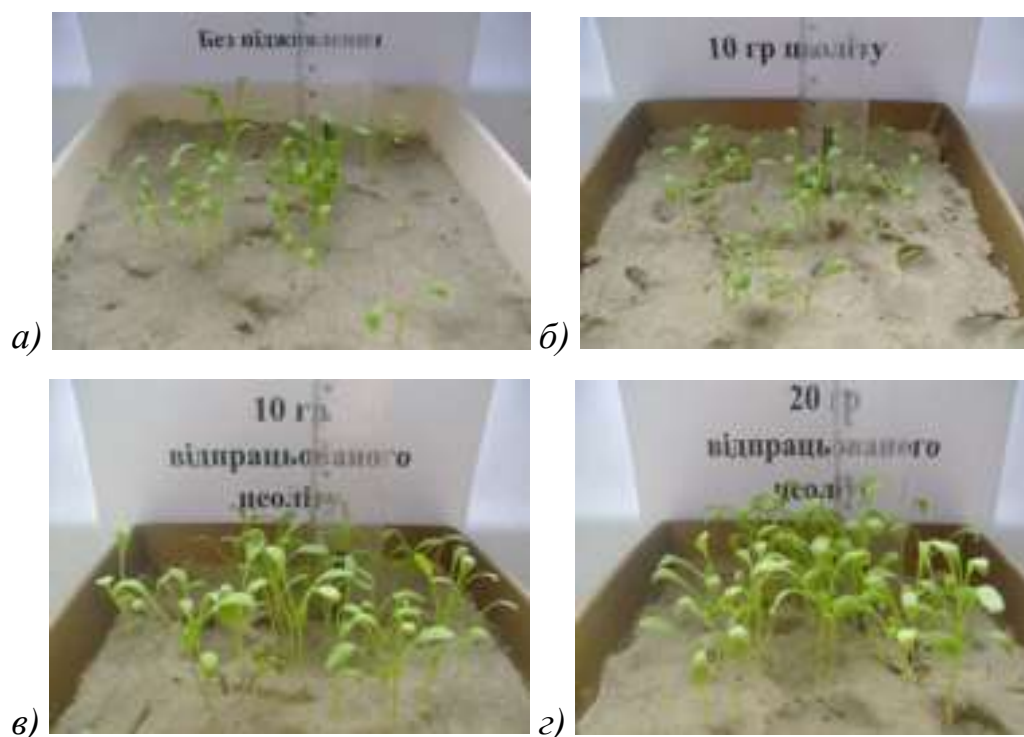


Рис. 2.3. Порівняння фізіологічного стану рослин в залежності від агротехніки на 17 день вегетації: а – Без підживлення; б – 10 г природного цеоліту; в – 10 г відпрацьованого цеоліту; з – 20 г відпрацьованого цеоліту

Аналізуючи схід (рис. 2.1.) і стан рослин у період вегетації та практично його кінцевий стан (рис. 2.2, 2.3), спостерігається відставання в сходженні, та рості рослин, що вирощувались без удобрення, та з додаванням природної форми цеоліту, від інших. Бачимо, явно кращий розвиток рослин, підживлених 10 та 20 грамами відпрацьованого сорбенту, що були внесені передпосівним способом.

Також, важливо зауважити, що вирощування рослин проводилось на піску, що не є сприятливим середовищем для росту рослин. Тому рослини, зображені на фотознімках, дещо відстають у розвитку.

## 2.4. Висновки до розділу

Природний цеоліт зберігає вологу в ґрунті, утримуючи її тривалий час і забезпечуючи нею рослини повільно і постійно. В результаті застосування

природного цеоліту припиняється вимивання добрив з ґрунту, відновлюється і збільшується здатність землі до обміну поживних речовин для рослин. Природний цеоліт запобігає захворюванню коренів рослин, є джерелом мікроелементів і терморегулятором ґрунтів. Каркас цеолітів пронизаний системою каналів і сполучених порожнин. Діаметр пір дозволяє мінералу сорбировать поряд з багатьма сполуками такі важливі в землеробстві речовини, як  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  і ін. Змішані з ґрунтом цеоліти стають ефективними регуляторами змісту деяких елементів в ґрунті. У складі пропонованого нами природного цеоліту міститься необхідну кількість Са, Mg, К і інших підстав, які у вигляді іонів розташовуються в кристалічній решітці мінералу. При сприятливих умовах іонообмінні взаємодії в системі почвацеоліт можуть відбуватися відразу після його внесення, в результаті чого знижується кислотність ґрунту, підвищується її біологічна активність. Разом з тим, позитивний вплив на водоутримуючу здатність ґрунту надає кліноптілоліт, що міститься в мінералі, що стосовно піщаним і супіщаним ґрунтів представляється дуже важливим, так як в зв'язку з цим підвищується родючість ґрунту. У пропонованому нами природному цеоліті туфогенно-осадового походження для окультурення піщаних і супіщаних ґрунтів зміст кліноптілоліта становить 70-90%. З цеолітом в ґрунт потрапляє значна кількість обмінних підстав: Са, Mg, Na, К, а також різні мікроелементи, кількість яких явно перевищує зміст їх в ґрунті.



## РОЗДІЛ 3

### РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 3.1. Результати дослідження

На третю добу після посадки рослин субстрат одержав тріщини, що говорить про їх сходження. Аналізуючи рисунок 2.1в, бачимо, що рослини, підживленні 10 г відпрацьованого сорбенту почали проростати і на цю добу їх кількість становила 10%. 20 г цього відпрацьованого сорбенту дало в цей час їх появу – 75%. Чого не скажеш про рослини, які не були підживленими (рис.2.1 а контроль), а також ті, що одержали природну форму цеоліту (рис.2.1 б). Їх сходження почалось на 4-5 добу.

На сьомий день досліджень бачимо, що рослини, які не одержали підживлення та були удобреними природнім цеолітом досягли висоти до 1 см. Їх кількість на цю добу становила ~60% (рис.2.2 а, б). Додавання відпрацьованої форми цеоліту дало сходження рослин на 96%. Причому відмінність у кількості поживних речовин в субстраті тут дала помітно кращий результат в рості рослин.

Рослини, що одержали 10 г відпрацьованого сорбенту досягли росту – 2 см (рис. 2.2 в) та 3 см (рис. 2.2 г)– посприяло підживлення 20 г того ж цеолітового комплексу. У горщечках без додаткового удобрення та з додаванням цеоліту сходження рослин продовжувалось до 12 доби і досягло кількості ~74%. Слід зауважити, що цього результату сходу рослин при підживленні субстрату 20г відпрацьованого сорбенту ми одержали уже на 3 добу вегетаційного періоду. Помітним являлось також і відставання у рості цих рослин, що досягли висоти у кінцевому стані близько 3 см (рис. 2.3 а, б) та меншим розвитком зеленої маси, що пояснюється обмеженістю рослин в поживних елементах [15].

Рослини, що були підживленні 20 г відпрацьованого сорбенту досягнули росту 5-6 см (рис. 2.3 г). Зниження дози цього добрива до 10 г дало зниження в рості рослин до 4-5 см (рис. 2.3 в). Відмінність у кількості додавання добрива також дещо вплинула на розвиток зеленої маси рослин, що пояснюється нестачею для них елементів

живлення.

Залежність висоти крес-салату від часу під час вегетаційного періоду продемонстровано за допомогою рисунку 3.4.

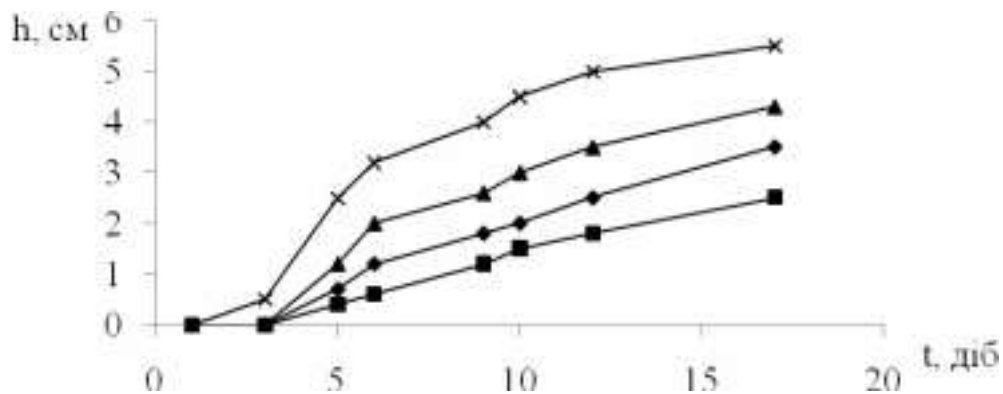


Рис. 3.4. Кінетика росту крес-салату в залежності від агротехніки:

◆-без удобрення; ■-з 10гр цеоліту; ▲-з 10гр відпрацьованого сорбенту; x- з 20гр відпрацьованого сорбенту

На завершальному етапі вегетаційних досліджень рослини було зібрано та висушено до одержання їх постійної ваги. Очевидним є те, що маса зібраного врожаю є більш важливим параметром даних досліджень, які дозволяють показати вплив відпрацьованого цеоліту на кількість одержаної продукції.

Таблиця 3.1

Порівняння одержаних мас рослин, що вирощувались при різних удобреннях субстрату

№ п/п	Назва підживлюючого компоненту	Вага рослин, г
1	Без удобрення	0,061
2	10 гр цеоліту	0,05
3	10 гр відпрацьованого сорбенту	0,08
4	20 гр відпрацьованого сорбенту	0,136

Аналізуючи дані табл. 3.1, бачимо, що рослини підживлені 10 та 20 грамами відпрацьованого сорбенту, приблизно вдвічі перевищили масу рослин, що вирощувались без удобрення та тих, що одержали 10 г природної форми цеоліту.

Отже, із одержаних даних при проведенні вегетаційних досліджень можемо пропонувати застосування відпрацьованого сорбенту, що одержується в процесі очищення стоків м'ясопереробних підприємств для удобрення сільськогосподарських угідь. Адже застосування цього цеолітового комплексу дозволяє покращити врожайність сільськогосподарських культур приблизно вдвічі. Поряд із цим, вирішується ще одна екологічна проблема – одержання безвідходних технологій очищення стоків [27].

### **3.2. Використання цеолітів в різних галузях народного господарства**

В даний час природні цеоліти знаходять широке застосування і використовуються практично у всіх галузях народного господарства: у легкій промисловості - в якості наповнювачів у виробництві паперу і штучної шкіри, в якості дезодоруючих компонентів, як йонообмінного агента для заміни триполіфосфата як частина різних миючих засобів; в металургії - для поділу сумішей різних газів, видалення метану з повітря в підземних виробках, отримання кисню та азоту шляхом адсорбційного розділення повітря; в будівництві - в якості активних мінеральних добавок у виробництві цементу і безцементних шлаколужних в'язучих; в газовій промисловості - для глибокого осушення різних газів і рідин; в нафтопереробній промисловості цеоліти використовуються для очищення від  $H_2S$ , сіркоорганічних з'єднань і  $CO_2$  прямогонних бензинів і інших нафтопродуктів, природного газу, вуглеводневої сировини.

Крім зазначених напрямків, природні цеоліти застосовуються і в інших галузях промисловості, наприклад в якості флотаційного агента при збагаченні поліметалічних руд, для утилізації сонячної енергії, при виробництві вогнегасних порошоків, для очищення спирту від метанолу та сивушних масел, для очищення білкових колоїдних помутнінь і освітлення виноградних вин, соків, пива.

У медицині природні цеоліти використовуються для очищення інсуліну і плазми крові, для зв'язування і виведення з організму токсичних метаболітів, радіонуклідів і солей важких металів. Перспективно також застосування природних цеолітів в якості імуностимулятора і антиалергічного кошти.

В області охорони навколишнього середовища природні цеоліти використовуються для очищення газів, що відходять промислових підприємств і теплових електростанцій шляхом вилучення оксидів сірки, як наповнювачі фільтрів при очищенні міських і промислових стічних вод від амонійного азоту, від токсичних іонів важких металів та інших шкідливих компонентів [6].

### **3.3. Вплив природних цеолітів на родючість ґрунтів і врожайність**

У хімізації землеробства особливе місце займає хімічна меліорація, поліпшуюча властивості ґрунту. Використання природних цеолітів як меліоранта є новим напрямком досліджень. Механізм дії природних цеолітів як меліорантів досить різноманітний і до кінця ще не вивчений. Цеоліт покращують структуру ґрунту, збільшують її проникність, накопичують такі важливі елементи живлення рослин, як N і K, в формі обмінних катіонів і сорбують  $\text{NH}_3$ , а потім повільно віддає під час росту рослин. Рухливі форми добрив, адсорбованих цеолітом, зберігаються від вимивання, зменшуються втрати амонійного азоту за рахунок нітрифікації і випаровування, в результаті чого поліпшується живлення рослин азотом і калієм, збільшуються коефіцієнт стійкості рослин до підвищених доз добрив при їх нерівномірному внесенні. За рахунок іонного обміну цеоліти знижують кислотність ґрунтів, збільшують водоутримуючу здатність. Цеоліт в ґрунті пов'язують важкі метали, перешкоджаючи їх надходженню в рослини. Крім того, цеоліт стійкий до ерозії і зберігається в ґрунті, не наражаючись подальшим перетворенням. Створені під впливом цеоліту сприятливі фізико-хімічні властивості ґрунту сприяють посиленню біологічної активності ґрунту і зростання чисельності корисних ґрунтових мікроорганізмів.

Використання природного цеоліту може дати позитивні результати майже у

всіх видах ґрунтів і на 10-30% може збільшити врожайність багатьох сільськогосподарських культур. Після внесення природного цеоліту, збільшені врожаї можуть спостерігатися 3-4 роки і більше. Навіть після 7 років після внесення цеоліту в ґрунт, його адсорбційні і катіонно-обмінні функції не змінюються.

В рослинництві природний цеоліт надзвичайно корисний. У легких ґрунтах збільшиться їх водомісткість. При внесенні разом з добривами, він поглине частину добрив в свої пори і канали і утримає від вимивання в ґрунтові води, випаровування в атмосферу, а потім поступово, у міру необхідності віддасть їх рослинам.

Таким чином, зменшить добові норми витрат добрив, зменшить добові норми витрат води при поливах, зменшить кількість нітратів в овочах і фруктах, забруднення ґрунтових вод.

Застосування природного цеоліту дозволить збільшити кількість вітаміну С, поліпшити амінокислотний склад фруктів і овочів. В біохімічному складі фруктів збільшиться рівень загального цукру, сухих речовин, зменшиться кислотність і кількість нітратного азоту.

Вплив природних цеолітів на родючість ґрунтів і урожайність. В хімізації землеробства особливе місце займає хімічна меліорація, поліпшує властивості ґрунту. Використання природних цеолітів як меліоранта є новим напрямком досліджень.

Механізм дії природних цеолітів як меліорантів досить різноманітний і до кінця ще не вивчений. Цеоліт покращують структуру ґрунту, збільшують її проникність, накопичують такі важливі елементи живлення рослин, як N і K, в формі обмінних катіонів і сорбують  $\text{NH}_3$ , а потім повільно віддає під час росту рослин, виконуючи роль пролонгатора. рухливі форми добрив, адсорбованих цеолітом, зберігаються від вимивання, зменшуються втрати амонійного азоту за рахунок нітрифікації і випаровування, в результаті чого поліпшується живлення рослин азотом і калієм, збільшуються коефіцієнт стійкості рослин до підвищених доз добрив при їх нерівномірному внесенні. За рахунок іонного обміну цеоліти знижують кислотність ґрунтів, збільшують водоутримуючу здатність [7].

Цеоліт в ґрунті пов'язують важкі метали, перешкоджаючи їх надходженню в рослини. Крім того, цеоліт стійкий до ерозії і зберігається в ґрунті, не наражаючись

подальшим перетворенням. Створені під впливом цеоліту сприятливі фізико-хімічні властивості ґрунту сприяють посиленню біологічної активності ґрунту і зростання чисельності корисних ґрунтових мікроорганізмів.

Зроблено перші спроби дослідження вплив цеолітів на структурні особливості різних ґрунтів. Дослідженнями Г.А.Мазура з співавт. (1987), А.І.Кіселя і В.І.Канівця (1987) встановлено, що застосування цеолітвмісних порід в якості меліоранта сприяє підвищенню вологості ґрунтів, різкого зниження гідролітичної та обмінної кислотності, підвищення суми поглинених і обмінних підстав, а також ступеня насиченості ґрунту підставами. За даними деяких дослідників, в перший рік дослідження на сірих лісових ґрунтах зрушення рН в залежності від кількості внесеного цеоліту склав на тлі помірних доз мінеральних добрив 0,47-0,74, а на тлі підвищених доз - 0,15-0,73 одиниці рН. Природні цеоліти сприяли також збільшення суми поглинених, обмінних основ ґрунту і насиченості її підставами. Зі зміною реакції ґрунтового середовища під впливом цеолітів, в ній стався перехід частини важкорозчинних фосфатів в рухомі форми. Так, зміст рухомого фосфору в ґрунті збільшилася на 9-41 мг/кг. Істотна різниця в зміст рухомого фосфору збереглася навіть через чотири роки після внесення цеоліту. Під дією цеоліту в ґрунті збільшилася і зміст мінерального азоту, особливо аміачного. У рік внесення породи в шарі 0-60 см його запаси були вище на 25-94 кг/га, з них основна частка (20-70) кг/га припадала на аміачний азот. У перші роки спостерігалось інтенсивне поглинання і утримання аміачного азоту, в наступні роки - третій і четвертий ці дії значно ослабли і склали 3-27 кг/га. природні цеоліти також надали позитивний вплив на запаси продуктивної вологи, збільшуючи її обсяг в середньому за вегетаційний період на 8-20 мм в шарі 0- 100см і 1-5 мм - в орному шарі.

Дослідження на дерново-підзолистих ґрунтах легкого гранулометричного складу проведені А.І.Кіселем і В.І.Канівцем (1987). Ними показано, що природні цеоліти викликають суттєві сприятливі зміни властивостей ґрунтів. Так, застосування цеолітів в дозах 10 і 20 т / га підвищують значення рН на 0,8-1,2 одиниці, відновлюючись до вихідного стану лише через 5-6 років.

Природні цеоліти в даних дозах також сприяли збільшенню водоутримуючої

здатності і підвищення вологості ґрунтів на 5-10%. Зміст і співвідношення в ґрунті рухомих мінеральних сполук азоту також піддалися змінам під впливом цеоліту, кількість нітратів збільшилася в півтора рази, вміст фіксованого амонію підвищився на 10-16%, що сприяло створенню оптимального режиму живлення рослин цим елементом, знижувало втрати його від денітрифікації і вимивання. В результаті чого коефіцієнт використаного азоту рослинами підвищувався на 10-51%. Українським НДІ землеробства доведена можливість використання цеоліту для попередження вимивання добрив з ґрунту. Присутність в цеолітах лужноземельних елементів сприяє підвищенню катіонній ємності ґрунту і, як наслідок, нейтралізації реакції ґрунтової вологи.

### **3.4. Висновки до розділу**

Цеоліт має суттєвий позитивний вплив на врожайність основної та побічної продукції в прямій дії на ярої пшениці і в послідуочі на вівсі при використанні його по фоні оптимальних доз мінеральних добрив. Використання цеоліту на неудобренній ґрунті нестабільно і в більшій мірі позначається на врожайності соломи. Спільне внесення цеоліту і мінеральних добрив позитивно впливає на накопичення в зерні пшениці та вівса білкових речовин і крохмалю, однак такий ефект забезпечується перш за все повним мінеральним добривом. Застосування цеоліту сприяє зниженню ґрунтової кислотності, підвищенню вмісту рухомих сполук фосфору і калію, а також збільшення вмісту в ґрунті доступних рослинам форм кремнію.

## ВИСНОВКИ

1. Отже, гідро- та аеропоніка - одні з перспективних напрямків. Створення оптимальних умов для росту і розвитку рослин забезпечує отримання дуже високих врожаїв, кращої якості і за більш короткий термін. Вирощування рослин цими методами менш трудомістке, ніж в ґрунтовій культурі, вода і поживні речовини витрачаються економніше.

2. Застосування цеолітів в сільському господарстві, в овочівництві і в садівництві має великі перспективи. Цеоліт підвищує не тільки кількість, але якість врожаю. У овочів і фруктів, вирощених на ґрунтах з внесенням цього мінералу, поліпшується амінокислотний склад, збільшується кількість вітаміну С, рівень загального цукру і сухих речовин, а кількість нітратного азоту і кислотність зменшуються.

3. Вивчені природні цеоліти мають високу ємність катіонного обміну, що перевищує у багато разів показники легкосуглинистих підзолистих ґрунтів. Мінерали групи цеоліту мають сприятливий хімічний склад і містять в обмінно поглиненому стані дефіцитні для легких ґрунтів елементи - кальцій, калій і магній.

4. Крес салат або клоповник посівної можна без клопоту виростити на підвіконні, використовуючи як субстрат цеоліт. Ця корисна, багата мікроелементами, невибаглива зелена овочева культура не потребує підгодівлі. Щоб отримати багатий урожай крес салату досить лише зрідка поливати його, а все інше він отримає з субстрату



## СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бедриковская Н.П. Гидропоника комнатных цветов / Бедриковская Н.П. – Киев: «Наукова Думка», 1972. – 65 с.
2. Гідропоніка як сучасний метод вирощування рослин [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://odsk.kiev.ua/obzory/ru/etap-stroitelstvo-doma-osenu-bez-pereryva-v-stroitelnyh-rabotah.aspx>
3. Трегубова, Н. Е. Сравнение методов выращивания зелени традиционным способом и гидропоники в домашних условиях / Трегубова Н. Е. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2017. — № 33 (167). — С. 68-71. — URL: <https://moluch.ru/archive/167/45359/> (дата звернення: 23.05.2021)
4. Зальцер Э. Гидропоника для любителей / Эрнст Зальцер. – Москва: Колос, 1965. – 158 с.
5. Гіль Л. С. Сучасні технології овочівництва закритого і відкритого ґрунту / Л. С. Гіль, А. І. Пашковський, Л. Т. Суліма. – Вінниця: «Нова Книга», 2008. – 367 с.
6. Лобода Б.П. Влияние удобрения на основе цеолитсодержащих трепелов хотынецкого месторождения на урожайность и качество картофеля / Лобода Б.П., Багдасаров В.Р., Фицура Д.Д. // Агрохимия. – 2014. – №3. – с. 28–35.
7. Выращивание растений без почвы / Чесноков В.А., Базырина Е. Н ., Бушуева Т.М., Ильинская Н.Л. – Санкт-Петербург: Издательство ленинградского университета, 1960. – 169 с.
8. Минеев В.Г. Агрохимия и экологические функции калия / Минеев В.Г. – Москва: МГУ, 1999. – 322 с.
9. Беренштейн Б.Г., Цеолиты - новый тип минерального сырья / Беренштейн Б.Г., Челищев Н.Ф., Володин В.Ф . – Москва: Недра, 1987. – 176 с.
10. Бекузарова С.А. Цеолитсодержащие удобрения на склоновых землях / Бекузарова С.А., Бзиков М.А., В.И Гасиев., 2003. – 63 с.

11. Белоусов В.С., Цеолитсодержащие породы Краснодарского края в качестве инактиваторов тяжелых металлов в почве / В. С. Белоусов // Агрохимия - 2006. - №4. – С. 78-83.
12. Бобровицкий А. В. Распространение, генезис, структура и свойства цеолитов / Бобровицкий А.В., Горбунов Н. И. // Почвоведение – 1973. – (5). – С. 93–101.
13. Получение и свойства клиноптилолита, модифицированного диоксидом марганца / Тарасевич Ю.И., Поляков В.Е., Иванова З.Г., Крысенко Д.А. // Химия и технология воды – 2016. – Т. 30(2). – С.159-170.
14. Нагорнова Л.М. Использование цеолитсодержащей породы Радденского месторождения в тепличных грунтах [Текст] / Л.М.Нагорнова, Г.П.Булычева, Н.В.Потапова // Тез. докл. республ. науч.-техн. совещания г. Берегово Закарпатской обл., -(Киев, 20 – 21 октября), -1987. -С. 82-83.
15. Выращивание растений без почвы / Ильинская Н. Л., Бушуева Т. М., Базырина Е. Н., Чесноков В. А.. – Санкт-Петербург: Издательство Ленинградского университета, 1960. – 170 с.
16. Гідропоніка [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.fertilizerdaily.ru/20200421-gidroponika-cto-eto-i-zachem-primenyaetsya/>.
17. Слепцов Ю. В. Органічне овочівництво / Слепцов Ю. В., Федосій І. О.. – Вінниця: Нілан-ЛТД, 2016. – 272 с.
18. Мураш И. Г. О воздушной культуре растений в закрытом грунте // Физиология растений. - 1983. - Т. 10, Вып. 5. – С. 67-71.
19. Перспективи аеропоніки в Україні: як вирощувати врожай в повітрі [Електронний ресурс] /Режим доступу: <http://agro-yug.com.ua/archives/20864>.
20. Методи аналізу в агрономії та агроєкології: навчальний посібник / Овчарук О.В., Овчарук В.І., Овчарук О.В., та ін. / - Кам'янець-Подільський, Харків: Мачулин, 2019. – 364 с.
21. Цеопоника. Эксперимент NASA [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.zeolite.com.ua/experimenty-nasa-s-ceolitom>.
22. Цеопоника гидропонное проращивание растений [Електронний ресурс] –

Режим доступу до ресурсу: <http://ru.agrozem.com/primenenie-czeolita/ceolit-czeoponika.html>

23. Цеоліт Біо [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.cluboz-praktik.kiev.ua/encyclopaedia/ceolitBio>

24. Космическая грядка на подоконнике [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://rus.delfi.lv/woman/zhizn/reklamnye-stati/kosmicheskaya-gryadka-na-podokonnike?id=48508267>.

25. Яновська Е.С. Наукові основи безвідходної технології доочищення промислових стічних вод від сумішей іонів важких металів / Яновська Е.С, Затовський І.В, Слободяник М.С.. // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2016. – С. 50–54.

26. Опыт применения клиноптилолита в качестве фильтрующего материала скорых фильтров на промышленной водоочистной станции. Химия и технология воды. / Тарасевич Ю.И., Руденко Г.Г., Кравченко В.А., Сидорович А.Г. / - 2015. - Т.5(1). – С. 54–55.

27. Физикохимические свойства закарпатского клиноптилолита и его применение в качестве фильтрующего материала при очистке воды. Химия и технология воды. / Тарасевич Ю.И., Руденко Г.Г., Кравченко В.А. и другие. / - 2017. - Т. 1(1). – С. 66–69.

28. Samsonova, N. E. Silicon in plants and animals / N. E. Samsonova // Agrochemistry. - 2019. – № 1. – P. 86-96

29. Глущенко В.Ю. Приморские цеолиты — общая характеристика и особенности применения// Цеолиты Приморья. Тезисы докладов НПК. — Вл-к, 1994. — С. 7.

30. Органоминеральные сорбенты на основе клиноптилолитсодержащих туфов / Никашина В.А., Гембицкий П.А., Кац Э.М., та ін. // Известия Акад. наук. Сер. Хим. — 1994. — № 9. — С. 1550—1556.