

Сумський державний педагогічний університет імені А.С.Макаренка

Природничо-географічний факультет

Кафедра біології та методики навчання біології

**Гапон Богдана Анатоліївна**

## **ХІМІЧНА АКТИВНІСТЬ КОРЕНІВ КУКУРУДЗИ У ВОДНІЙ КУЛЬТУРІ**

Спеціальність: 014 Середня освіта (Біологія та здоров'я людини)

Галузь знань: 01 Освіта/Педагогіка

Кваліфікаційна робота

на здобуття освітнього ступеню магістра

Науковий керівник:

\_\_\_\_\_ М. П. Москаленко  
кандидат біологічних наук,  
доцент кафедри біології та  
методики навчання біології  
«1» грудня 2021 року

Виконавець:

\_\_\_\_\_ Б. А. Гапон  
«1» грудня 2021 року

Суми 2021

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1	
ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНІ МЕХАНІЗМИ АЛЕЛОПАТІЇ.....	5
РОЗДІЛ 2	
МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ КОРЕНЕВИХ ВИДІЛЕНЬ.....	8
РОЗДІЛ 3	
МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	13
РОЗДІЛ 4	
ХІМІЧНА АКТИВНІСТЬ КОРЕНІВ КУКУРУДЗИ У ВОДНІЙ КУЛЬТУРІ НА ПОВНІЙ ПОЖИВНІЙ СУМІШІ.....	17
РОЗДІЛ 5	
ХІМІЧНА АКТИВНІСТЬ КОРЕНІВ КУКУРУДЗИ У ВОДНІЙ КУЛЬТУРІ НА ДИСТИЛЬОВАНІЙ ВОДІ.....	24
РОЗДІЛ 6	
ПРОДУКТИВНІСТЬ ВОДНОЇ КУЛЬТУРИ КУКУРУДЗИ НА ДИСТИЛЯТІ ТА ПОВНІЙ ПОЖИВНІЙ СУМІШІ.....	36
РОЗДІЛ 7	
ПРАКТИЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ У ШКІЛЬНОМУ КУРСІ.....	40
ВИСНОВКИ .....	42
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	43

## ВСТУП

Україна відноситься до країн, в яких одні з перших було вивчено явище алелопатії. У витоків досліджень хімічної взаємодії рослин в Україні стояв академік А.М. Гродзинський.

У цьому терміні сполучено два грецьких слова – «взаємний» і «вплив». Під алелопатією розуміють здатність рослин впливати на ріст і розвиток інших рослинних організмів і не тільки. Цей вплив відбувається за участі чисельних органічних речовин, які виділяють рослини в середовище і створюють навколо себе певне алелопатичне поле із своєю «напругою». Необхідно зазначити, що дані сполуки в едафічному середовищі зазнають значних перетворень і не залишаються у своєму вихідному стані. Це надзвичайно важливе явище, адже воно визначає не лише стан окремих рослинних організмів, а й фітоценозу в цілому.

Ще одним аспектом застосування знань з алелопатії є сільськогосподарська діяльність людини. В агрофітоценозах відбувається постійна хімічна взаємодія рослин. Без застосування таких відомостей та вживання відповідних заходів у посівах настає ґрунтовтома і, як наслідок, падіння продуктивності важливих для людини сільськогосподарських культур.

**Мета.** Експериментальне вивчення алелопатичного впливу корневих виділень водної культури кукурудзи на ріст тестової рослини.

**Завдання.** Дослідити вплив корневих виділень водної культури кукурудзи на ріст і розвиток:

- пагонів тестової культури;
- коренів тестової культури;
- цілого проростку тестової культури;
- співвідношення пагін/корінь тестової культури.

**Об'єкт.** Хімічна взаємодія сільськогосподарських рослин з іншими видами.

**Предмет.** Водні культури кукурудзи на повній поживній суміші та дистильованій воді.

**Методи.** Основним методом вивчення алелопатичних властивостей корневих виділень рослин кукурудзи у водній культурі був експериментальний метод біологічних тестів А.М. Гродзинського [16].

**Апробація результатів роботи.** Результати роботи зафіксовані у виданнях, які представлені у списку літератури [22,23].

**Практичне значення** роботи полягає у використанні отриманих нами результатів вчителями середніх загальноосвітніх шкіл для викладання наступних тем навчальної програми з біології:

- 6 клас. Рослини. Тема «Рослина - живий організм. Живлення рослин. Будова рослин. Органи рослин. Корінь, пагін: будова та основні функції»[26].

- 11 клас. Біологія і екологія. Рівень стандарту. Теми: «Стратегії адаптацій організмів»; «Типи зв'язків між популяціями різних видів в екосистемах» [27].

**Структура.** Дипломна робота складається із вступу, 7 розділів, висновків, списку використаної літератури, містить 14 рисунків, 1 таблицю, викладена на 46 сторінках.

## РОЗДІЛ 1

### ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНІ МЕХАНІЗМИ АЛЕЛОПАТІЇ

Значне розповсюдження явища алелопатії в рослинному світі має своє підтвердження у чисельних дослідженнях вітчизняних та зарубіжних вчених. Всі вони підтверджують дійсне існування процесів хімічної взаємодії у фітоценозі між його компонентами, але прояв такої взаємодії має неоднозначний характер. На цей характер впливають чисельні зовнішні та внутрішні фактори, які змінюють набір біологічно активних речовин у ґрунті з різною швидкістю, напрямками та результатами. Через таку багатофакторність і багатовекторність даних процесів досі відсутня спільна узгоджена точка зору щодо оцінки та кількісних характеристик цього явища хімічної взаємодії рослин. В той же час в літературі зустрічається дуже багато оглядів результатів експериментів наступних механізмів взаємодії рослин за участі хімічних речовин[2, 21, 12].

#### *Обмін метаболітами через кореневі системи.*

Кореневі системи виділяють органічні речовини, які фактично створюють зустрічний рух органічних продуктів від однієї рослини до іншої. Цей рух відбувається достатньо повільно, від декількох годин до кількох діб через ґрунтовий розчин. Основу хімічних сполук, що приймають участь в такому переміщенні складають водорозчинні асиміляти, продукти фотосинтезу. Частка таких речовин, що є основою міжрослинного потоку становить 9-13% від всіх асимілятів, які створює рослина за добу. Основну масу цих речовин складають легкорозчинні рухливі мономерні майбутніх полімерних органічних сполук – органічні кислоти, амінокислоти, моноцукри, жирні насичені та ненасичені карбонові кислоти тощо.

Справа в тому, що речовини сусідніх рослин-донорів, після потрапляння до організму рослин-акцепторів активно включаються у їх метаболізм. Але зафіксувати зовнішні прояви такого взаємного обміну через ґрунт дуже важко. В ланцюгу організмів, через які проходить цей донорно-

акцепторний потік органічних сполук присутні самі різноманітні органічні форми життя, більшість становлять мікроорганізми. Їх роль полягає у постійному хімічному поглинання та перетворенні фізіологічно активних речовин, які рухаються у едафічному середовищі. Сполуки, що рухаються є доступними для рослин, які активно поглинають їх через кореневу систему для своїх потреб[2,18].

Представлений вище процес відбувається виключно в ґрунті із залученням підземних органів рослин. Але існує цілий набір летких різноманітних органічних сполук, які виділяються листками рослин у фітоценозі та поглинаються сусідніми рослинами. Цей шлях алелопатичної взаємодії рослин є мало вивченим через неможливість фіксації та подальшого вивчення даних сполук.

#### *Вплив токсичних виділень корневих систем.*

В більшості випадків токсичними є речовини, які утворюються при відмиранні корневих систем. Особливо це стосується їх активної частини (дрібні корені, що поглинають основну масу води і розчинених мінеральних сполук через апопластний транспорт). Дана група коренів часто руйнується у щільному механічному середовищі. Прикладом може бути коріння дикого соняшника та інших бур'янів. Під час його розкладання накопичується хлорогенова кислота, яка гальмує проростання власного насіння цього виду та інших бур'янів. Також у старих яблуневих садах накопичуються похідні фенолу, такі як флоридин, що інгібують ріст сусідніх дерев'янистих рослин.

#### *Виділення летких терпенів.*

Відомі дослідження алелопатичного впливу летких терпенів, що їх виділяє шавлія. Це відбувається за високих температур повітря в суху погоду. За таких екологічних умов леткі терпени шавлії насичують сухий гарячий ґрунт, що робить його токсичним для проростання насіння рослин інших видів. Аналогічна ситуація з евкаліптовими лісами. Листки евкаліптів також виділяють леткі речовини з групи терпенів. Останні поглинаються порами сухого ґрунту та стають основою газової фази едафічного

середовища. Власне насіння не проростає під деревами евкаліптів, але проростає на деякій відстані, де вміст терпенів у ґрунті стає меншим. Таким чином алелопатична дія евкаліптів на власне насіння приводе до збільшення ареалу існування власного виду[7,30].

Треба підкреслити важливість екологічних чинників для алелопатичної дії терпенів. Перш за все вони перестають впливати на інші види в умовах зволоженого середовища, вологого ґрунту. Очевидно, вони здатні розчинятися у воді, і при цьому зменшується їх концентрація в ґрунтовому середовищі. Прикладом є експерименти Р.Негра із відсутністю алелопатичної дії розмарина лікарського у вегетаційному досліді із поливом рослин у вегетаційних посудинах. Але в природних сухих субтропіках Середземного моря ці рослини значно гальмують ріст і розвиток сусідніх рослин.

#### *Накопичення колінів у мертвому рослинному опаді.*

Коліни – це власне і є збірна назва всіх хімічних речовин, що проявляють ту чи іншу алелопатичну дію. Ця назва також може бути застосована як до листяного опаду, так і до опаду інших рослин. Хімічна дія рослин на інші види через власний опад відома достатньо давно. Цей алелопатичний шлях дії колінів у природному середовищі зафіксований як для трав'яних, так і для дерев'янистих рослин (всі види роду горіх, калина, береза, граб, клен та інші породи дерев)[24, 28].

#### *Утворення в кореневій зоні токсичних продуктів при анаеробіозі.*

В різних екосистемах періодично з різною тривалістю можуть створюватися анаеробні умови існування коренів. Це стосується кліматичних зон із частим затопленням ґрунтів, як в природних екосистемах (мангрові зарості), так і в штучних агрофітоценозах під час вирощування сільськогосподарської культури рису на затоплених полях або під рослинами цукрової тростини в зонах екваторіальних вологих лісів. В таких умовах зафіксовано надмірні токсичні концентрації органічних кислот та спиртів.

## РОЗДІЛ 2

### МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ КОРЕНЕВИХ ВИДІЛЕНЬ

Основна проблема вивчення колінів різних видів рослин полягає у їх недоступності. Для вивчення речовини потрібно мати її у чистому вигляді або у суміші з небагатьох речовин, властивості яких є добре відомими. Тому головним завданням всіх методів дослідження ґрунтових алелопатичних речовин, це засоби їх вловлювання, вивільнення із едафічного середовища, та концентрування по можливості у чистому вигляді. Під час таких маніпуляцій хімічний склад та будова колінів може зазнати суттєвих змін, що є ще однією проблемою методик дослідження алелопатичних речовин. Також важливо знати концентрацію даних сполук у ґрунті, або в розчині, який можна отримати під час експерименту. Тоді можна оцінити кількісні характеристики даного процесу[10, 19].

В більшості випадків рухливі фізіологічно активні речовини перебувають у двох агрегатних станах: рідкому або газоподібному. Зрозуміло, що при цьому всі методологічні заходи їх вивчення зводяться до отримання розчинів таких сполук, твердого осаду або ізолювання колінів у герметичному посуді для подальшого їх вивчення. Також застосовують поглинання їх різного роду сорбентами з подальшою реадсорбцією.

Зрозуміло, що чисельні методи вилучення та дослідження біологічно активних речовин мають як власні недоліки так і переваги. Нижче ми наводимо найбільш поширені методи дослідження алелопатичних речовин, які виділяються коренем.

#### *Культура ізолюваних коренів.*

В культурі ізолюваних коренів в першу чергу вивчають процес екскреції речовин коренями. В культурі ізолюваних коренів цей процес буде значно відрізнятися від такого процесу у природних умовах існування коренів у складі цілої рослини. І в цьому головна проблема застосування методики вивчення культури ізолюваних коренів.

Тривале існування культури ізольованих коренів є важким завданням через ряд особливостей метаболізму цих органів рослин. Для їх нормального розвитку необхідні стерильні асептичні умови живильного водного середовища, так як корені легко пошкоджуються і починається процес гниття. У водному середовищі мікроорганізми розвиваються дуже швидко. Це є проблемою використання даного методу. На сьогоднішній день експериментально встановлено приблизний склад живильного середовища, який використовують для культури корневих систем. Успішними можна вважати досліди із культури ізольованих коренів деревних культур (сосни, шовковиці, дуба). Не вдалося до сьогодні започаткувати життєздатну культуру коренів більшості однодольних рослин за винятком пшениці та жита[6, 8].

*Вирощування рослин у стерильних умовах на агаризованому середовищі.*

Цей метод полягає у вирощуванні проростків рослин на поживному середовищі із зануренням власне коренів у агар. Перевагою такого методу є те, що ризик ушкодження коренів мінімальний і вони легко виймаються із агарного середовища. Окрім цього таке середовище можна легко розділити по зонам розташування коренів, що дозволяє виявити роль кожної ділянки коренів у переміщенні колінів. Також агар дозволяє маніпулювати з концентрацією корневих виділень. Для цього агар заморожують, а потім він відтає. Перші порції води від танення містять практично всі кореневі виділення.

До недоліків такого методу треба віднести відмінність щільності його та щільності природного ґрунту, тобто це не є звичним для коренів середовищем. Також подібне середовище відрізняється дуже низьким газообміном із повітрям, що також неприродно по відношенню до існування коренів у ґрунті. Агаризоване середовище це фактично розчин агару, випаровування води приводить до суттєвого зниження його вихідного об'єму. Такі зміни об'єму середовища існування також є неприродним для коренів.

*Стерильні та напівстерильні культури цілих рослин.*

Цей метод фактично є модифікацією методу стерильних ізольованих коренів. Відмінність полягає в тому, що культивуються цілі рослини. Із самого визначення стає зрозумілим, наскільки складніше виростити цілу рослину у стерильних умовах в порівнянні із окремими коренями. Найважче забезпечити стерильні умови для надземної частини рослин. Для цього потрібно створити не лише асептичні умови при заміні поживних розчинів для коренів, а й продувати стерильне повітря, що потребує спеціальної лабораторної техніки[1, 4].

*Водні культури на проточному поживному розчині.*

Основна ідея цього методу полягає у циркуляції поживного розчину. Рослини у посудинах для водних культур розташовуються одна над одною. Система створена таким чином, щоб поживний розчин перетікав із вищої посудини до нижчої, а потім іще нижче у спеціальну посудину із насосом, який знову піднімає розчин знову вгору. Таким чином здійснюється постійна циркуляція середовища водної культури. Необхідно кожні 2-4 дні компенсувати втрату елементів живлення для того щоб уникнути конкуренції за необхідні елементи живлення. Також здійснюється періодичний контроль рН середовища, щоб виключити вплив різких коливань цього показника на стан рослин.

Для визначення впливу одних рослин на інші необхідне одночасне здійснення трьох паралельних варіантів: дві чисті культури двох різних видів та варіант сумісного використання поживної суміші водної культури. Саме останній варіант і демонструє вплив корневих виділень одних рослин на стан інших рослин через поглинання колінів із спільного загального середовища повної поживної суміші.

Недоліком такої методики є нестерильні умови та багатofакторність досліду, що може сприяти значному спотворенню точної картини хімічної взаємодії рослин різних видів за допомогою колінів.

### *Аеропоніка.*

Цей метод передбачає вирощування рослин у закритих посудинах, які насичені парами водної поживної суміші де самі рослини механічно прикріплені до стінок або субстрату. Також можливе періодичне обприскування рослини або тимчасове короткострокове zalивання поживною сумішшю. Із середовища періодично беруть проби для вивчення можливої їх алелопатичної дії на інші рослини. Недоліком є те, що оприскування рослин передбачає поглинання речовин листками, що є неосновною функцією цих органів у природному середовищі.

Перевагою такої методики є більш зручне обслуговування рослин через менші об'єми поживних сумішей. В той же час створене насичене парою середовище не є характерним для існування більшості рослин[13, 21].

*Одержання корневих виділень від рослин, що ростуть у природних екосистемах.*

Ця методика передбачає перенесення рослин із природної екосистеми шляхом їх викопування. Корені відмивають від ґрунту і рослину перетворюють на водну культуру. Спочатку корені промивають дистильованою водою і розміщують у повному поживному розчині. Об'єм останнього розраховують приблизно у 10 разів більше об'єму коренів. Із попередніх експериментів вважається, що протягом 1-2 діб фізіологічна активність коренів зберігається на рівні природної, тому кількість колінів у розчині утримується приблизно на одному рівні. Надалі відбувається зниження їх вмісту в середовищі водної культури через розвиток мікрофлори, яка руйнує кореневі виділення. До недоліків даного методу можна віднести втрату певної частини активних дрібних коренів під вилучення рослини із ґрунту та промивання від його механічних часток. Також вода здійснює вилуговування речовин, невластивих для набору колінів у едафічному природному середовищі. Корені також можна тримати і на дистилаті, але це іще більш віддаляє умови експерименту від природних умов існування рослин.

*Вирощування рослин у гідропонних умовах на промитому піску.*

Роль піску полягає у створенні механічних умов вирощування рослин які є максимально приближені до природних умов існування. В таких експериментах через пісок просочується вода із корневими виділеннями, яку беруть на проби для визначення алелопатичної активності коренів. Недоліком цього методу є неможливість регулювати вміст поживних речовин у піску, адже його адсорбційна здатність дуже мала. Також поживні речовини швидко вимиваються із піску.

*Вирощування рослин у гідропонних умовах з використанням ґрунтового субстрату.*

Умови зростання рослин-донорів біологічно активних речовин практично ідентичні природним, однак поглинання колінів ґрунтом проконтролювати неможливо. Це приводить до різкої зміни концентрації даних сполук і викривлення результатів. Окрім цього ґрунт обернено повертає до коренів рослин катіони, які створюють значну катіоннообмінну ємність. Це також створює труднощі інтерпретації результатів експерименту [11, 29].

*Метод відбитків на фільтрувальному папері.*

При використанні такої методики базовою є водна культура дослідних рослин. Корені таких рослин, не відокремлюючи від стебла, на декілька годин вносять у вологу камеру, а потім притискають до вологого фільтрувального паперу (хроматографічного). Після його висушування і випаровування води можна хроматографічними засобами виділити в чистому вигляді речовини з паперу та визначити їх алелопатичну активність. Також цей метод дає можливість визначити зони кореню, які є найбільш активними в розумінні синтезу колінів. Недоліком цього методу є те, що він не придатний для визначення кількісних характеристик процесу синтезу фізіологічно активних речовин коренями рослин.

### РОЗДІЛ 3

#### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для проведення експерименту використовували метод тестових біопроб Гродзинського А.М.[16]. Метод полягає у обробці насіння тестової культури водними витяжками із рослинного матеріалу дослідних рослин. В класичних дослідах використовують такі витяжки 1:10, 1:20 та іншої концентрації різних частин рослин (в основному наземних). Таким чином досягається можлива концентрація колінів дослідних рослин, яка може бути у ґрунті. Хоча точно встановити вміст та стан таких сполук практично неможливо через багатфакторність едафічного середовища. Існує також думка, що концентрація хімічно та біологічно активних речовин, які виділяють корені рослин у ґрунті, може бути 1:100 та ще меншою [21].

Проблемою кожного алелопатичного дослідження є намагання ізолювати алелопатично активні речовини. Це дуже складне завдання, адже, потрібно домагатися того, щоб хімічний склад колінів не зазнав змін, а їх концентрація була б відомою. Оскільки в природних умовах коліни можуть пересуватися або в розчиненому вигляді, або у газоподібній формі чи у розпиленому стані і зазнавати значних хімічних змін, то методи фіксування колінів зводяться або до отримання водного розчину, або до ізоляції газоподібних речовин у герметичній посудині, або до виділення речовин у вигляді твердого осаду. Це дуже складні методичні та технічні завдання.

Із опрацьованих нами літературних джерел стало зрозуміло, що практично всі дослідження алелопатичних взаємодій проводять з використанням надземних частин рослин. На нашу думку це не зовсім вірно, адже в природі взаємний вплив одних рослин на інші відбувається у більшості випадків саме через ґрунт. Зазначений вище підхід до експериментів із алелопатії обумовлений складністю виділення біологічно активних речовин коренів у чистому вигляді через особливості едафічного середовища.

Особливістю нашого дослідження було те, що ми за мету поставили виявити алелопатичну дію саме корневих виділень, а не сполук із надземної частини дослідних рослин. Тому традиційна методика була доопрацьована саме з цієї точки зору. Нами було закладено водну культуру кукурудзи у двох основних варіантах:

- на повні поживній суміші Кноппа;
- на дистильованій воді.

Посудини для вирощування обрали об'ємом 75, 140 та 325 мл через те, що у більшому об'ємі водного середовища концентрація колінів була б незначною і зафіксувати їх хімічну дію було б неможливо. Тому ми не використовували посудини більшого об'єму. Також ми відмовилися від періодичної (кожного тижня) заміни поживного середовища, як це передбачено у класичних дослідах з водними культурами. Адже під час такої заміни використаного середовища кореневі виділення за попередній час були б втрачені. Зрозуміло, що рослини у запропонованих умовах не могли існувати тривалий час. Особливо це стосується водної культури рослин кукурудзи на дистильованій воді. Тому дослід відбувався лише 42 дні. Повторність досліду була 3-х кратною.

Один раз на 7 днів із посудин дослідного об'єму кожного варіанту ми брали зразок середовища водної культури у кількості 5 мл.

Щоб досягнути поставленої мети, ми здійснили модельні досліди із пророщування насіння тестової рослини в чашках Петрі з фільтрувальним папером у трикратній повторності (в одній повторності – 100 насінин) за наступною схемою:

- 1) дослід 1 (5мл середовища посудин водної культури кукурудзи об'ємом 75мл + насіння редьки посівної);
- 2) дослід 2 (5мл середовища посудин водної культури кукурудзи об'ємом 140мл + насіння редьки посівної);
- 3) дослід 3 (5мл середовища посудин водної культури кукурудзи об'ємом 325мл + насіння редьки посівної);

4) дослід 4 (5мл дистильованої води + насіння редьки посівної).

Через 72 години ми досліджували, як витяжки з різних варіантів та різних об'ємів водної культури кукурудзи впливали на ріст тестової культури редьки посівної.

Вказана послідовність дій здійснювалась для обох варіантів водної культури кукурудзи (на повній поживній суміші та дистилаті).

Проростання насіння тестової культури відбувалося за температури 17<sup>0</sup>С.

Тестовою культурою було обрано редьку посівну(*Raphanussativus*)з родини хрестоцвітих. Основною вимогою до тестової культури було швидке проростання для проведення одного циклу дослідження протягом 7 днів. Також редька посівна – дводольна рослина і проростає першим одиночним стиржневим коренем, що зручно для вимірів, на відміну від однодольних тестових культур, наприклад пшениці.

Біопроба на проростання насіння полягала у підрахунку числа пророслого насіння на дослідному розчині порівняно з проростанням контролю на дистильованій воді.

Результати дослідження встановлювали шляхом:

1. Підрахунку % пророслого насіння (схожість) на дослідних розчинах і в контролі на дистильованій воді через 72 год.

2. Порівняння середньої довжини корінців пророслого насіння в контролі та дослідах через 72 год.

3. Порівняння середньої довжини пагонів пророслого насіння в контролі та дослідах через 72 год.

4. Порівняння середнього значення загальної довжини проростку насіння в контролі та дослідах через 72 год.

5. Порівняння значення співвідношення надземна частина/корінь тестової культури після її проростання під впливом колінів із дослідних проб середовища обох варіантів водної культури кукурудзи в контролі та дослідах через 72 год.

Для вирощування розсади для водної культури кукурудзи відібрали 100 - 200 здорових насінин, однакових за розмірами. Обгорнули фільтрувальним папером чашку Петрі або блюдце, поклали вгору дном в кристалізатор з водою так, щоб рівень води був трохи нижче дна перекинутої чашки. По краю чашки розклали насіння, прикрили кристалізатор склом і поставити в тепле місце. Коли у насіння з'явилися корінці (1 - 1.5 см), їх посадили на поверхні пропарафінованої марлі із отворами для розсади, яка була натягнута на кристалізатор з водою. Коли проростки досягнули фази появи третього листка, провели остаточний відбір повністю однакових рослин для досліду і посадили їх в дослідні посудини. Останні були обгорнуті світлонепроникною фольгою для збереження корневих виділень від руйнації під дією сонячного світла.

В якості поживної суміші використовували суміш Сакса-Кнопа, до якої додали Манган. Для її виготовлення (на 1 літр розчину) взяли:

$\text{Ca}(\text{NO}_3) - 1 \text{ г};$

$\text{MgSO}_4 - 0,25 \text{ г};$

$\text{KH}_2\text{PO}_4 - 0,25 \text{ г};$

$\text{KCl} - 0,125 \text{ г};$

$\text{Fe}_2\text{Cl}_3 - 5 \text{ крапель } 1\% \text{ розчину};$

$\text{H}_3\text{BO}_3 - 0,5 \text{ мг};$

$\text{MnSO}_4 - 0,4 \text{ мг}.$

Дослідження проводилися протягом 2021 року.

Результати та їх обговорення представлені у відповідних розділах.

## РОЗДІЛ 4

### ХІМІЧНА АКТИВНІСТЬ КОРЕНІВ КУКУРУДЗИ У ВОДНІЙ КУЛЬТУРІ НА ПОВНІЙ ПОЖИВНІЙ СУМІШІ

Згідно обраної методики проведення досліду, нами було здійснено вивчення алелопатичного впливу речовин, що виділяються коренем рослин кукурудзи під час вирощування у водній культурі. Фактично дослід складався з двох паралельних варіантів вирощування кукурудзи:

- повна поживна суміш;
- дистильована вода.

Розглянемо результати, що були отримані під час вирощування дослідних рослин на повній поживній суміші. Перші проби розчину, в якому було вирощено рослини були зроблені у віці 14 днів. Загалом проби відбирали 5 разів з рівними проміжками у 7 днів (тривалість досліду 35 днів). Таким чином вік рослин під час взяття проб був наступним:

- проба №1 - 14 днів;
- проба №2 – 21 день;
- проба №3 – 28 днів;
- проба №4 – 35 днів;
- проба №5 – 42 дні.

Рослини вирощувались в посудинах різного об'єму: варіант I – 75 мл, варіант II – 140 мл, варіант III – 325 мл, (стартовий об'єм повної поживної суміші).

Під час виконання досліду поновлення об'єму розчину, що випаровувався, не здійснювали задля збільшення концентрації речовин, які гіпотетично корені виділяли в середовище. Це дозволило встановити певний алелопатичний ефект під час взяття проб. Зрозуміло, що із часом стан рослин погіршувався через зменшення вмісту необхідних елементів живлення.

Порівняння першого показника – схожості насіння тестових культур після обробки пробами поживного розчину для рослин різного віку представлено на рисунку 4.1.

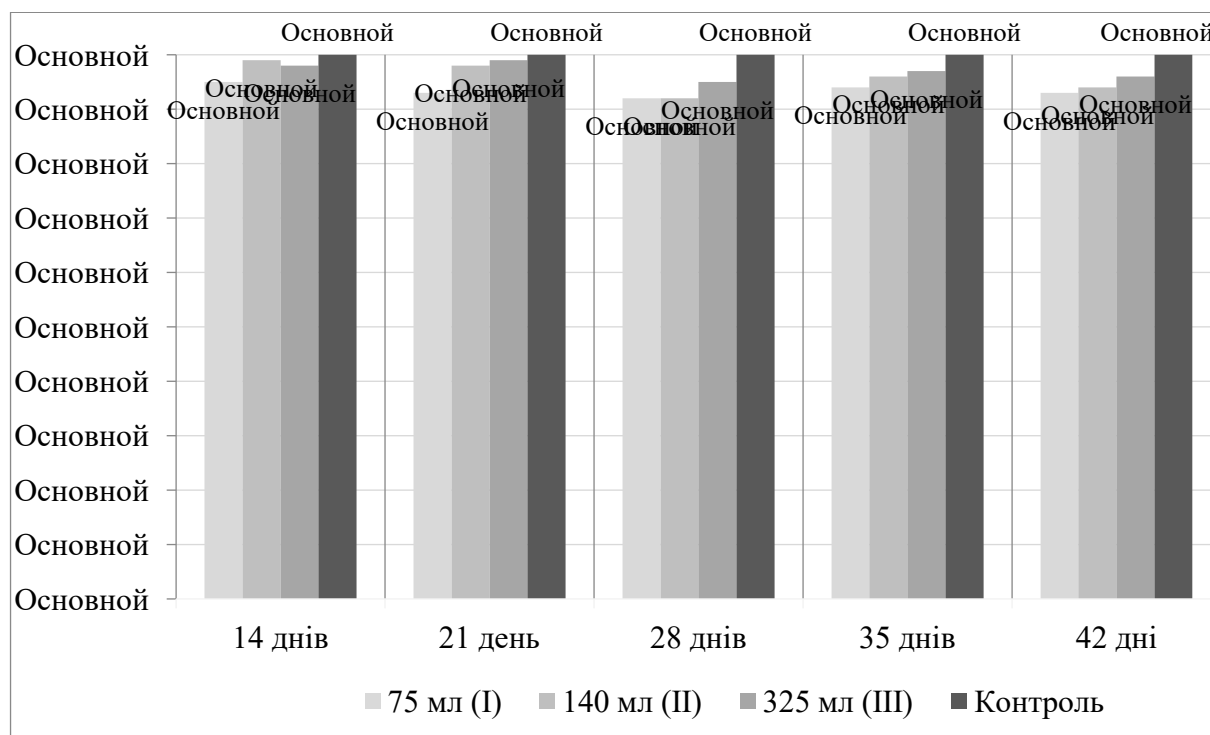


Рис. 4.1. Порівняння схожості насіння тестової культури після обробки витяжками із різних варіантів об'єму посудин водної культури кукурудзи на повній поживній суміші (%).

У всіх пробах під час кожної обробки насіння тестової культури розчинами з різних варіантів дослідних об'ємів показники схожості були меншими ніж в контролі. Як видно із представлених даних рисунку 4.1, в пробах з варіанту об'єму I, показники схожості були найменшими серед всіх дослідних розчинів. Зазначимо, що у пробі №3. у I та II варіанті схожість була однаковою, але все одно менша, ніж в контролі, де схожість завжди була найвищою (100%). Це говорить про дві речі. По-перше, очевидно в дослідних розчинах були присутні речовини, що їх виділяли корені рослин кукурудзи, які гальмували проростання насіння тестової культури. По-друге, об'єм посуду для вирощування відігравав свою роль. Чим меншим він був, тим більш яскраве інгібування процесу проростання насіння демонстрував розчин з цього варіанту об'єму. Це говорить про те, що відносна

концентрація хімічно активних речовин, які були виділені коренями кукурудзи була найбільшою саме у варіанті об'єму I (75 мл). Можливо при вирощуванні дослідних рослин у ще меншому об'ємі повної поживної суміші встановлений ефект був би іще більш яскравим. Але менші об'єми будуть занадто малі для вирощування дослідних рослин, навіть такий нетривалий період – 35 днів.

Іще один показник, який ми аналізували – довжина пагона паростку на 72 годину після намочування. Визначалась вона, як середня з довжин пагонів всіх паростків, що проросли з насіння в даному варіанті досліду. Результати проведеного аналізу представлені на рис 4.2.

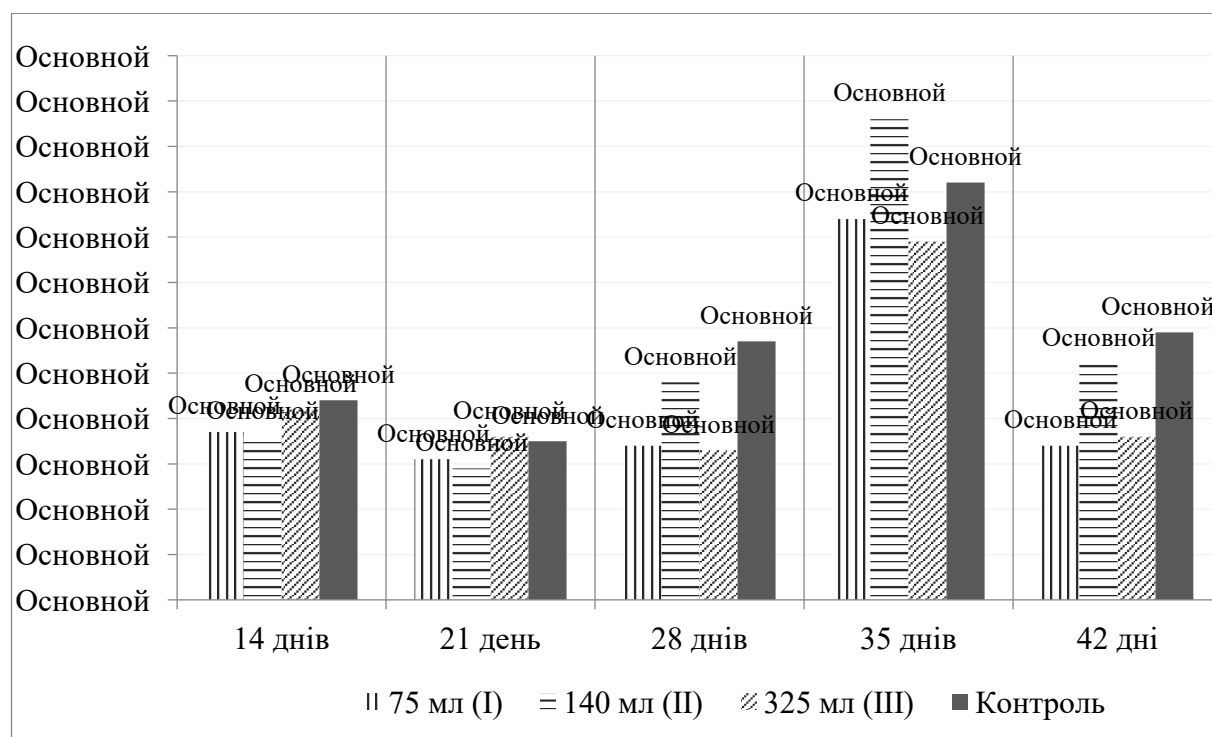


Рис. 4.2. Довжина пагонів проростків тестової культури після обробки витяжками із різних варіантів об'єму посудин водної культури кукурудзи на повній поживній суміші (мм).

Як видно із даних рисунку 4.2, у віці дослідних рослин 21 день контрольні показники довжини пагонів проростків тестової культури в контролі були менше, ніж після обробки повним поживним розчином із варіанту об'єму III (325 мл). Така ж ситуація була зафіксована і у віці дослідних рослин 35 днів, коли контрольні показники довжини пагонів

проростків тестової культури в контролі були менше, ніж після обробки повним поживним розчином із варіанту об'єму II (140 мл). У всіх інших випадках, для всіх варіантів дослідних об'ємів посудин, в яких вирощувалися рослини кукурудзи на повній поживній суміші було зафіксовано довжини пагонів редьки менші, ніж в контролі. Два представлені вище винятки лише підтвердили загальну тенденцію. Обробка насіння тестової культури редьки посівної розчином із посудин водної культури кукурудзи в усіх дослідних об'ємах цих посудин приводила до інгибування ростових процесів пагонів тестової культури. Це виражалось у меншій довжині пагонів у порівнянні з контролем (пророщування насіння в дистильованій воді).

Наступним розділом нашого дослідження було порівняння довжини коренів тестової культури редьки посівної, результати якого представлені на рис. 4.3.

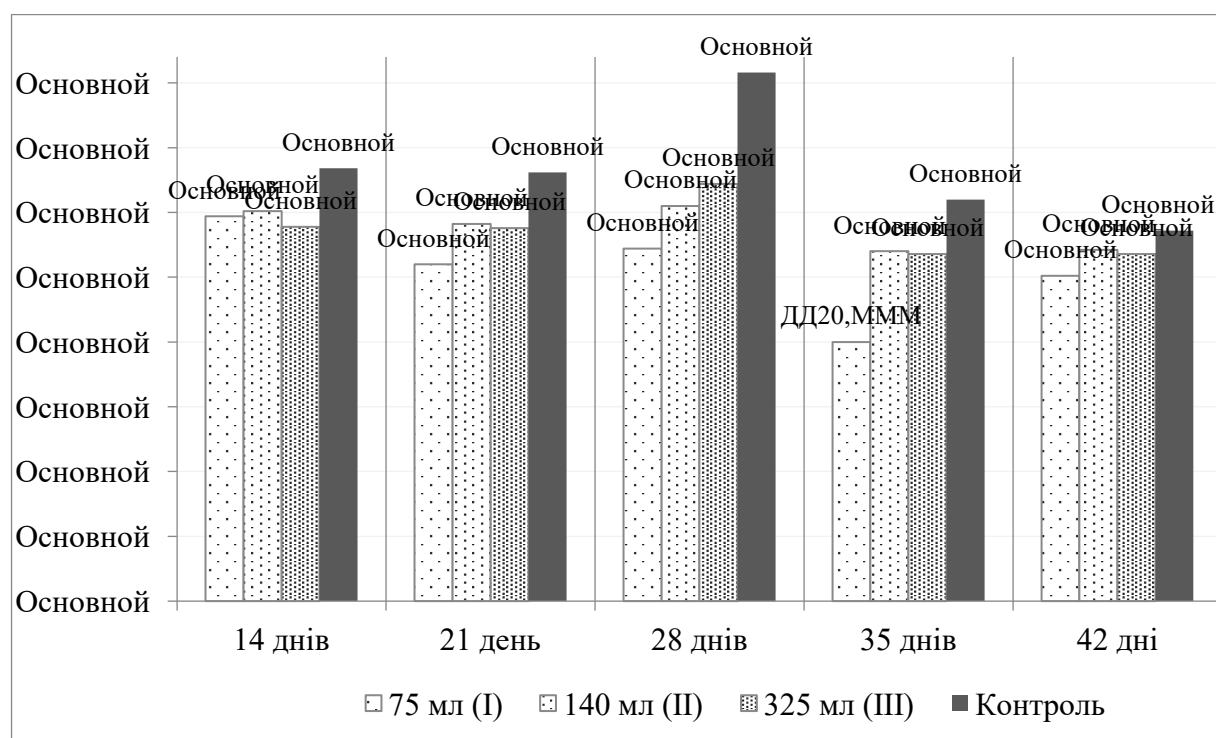


Рис. 4.3. Довжина коренів проростків тестової культури після обробки витяжками із різних варіантів об'єму посудин водної культури кукурудзи на повній поживній суміші (мм).

Встановлена і описана вище закономірність співвідношення довжин пагонів у дослідних та контрольних рослинах тестової культури іще більш

яскраво було виявлено у коренів цих рослин. Це проявилось у тому, що на відміну від пагонів, в жодному дослідному варіанті всіх об'ємів та всіх 5 проб не було зафіксовано довжину кореню більшу, ніж в контролі. Навпаки, довжина коренів у всіх варіантах дослідних рослин в контролі була завжди більше, ніж після обробки насіння тестової культури розчинами повної поживної суміші із судин дослідних об'ємів (рис. 4.3). Особливо чітко ця тенденція проявилась у пробі на 28 день (рис. 4.3). Довжина коренів проростків тестової культури в досліді II була більше, ніж в досліді I. В досліді III більше, ніж в досліді II. А в контрольному варіанті більше, ніж в досліді III.

Таким чином можемо зробити перший проміжний висновок про те, що корені кукурудзи у водній культурі на повній поживній суміші виділяють хімічні речовини, які інгібують ріст і розвиток коренів проростків тестової культури. Другий висновок про те, що із збільшенням об'єму посудин для вирощування кукурудзи ефект інгибування росту і розвитку коренів проростків тестової культури ставав все менш вираженим. Це проявлялось у найменшій довжині кореню проростку тестової культури після обробки розчином із дослідного варіанту I та найбільшій довжині кореню із дослідного варіанту III.

Після дослідження хімічної дії коренів кукурудзи у водній культурі на ріст і розвиток окремих органів та частин тестової культури (надземної та підземної) ми проаналізували зафіксовану хімічну активність на рівні цілого проростка тестової культури. Результати такого аналізу представлені у графічному вигляді на рисунку 4.4.

Як видно із даних рисунка 4.4 загальна довжина проростків тестової культури редьки посівної в контролі (пророщування в дистильованій воді) була більшою ніж в кожній дослідній пробі різного об'єму судин для водної культури рослин кукурудзи. Це стосується всіх без винятку 5 проб повної поживної суміші з судин рослин кукурудзи різного віку, 14, 21, 28, 35, 42 дні.

Найменші значення довжини проростка в у всіх пробах були зафіксовані у варіанті водної культури кукурудзи із об'ємом посуду 75 мл.

Зазначене вище говорить про те, що концентрація алелопатичних речовин, які виділяє корінь кукурудзи у водній культурі була найвищою саме у цьому варіанті об'єму повної поживної суміші, що виглядає цілком логічним. Адже всі рослини кукурудзи в досліді були одного віку і приблизно одного розміру, тобто виділяли хімічно активні речовини з однаковою інтенсивністю.

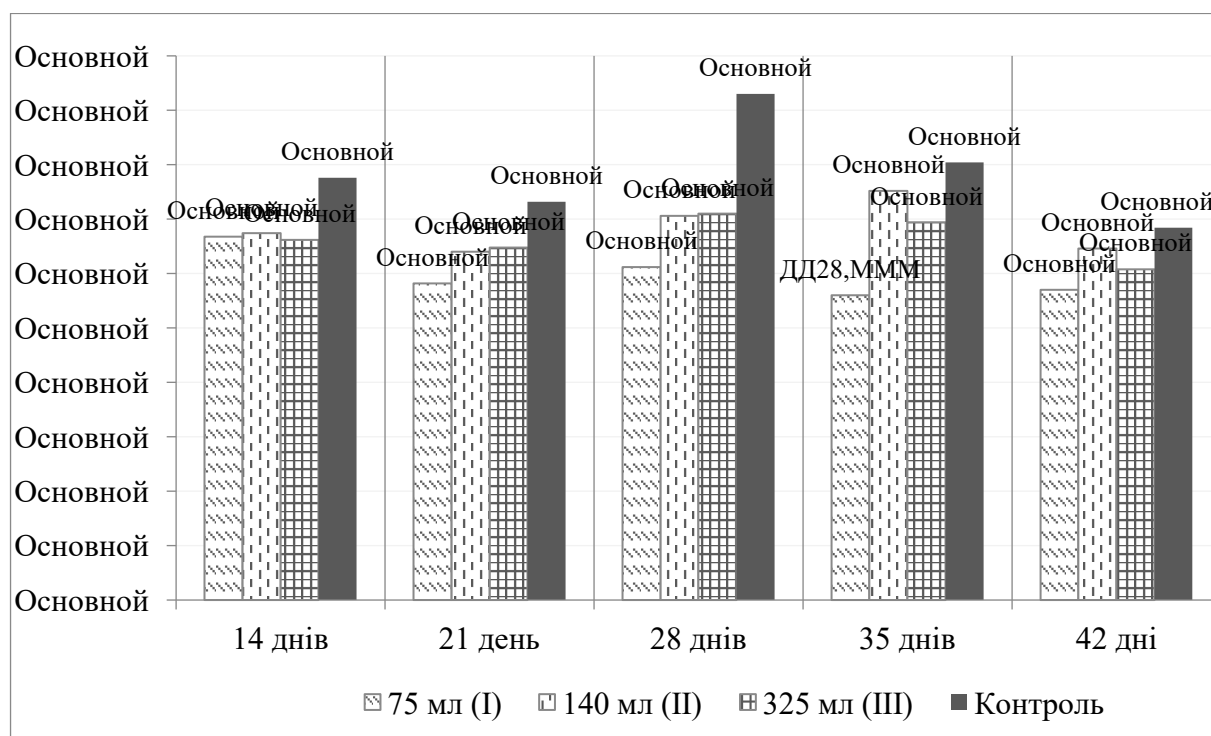


Рис. 4.4. Загальна довжина проростків тестової культури після обробки витяжками із різних варіантів об'єму посудин водної культури кукурудзи на повній поживній суміші (мм).

Одним із наших досліджуваних показників було відношення довжини пагону до довжини кореню тестової культури після її проростання під впливом речовин із повних поживних розчинів водної культури кукурудзи. У даному показнику зменшення його абсолютних значень вказує на зміни на користь знаменника, в нашому випадку – кореню. Значить відбувається переважне гальмування росту надземної частини в порівнянні з коренем.

Графічне вираження абсолютних значень відношення пагін/корінь представлено на рис. 4.5.

Аналіз даних співвідношення довжин пагін/корінь говорить про те, що встановити пріоритет інгібуючої дії речовин, що виділяє корінь, на окремі частини проростка не вдалося. В частині дослідів контрольні показники були більше дослідних, в іншій частині – навпаки.

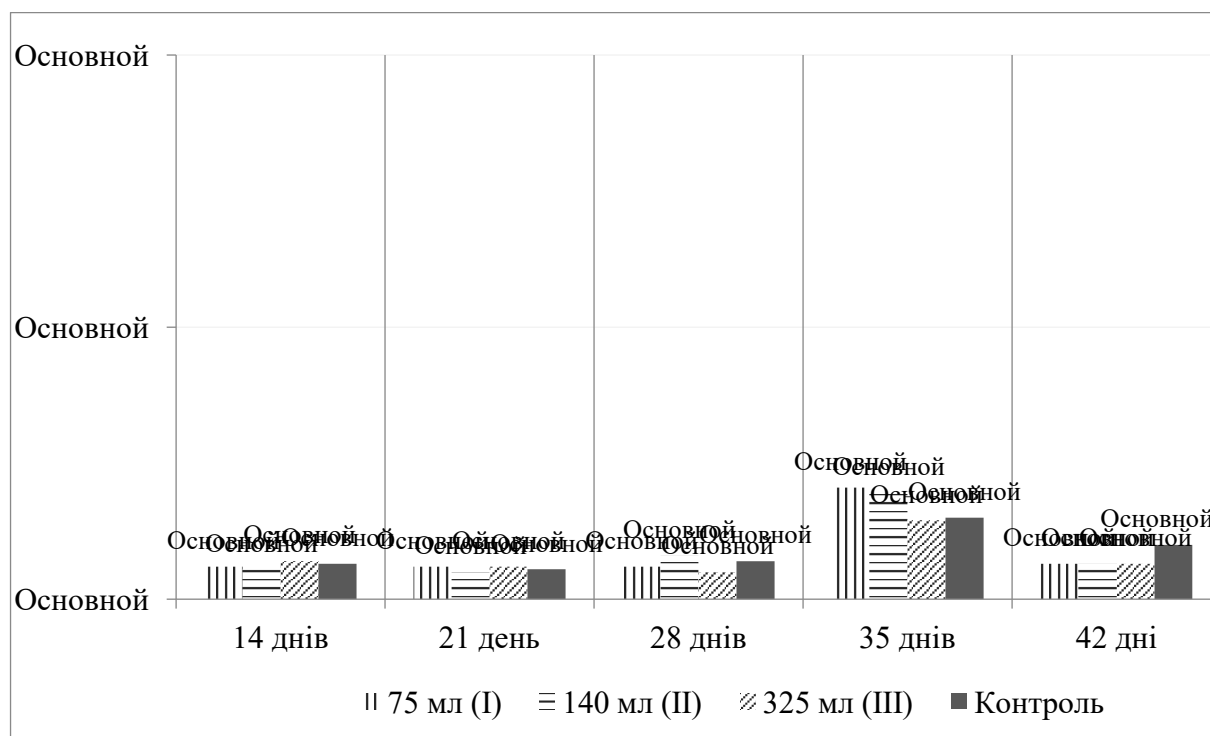


Рис. 4.5. Відношення абсолютних значень довжин пагін/корінь проростків тестової культури після обробки витяжками із різних варіантів об'єму посудин водної культури кукурудзи на повній поживній суміші (мм).

Таким чином впевнено вказати про алелопатичний вплив хімічно активних речовин на корінь, або пагін виходячи із результатів дослідження неможливо. Тому основний проміжний висновок – це існуючий інгібуючий вплив речовин, що виділяють корені кукурудзи у водній культурі на рівень цілої рослини тестової культури.

## РОЗДІЛ 5

### ХІМІЧНА АКТИВНІСТЬ КОРЕНІВ КУКУРУДЗИ У ВОДНІЙ КУЛЬТУРІ НА ДИСТИЛЬОВАНІЙ ВОДІ

В ідеї нашого дослідження було встановити наявність впливу корневих виділень рослин на ріст і розвиток тестової культури. В повній поживній суміші такі речовини обов'язково будуть взаємодіяти з хімічними сполуками, які закладаються в поживну суміш для нормального існування рослин кукурудзи певний час. При вирощування на дистилаті такої взаємодії бути не може, тобто вказані виділення коренів існують в середовищі у «чистому вигляді». В той же час є два ризики. Перше, це стан рослин кукурудзи без додаткового живлення повинен швидко погіршуватися і, відповідно, процес виділення речовин коренем також. Друге, це поглинаюча здатність коренів кукурудзи при вирощуванні на дистилаті. Можлива швидка реабсорбції власних корневих виділень рослинами кукурудзи, які існують в умовах мінерального голодування. Ми намагалися з'ясувати всі вказані моменти.

Розглянемо результати, що були отримані під час вирощування дослідних рослин у водній культурі із застосуванням дистильованої води. Перші проби розчину, в якому було вирощено рослини були зроблені у віці 14 днів. Загалом проби відбирали 5 разів з рівними проміжками у 7 днів (тривалість досліду 35 днів). Таким чином вік рослин під час взяття проб був наступним:

- проба №1 - 14 днів;
- проба №2 – 21 день;
- проба №3 – 28 днів;
- проба №4 – 35 днів;
- проба №5 – 42 дні.

Рослини вирощувались в посудинах різного об'єму: варіант I – 75 мл, варіант II – 140 мл, варіант III – 325 мл, (стартовий об'єм дистильованої

води). Під час виконання дослідів поновлення об'єму дистилату, що випаровувався, не здійснювали задля збільшення концентрації речовин, які гіпотетично корені виділяли в середовище. Природно з часом стан рослин погіршувався через відсутність необхідних елементів живлення.

Порівняння першого показника, схожості насіння тестових культур після обробки пробами із посудин різного об'єму для дослідних рослин кукурудзи різного віку представлено на рисунку 5.1.

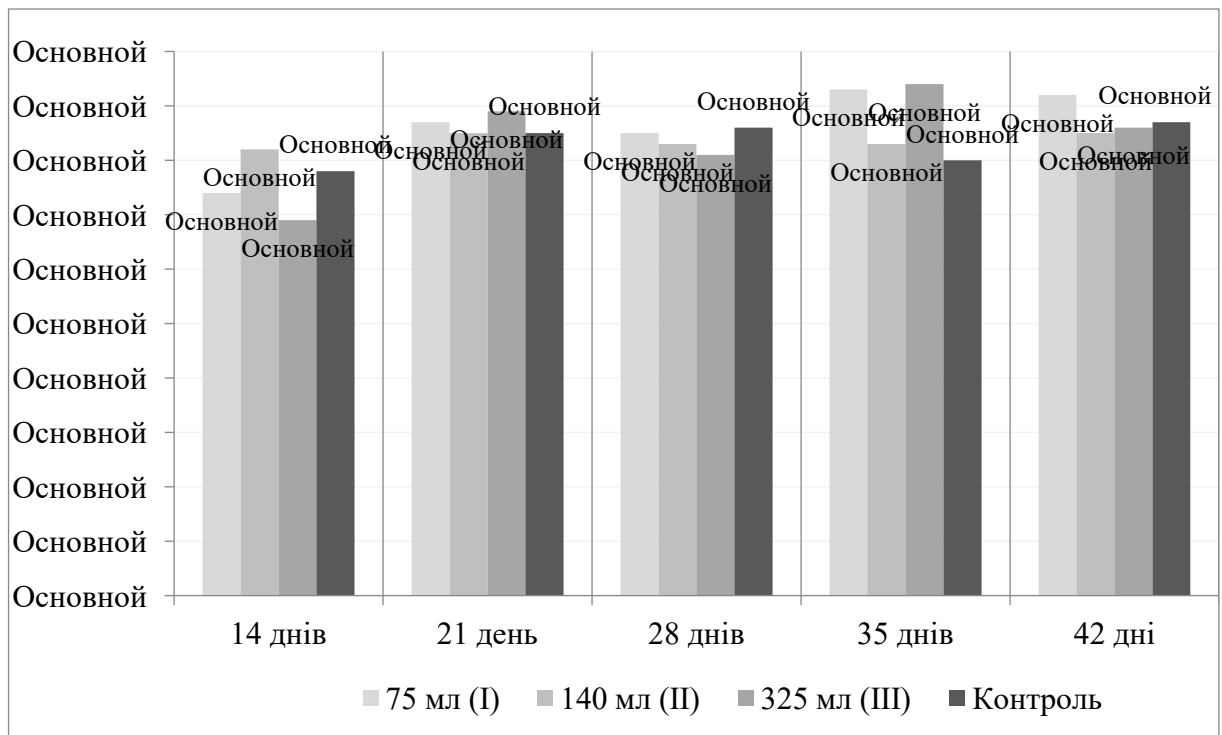


Рис. 5.1. Схожість насіння тестової культури після обробки витяжками із різних варіантів об'єму посудин водної культури кукурудзи на дистильованій воді (%).

Як видно із представлених на рисунку 5.1. даних, під час кожної обробки насіння тестової культури водою з різних варіантів об'єму, показники схожості змінювалися хаотично. Лише під час третьої проби показники схожості насіння тестової культури після обробки водою із посудин різних об'ємів були вище дослідних варіантів. І різниця при цьому була мінімальною (рис. 5.1). Під час четвертої проби навпаки, зафіксовано більшу схожість насіння тестової культури у всіх дослідних варіантах в порівнянні з контрольною обробкою цього насіння та його подальшого

проростання. Таким чином, нам не вдалося встановити закономірності хімічної активності кореневих виділень рослин кукурудзи, вирощених у водній культурі на дистильованій воді. На відміну від вирощування дослідних рослин кукурудзи у водній культурі на повній поживній суміші (рис. 4.1).

Іще один показник, це довжина пагона паростку на 72 годину після початку пророщування. Визначалась вона, як середня з довжин пагонів всіх паростків, що проросли з насіння тестової культури в даному варіанті досліді. Результати проведеного аналізу представлені на рис 5.2.

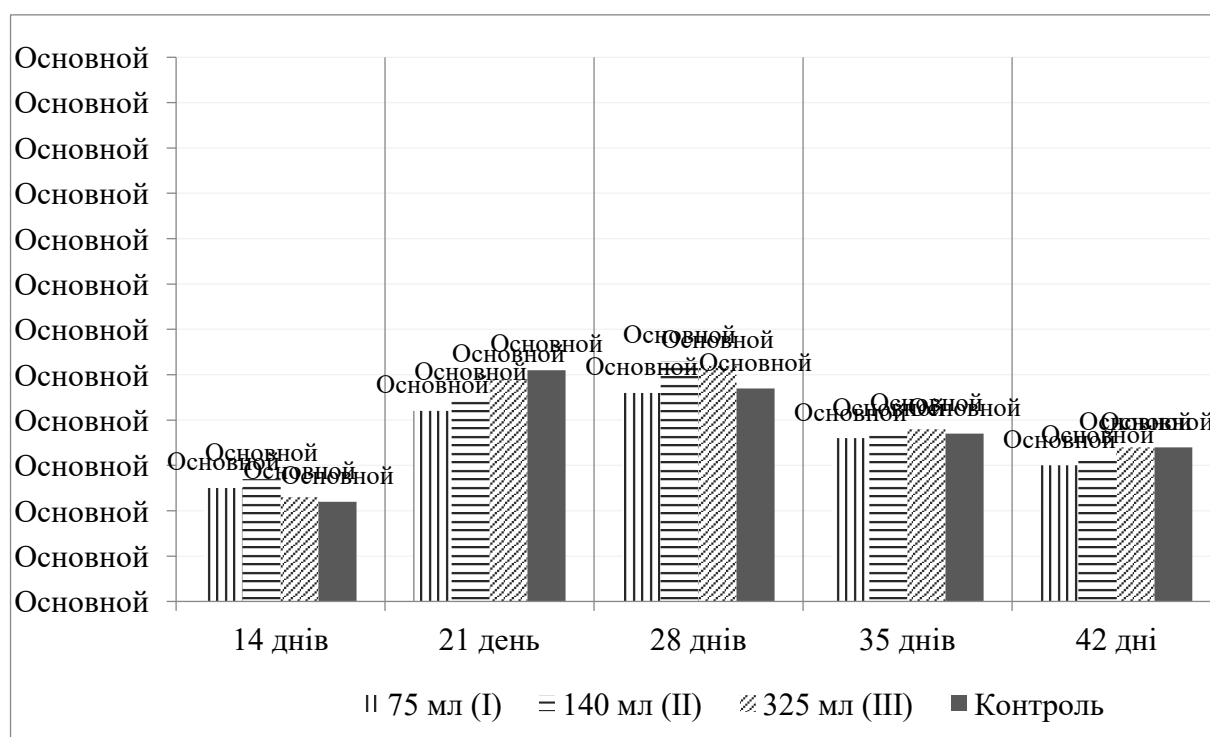


Рис. 5.2. Довжини пагонів проростків тестової культури після обробки витяжками із різних варіантів об'єму посудин водної культури кукурудзи на дистильованій воді (мм).

Як видно із даних рисунку 5.2, довжина пагонів проростків тестової культури після обробки витяжками із різних варіантів об'єму посудин водної культури кукурудзи на дистильованій воді була дуже близькою як у дослідних варіантах, так і в контролі. Це стосується фактично всіх проб для рослин кукурудзи різного віку. Мінімальні відмінності довжин пагонів проростків тестової культури після обробки витяжками із різних варіантів

об'єму посудин водної культури кукурудзи на дистильованій воді в досліді та контролі, а також між окремими дослідними варіантами показали, що ніякої хімічної дії корневих виділень кукурудзи на ріст і розвиток тестової культури встановити не вдалось.

Наступним етапом нашого дослідження було порівняння довжини коренів тестової культури редьки посівної у дослідних варіантах і контролі, результати якого представлені на рис. 5.3.

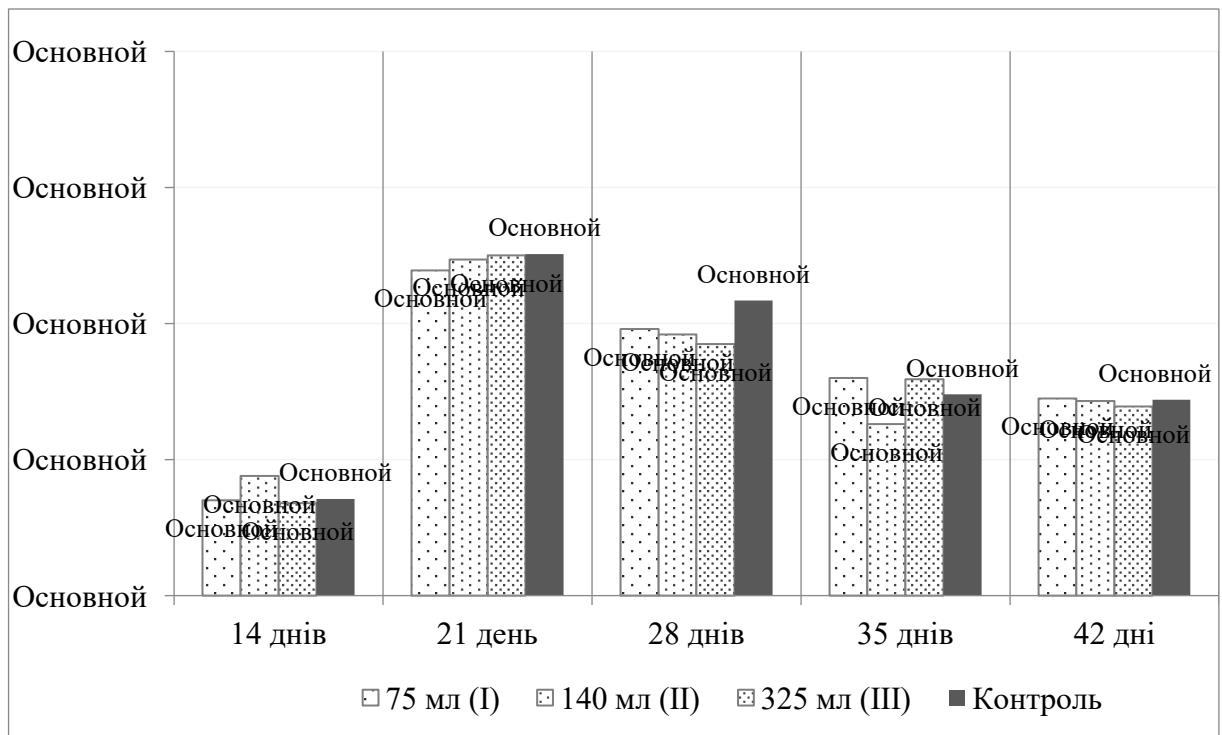


Рис. 5.3. Довжина коренів проростків тестової культури після обробки витяжками із різних варіантів об'єму посудин водної культури кукурудзи на дистильованій воді (мм).

Довжини коренів проростків тестової культури після обробки витяжками із різних варіантів об'єму посудин водної культури кукурудзи на дистильованій воді були дуже близькими у дослідних варіантах та контролі. Переважання довжин коренів проростків певних варіантів над іншими, або навпаки, менша їх довжина встановлена не була. Переважання довжин коренів проростків з контролю над дослідними варіантами, або навпаки менша їх довжина також зафіксована не була. Відмінності між пробами для рослин різного віку можна пояснити зміною температури проростання

насіння тестової культури під час кожної проби через тиждень після попередньої.

Після дослідження хімічної дії коренів кукурудзи у водній культурі, вирощеної на дистильованій воді, на ріст і розвиток окремих органів та частин тестової культури (надземної та підземної) ми намагалися виявити можливу хімічну активність коренів кукурудзи на рівні цілого проростка тестової культури. Результати такого аналізу представлені у графічному вигляді на рисунку 5.4.

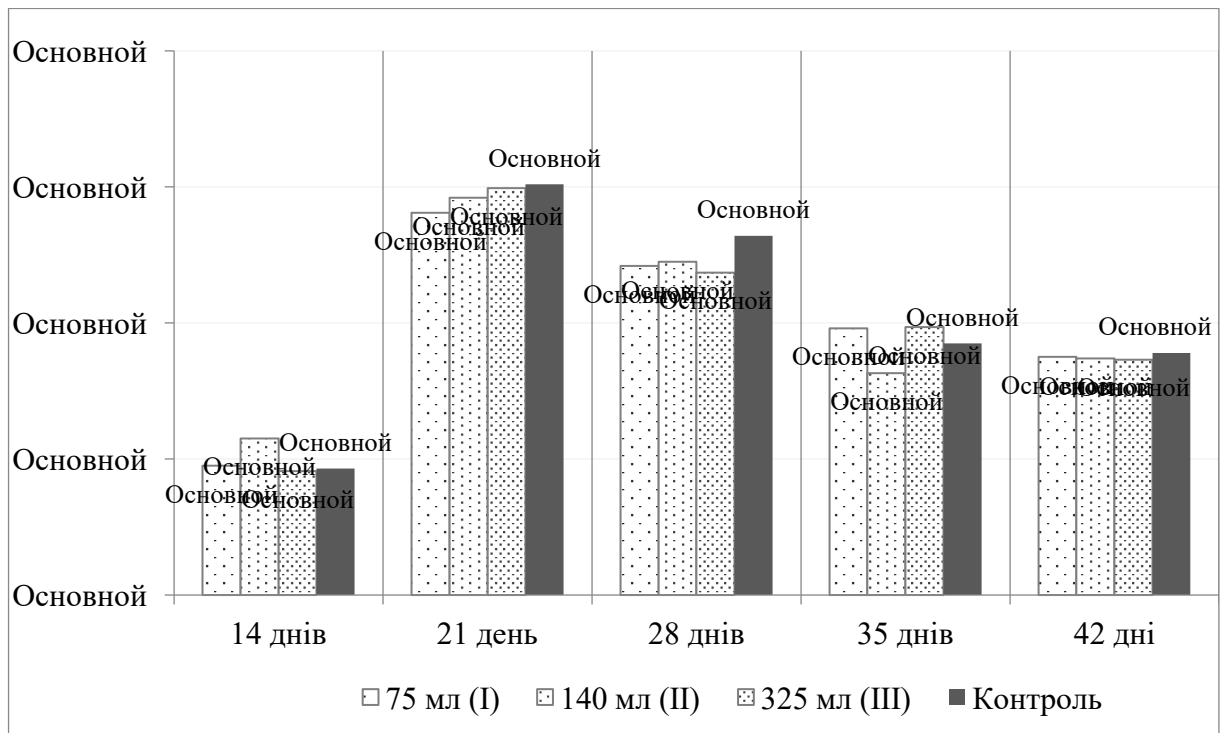


Рис. 5.4. Загальна довжина проростків тестової культури після обробки витяжками із різних варіантів об'єму посудин водної культури кукурудзи на дистильованій воді (мм).

Як і у випадку з коренями та пагонами проростків тестової культури в усіх п'яти пробах нам не вдалося зафіксувати суттєві відмінності в реакції тестової культури на обробку водним середовищем із різних за об'ємом судин для вирощування кукурудзи. Проростки тестової культури в різних пробах відрізнялись загальною довжиною, але між контролем та дослідними варіантами відмінності завжди були мінімальними (рис. 5.4).

Відмінності в довжинах проростків між пробами із середовища дослідних рослин різного віку (інтервал 7 діб) можна пояснити тим, що пророщування відбувалось в температурних умовах, які ми не могли контролювати. Проростання відбувалось за температури від 16 до 20<sup>0</sup>C.

В дослідах із водною культурою кукурудзи на повній поживній суміші нам вдалося зафіксувати таку хімічну активність коренів через їх вплив на ріст і розвиток насіння тестової культури редьки посівної.

Наразі можемо зробити попередній висновок про те, що нам не вдалося встановити хімічну активність кореневих виділень рослин кукурудзи у водній культурі при вирощуванні на дистильованій воді. Можемо запропонувати наступне пояснення цьому факту. Рослини, які були вирощені на дистильованій воді відчували голодування без елементів мінерального живлення в середовищі свого існування. Корені поглинали з водного середовища все, що там було з великою інтенсивністю. Оскільки окрім молекул води у середовищі були лише власні кореневі виділення, відбувалась їх активна реабсорбція коренями рослин кукурудзи.

При вирощуванні дослідних рослин кукурудзи у водній культурі на повній поживній суміші корені із середовища поглинали в першу чергу легкодоступні хімічні елементи мінерального живлення (сполуки N, K, P та інші). Тому їх власні кореневі виділення залишались в середовищі довший час і ми змогли встановити їх наявність через фіксацію їх алелопатичної дії на ріст і розвиток тестової культури редьки посівної.

Ми порівняли відношення довжини пагін/корінь проростків тестової культури після обробки витяжками із різних варіантів об'єму посудин водної культури кукурудзи на дистильованій воді та повній поживній суміші (рис. 5.5).

Як видно із даних рисунка 5.5, у чотирьох пробах середовища із п'яти з посудин об'ємом 75 мл співвідношення пагін/корінь проростків тестової культури було більше для проб варіанту водної культури кукурудзи на дистильованій воді. Це говорить про те, що після проростання насіння

тестової культури в пробі із середовища з водної культури кукурудзи на повній поживній суміші відбувалося гальмування росту в першу чергу пагона проростка.

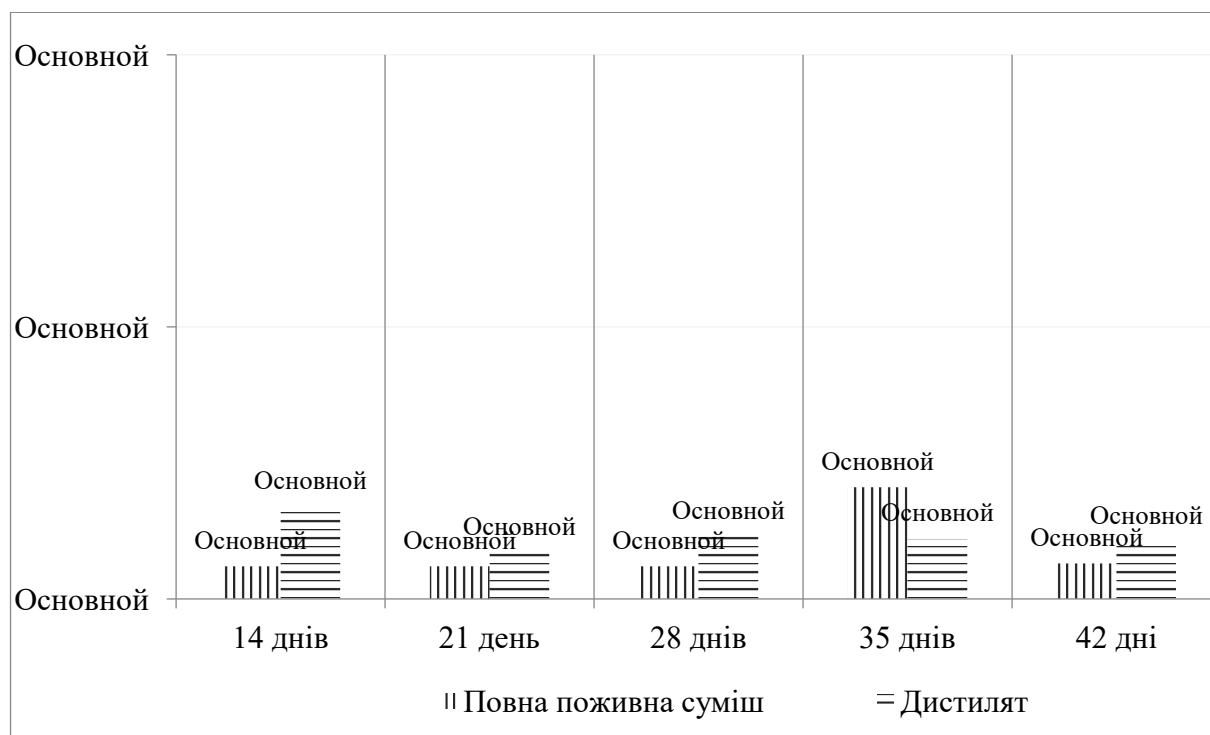


Рис. 5.5. Порівняння відношення довжини пагін/корінь проростків тестової культури після обробки витяжками із варіантів об'єму посудин 75 мл водної культури кукурудзи на повній поживній суміші та дистиляті (мм).

Тобто кореневі виділення рослин кукурудзи у водній культурі на повній поживній суміші в посудинах об'ємом 75 мл в першу чергу інгібували ріст надземної частини проростка тестової культури, ніж ріст коренів.

Виключення у тестовій пробі на 35 день може бути пов'язане з коливанням температури під час проростання насіння в даній пробі. Ми не могли впливати на температурний режим під час проростання в дослідних пробах насіння тестової культури редьки посівної.

Також необхідно підкреслити різницю в показниках відношення довжини пагін/корінь проростків тестової культури після обробки витяжками із варіантів об'єму посудин 75 мл водної культури кукурудзи на повній поживній суміші та дистиляті. В пробах із водних культур на 14 день їх росту різниця вказаного показника становила майже 3 рази, в пробах з 21-денної

водної культури – в 1,5 рази, в пробах з 28-денної водної культури – в 2 рази, 42-х денної – майже в 2 рази. Тобто інгібуюча дія колінів із середовища водної культури кукурудзи фактично завжди приводила до зменшення інтенсивності росту пагону в 2 рази в порівнянні із впливом середовища із водної культури на дистильованій воді.

Ми порівняли також відношення довжини пагін/корінь проростків тестової культури після обробки витяжками із варіант об'єму посудин в 140 мл водної культури кукурудзи на дистильованій воді та повній поживній суміші (рис. 5.6).

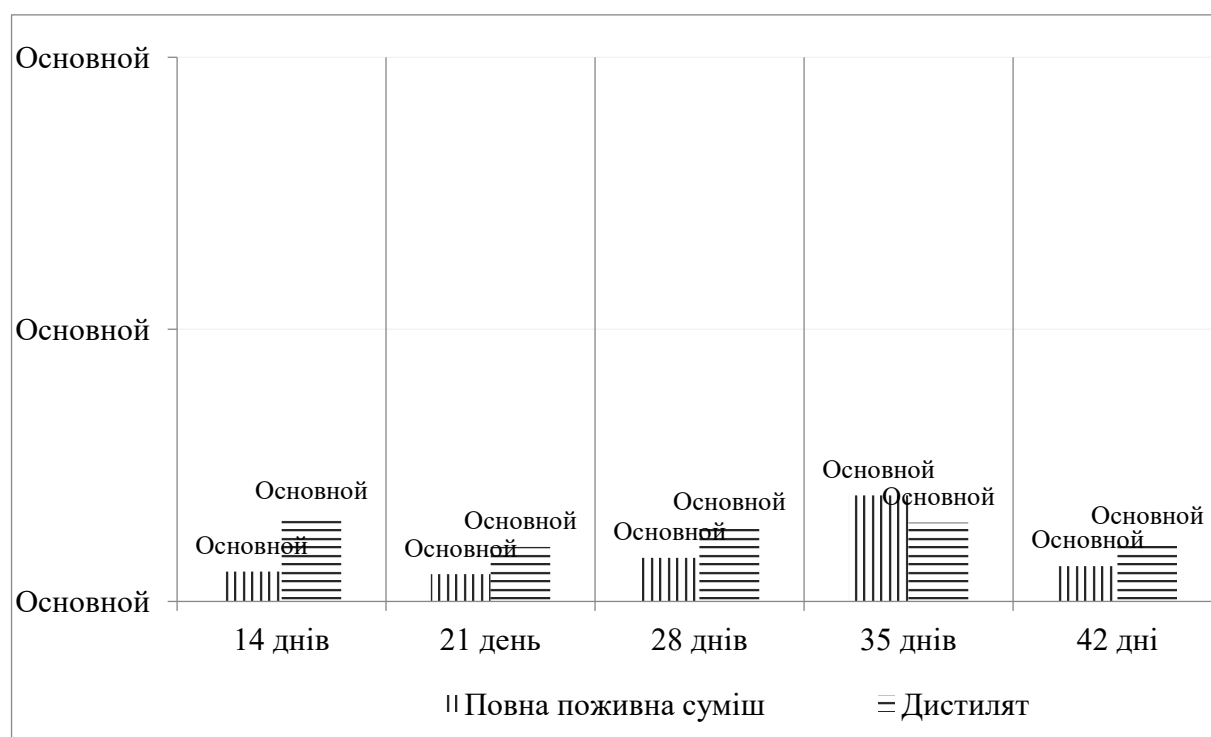


Рис. 5.6. Порівняння відношення довжини пагін/корінь проростків тестової культури після обробки витяжками із варіантів об'єму посудин 140 мл водної культури кукурудзи на повній поживній суміші та дистилляті (мм).

Як видно із даних рисунка 5.6, у чотирьох пробах середовища із п'яти з посудин об'ємом 140мл співвідношення пагін/корінь проростків тестової культури було більше для проб варіанту водної культури кукурудзи на дистильованій воді. Такі результати говорять про те, що після проростання насіння тестової культури в пробі із середовища з водної культури кукурудзи на повній поживній суміші відбувалося гальмування росту в першу чергу

пагона проростка. Ситуація аналогічна для проб із посудин об'ємом в 75 мл (рис. 5.5).

Останніми було проаналізовано відношення довжини пагін/корінь проростків тестової культури після обробки витяжками із варіант об'єму посудин в 325 мл водної культури кукурудзи на дистильованій воді та повній поживній суміші (рис. 5.7).

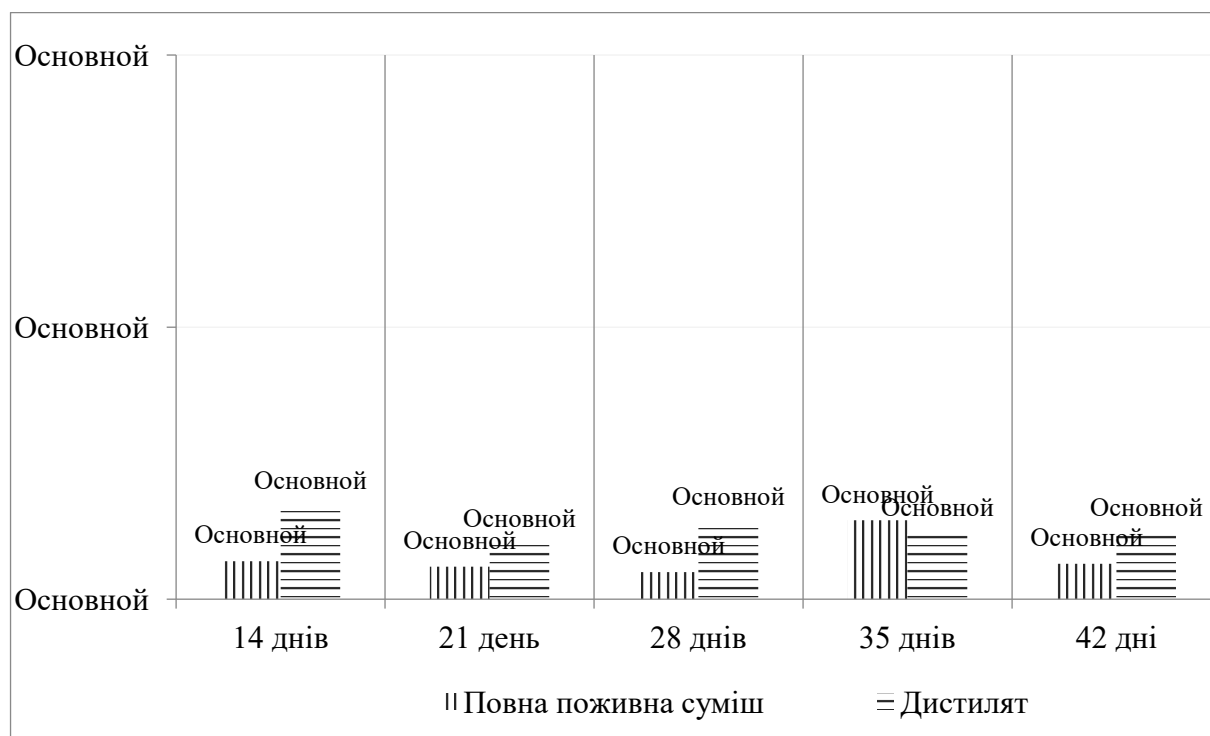


Рис. 5.7. Порівняння відношення довжини пагін/корінь проростків тестової культури після обробки витяжками із варіантів об'єму посудин 325 мл водної культури кукурудзи на повній поживній суміші та дистилляті (мм).

Як видно із даних рисунка 5.7, у чотирьох пробах середовища із п'яти з посудин об'ємом 325 мл співвідношення пагін/корінь проростків тестової культури було на користь проб варіанту водної культури кукурудзи на дистильованій воді. Такі результати говорять про те, що після проростання насіння тестової культури в пробі із середовища з водної культури кукурудзи на повній поживній суміші відбувалося гальмування росту в першу чергу пагона проростка. Представлені результати були подібними до аналогічних проб із посудин об'ємом в 75 та 140 мл (рис. 5.7).

Необхідно зазначити, що в пробах із середовища водних культур віком 35 днів різниця відношення пагін/корінь на користь пагону проростку тестової культури весь час зменшувалась із збільшенням об'єму посудин, з яких ми брали проби середовища. Для 75 мл – повна поживна суміш 0,41, дистилат 0,22. Для 140 мл – 0,39 на 0,29 відповідно і для 325 мл – 0,29 на 0,24 відповідно. Тобто із збільшенням об'єму посудин водних культур, нелогічні результати в цій пробі при пророщуванні насіння тестової культури були все ближче до загальної закономірності всіх інших чотирьох проб: інгібування росту пагона проростка тестової культури в середовищі проби із водної культури кукурудзи на повній поживній суміші в порівнянні з пробами із водної культури кукурудзи на дистильованій воді.

Проміжні підсумки зводяться до наступного. Встановлено, що у всіх пробах під час кожної обробки насіння тестової культури розчинами з різних варіантів дослідних об'ємів водної культури кукурудзи на повній поживній суміші показники схожості були меншими ніж в контролі. Тобто кореневі виділення, здатні створювати алелопатичний ефект, були зафіксовані у віці рослин 12 діб. Із збільшенням віку рослин до 42 днів кореневі виділення зберігалися у середовищі водної культури кукурудзи на повній поживній суміші. Різницю вмісту цих речовин у пробах різного віку в наших умовах встановити не вдалося. Відзначимо, що в пробах середовища водної культури кукурудзи на дистильованій воді встановити алелопатичний ефект по відношенню до схожості насіння тестової культури зафіксовано не було.

Після аналізу можливого алелопатичного ефекту розчинів з різних варіантів дослідних об'ємів водної культури кукурудзи на повній поживній суміші на схожість, ми дослідили можливий вплив на ріст і розвиток пагонів проростків тестової культури. Було зафіксовано, що довжини пагонів тестової культури у більшості проб з різних варіантів дослідних об'ємів водної культури кукурудзи на повній поживній суміші були меншими ніж в контролі.

Тобто, з деякими поправками, можна стверджувати на наявність в нашому експерименті алелопатичної дії корневих виділень рослин кукурудзи із водної культури з повною поживною сумішшю на ріст і розвиток надземної частини проростків тестової культури. Відзначимо, що в пробах середовища водної культури кукурудзи на дистильованій воді алелопатичний ефект по відношенню до пагонів проростків тестової культури зафіксовано не було.

Після аналізу можливого алелопатичного ефекту розчинів з різних варіантів дослідних об'ємів водної культури кукурудзи на повній поживній суміші на пагони, ми дослідили можливий вплив на ріст і розвиток коренів проростків тестової культури. Встановлено, що довжини коренів тестової культури у всіх пробах з різних варіантів дослідних об'ємів водної культури кукурудзи на повній поживній суміші були меншими ніж в контролі. Таким чином без всяких поправок можна стверджувати про наявність в нашому експерименті алелопатичної дії корневих виділень рослин кукурудзи із водної культури з повною поживною сумішшю на ріст і розвиток коренів проростків тестової культури редьки посівної. В той же час в пробах середовища водної культури кукурудзи на дистильованій воді алелопатичний ефект по відношенню до коренів проростків тестової культури зафіксовано не було. Таким чином можна стверджувати, що корені кукурудзи у водній культурі на повній поживній суміші виділяють хімічні речовини, які інгібують ріст і розвиток коренів проростків тестової культури. Відзначимо, що в пробах середовища водної культури кукурудзи на дистильованій воді алелопатичний ефект по відношенню до коренів проростків тестової культури зафіксовано не було.

В ході нашого експерименту було показано, що із збільшенням об'єму посудин для вирощування тестової культури кукурудзи на повній поживній суміші ефект інгібування росту і розвитку коренів проростків тестової культури в пробах із цих посудин ставав все менш вираженим. Виходячи з того, що суха маса рослин після ліквідації досліду в різних посудинах була

дуже близькою, можна стверджувати про те, що у більших об'ємах середовища водної культури кукурудзи відносна концентрація кореневих виділень зменшувалась і алелопатичний ефект від їх присутності ставав все менш яскравим. Відзначимо, що в пробах середовища водної культури кукурудзи на дистильованій воді подібні зміни алелопатичного ефекту по відношенню до різних об'ємів посудин для вирощування кукурудзи у водній культурі на повній поживній суміші зафіксовано не було.

Також після аналізу можливого алелопатичного ефекту розчинів з різних варіантів дослідних об'ємів водної культури кукурудзи на повній поживній суміші на корені, ми дослідили можливий вплив на ріст і розвиток проростків тестової культури на рівні цілої рослини. Встановлено, що загальна довжина проростків тестової культури редьки посівної в контролі була більшою ніж в кожній дослідній пробі з посудин різного об'єму для водної культури рослин кукурудзи повній поживній суміші. Це говорить про наявність алелопатичного ефекту від дії кореневих виділень на ріст і розвиток цілої рослини тестової культури редьки посівної. Зауважимо, що в пробах середовища водної культури кукурудзи на дистильованій воді алелопатичний ефект по відношенню до цілих проростків тестової культури зафіксовано не було. Зафіксовано, що після проростання насіння тестової культури в пробі із середовища з водної культури кукурудзи на повній поживній суміші відбувалося гальмування росту в першу чергу пагона проростка. Не було встановлено алелопатичного впливу середовища водної культури кукурудзи на дистильованій воді на схожість насіння тестової культури та інші показники росту і розвитку.

## РОЗДІЛ 6

### ПРОДУКТИВНІСТЬ ВОДНОЇ КУЛЬТУРИ КУКУРУДЗИ НА ДИСТИЛЯТІ ТА ПОВНІЙ ПОЖИВНІЙ СУМІШІ

Доцільно було проаналізувати ростові показники рослин водної культури кукурудзи на рівні цілої рослини, вирощених в різних об'ємах повної поживної суміші. Основне завдання такого аналізу, з'ясувати, чи відбувався вплив речовин, які виділяють корені на самі рослини кукурудзи. Подібні явища були зафіксовані раніше в досліді інших рослин. Також було важливо з'ясувати, чи вплинули різні об'єми повної поживної суміші на ріст кукурудзи у водній культурі.

Один із основних показників росту, це висота рослин. Представлені на рисунку 6.1 дані можуть отримати наступну інтерпретацію. Лише в першому варіанті судин (75 мл) було зафіксовано висоту рослин кукурудзи меншу, ніж в посудинах двох інших дослідних варіантів у чотирьох випадках із 5 вимірів.

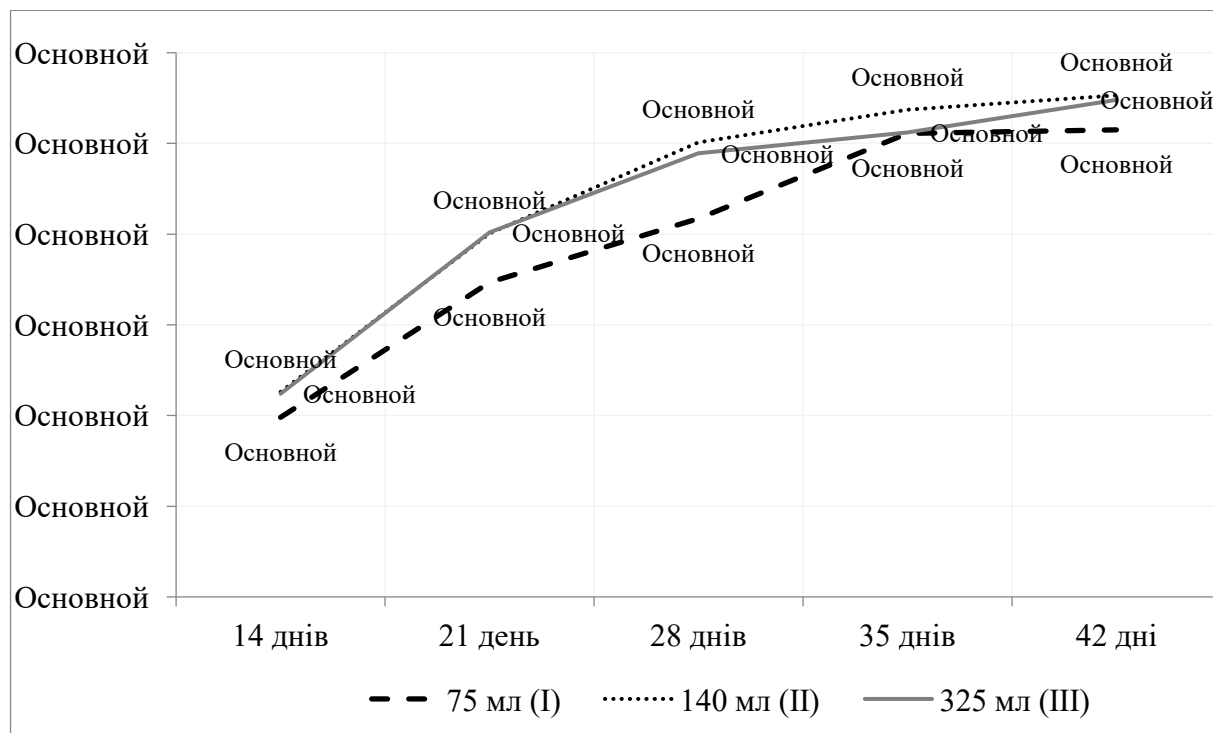


Рис. 6.1. Висота рослин кукурудзи, вирощених в судинах різних дослідних об'ємів у водній культурі на повній поживній суміші (см).

У віці 35 днів дослідні рослини у посудинах всіх варіантів об'єму мали дуже близькі значення висоти в см. Якщо б ми мали справу із залежністю впливу хімічно активних виділень кореневої системи на ріст і розвиток рослин від концентрації цих сполук, були б зафіксовані відмінності даного показнику у всіх варіантах досліду. Адже в III варіанті об'єм посудин був у 2,3 рази більше, ніж у третьому, а у I – лише у 1,8 разів від II. Таким чином нам не вдалося встановити залежність висоти рослин кукурудзи у водній культурі від впливу власних кореневих виділень.

Іще один показник росту, який був нами проаналізований, це суха вага дослідних рослин кукурудзи після ліквідації досліду у віці рослин 42 дні (таблиця 6.1). Дані таблиці 6.1 говорять про наступне. Послідовної тенденції зміни ваги коренів, надземної частини або рослин в цілому при переході від меншого об'єму посудин до більшого встановити не вдалось. Так найбільша суха вага була зафіксована у рослин кукурудзи в посудинах варіанту II (140 мл). Це відбулося за рахунок в основному більшої підсумкової сухої ваги надземної частини (0,33 г) в порівнянні з обома іншими варіантами об'єму посудин.

Таблиця 6.1.

**Суха вага цілих рослин кукурудзи (надземної частини і кореню)  
після ліквідації водної культури на повній поживній суміші  
у віці 42 дні (г)**

Об'єм посудини	Суха вага цілої рослини	Суха вага кореню	Суха вага пагону	Відношення сухої ваги корінь/пагін
75 мл (I вар)	0,40	0,19	0,21	0,9
140 мл (II вар)	0,51	0,18	0,33	0,54
325 мл (III вар)	0,48	0,19	0,29	0,65

Вага коренів дослідних рослин кукурудзи в різних об'ємах посудин водної культури кукурудзи на повній поживній суміші була фактично однаковою (0,18-0,19 г). Відповідно найбільше співвідношення сухої ваги корінь/пагін було зафіксовано для рослин кукурудзи I варіанту – 0,9. Це говорить про те, що в даному варіанті об'єму посудин найкраще ріс корінь з усіх варіантів, а надземна частина першою постраждала з точки зору ростових процесів і мала мінімальну суху вагу. Найменші значення співвідношення сухої ваги корінь/пагін зафіксовано у II варіанті дослід. Це говорить про те, що у об'ємі посудин 140 мл корінь мав найменшу суху вагу, а надземна частина – найбільшу з усіх варіантів. Якби ця тенденція була продовжена і для III варіанту об'єму посудин дослід, можна було б говорити про певну закономірність. Але в III варіанті було встановлено проміжні показники сухої ваги кореня та пагону для дослідних рослин. Отже про якісь потенційні впливи об'ємів повної поживної суміші чи кореневих виділень ми говорити не маємо підстав.

Іще одним показником, який був нами проаналізований, була суха вага дослідних рослин кукурудзи після ліквідації дослід у віці рослин 42 дні. Результати цього дослідження маємо у графічному вигляді на рисунку 6.2. На даному рисунку одночасно представлені також дані сухої ваги рослин із дослід з вирощування рослин кукурудзи у водній культурі на повній поживній суміші.

Як видно із даних рисунку 6.2 суха вага рослин кукурудзи, що були вирощені на повній поживній суміші була на порядок (у 10 разів) більшою ніж суха вага рослин кукурудзи із водній культурі з дистильованою водою. Можливо у такій різниці сухої ваги двох паралелей нашого досвіду також є пояснення відсутності алелопатичного впливу коренів рослин кукурудзи водної культури у дистилаті на ріст і розвиток тестової культури. Рослини, що росли на дистильованій воді відчували сильний «голод», нестачу основних елементів мінерального живлення.

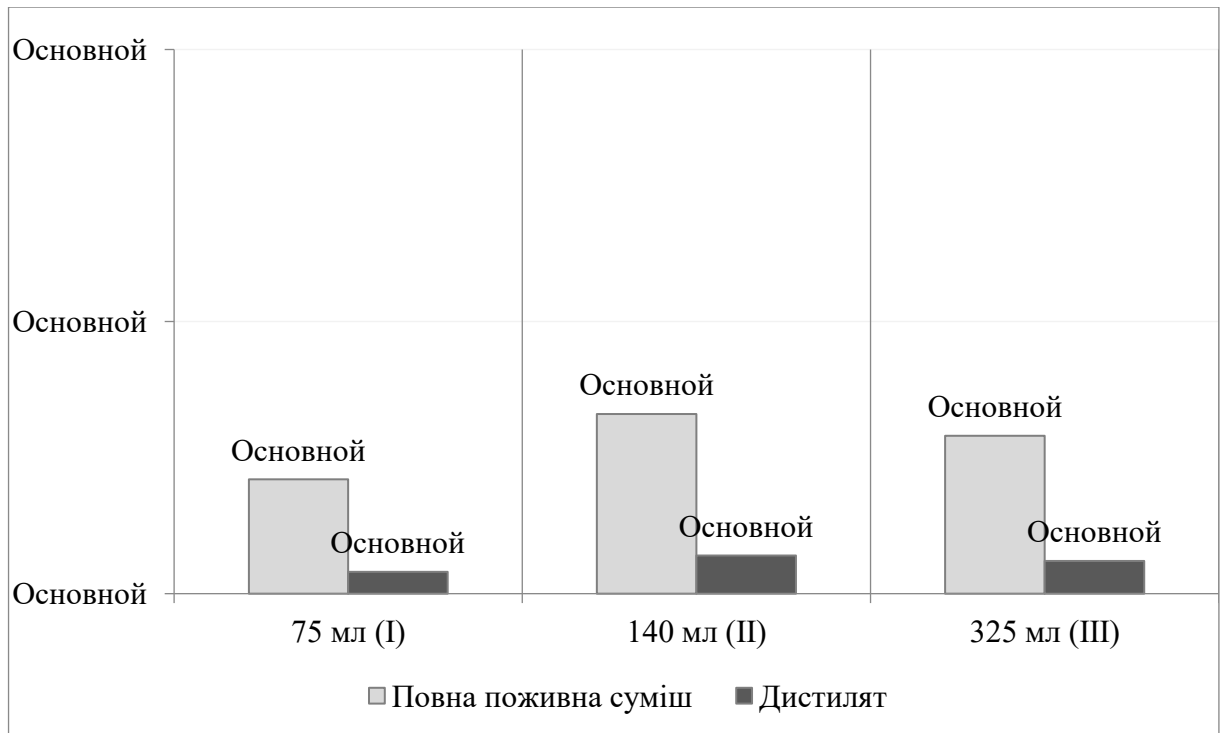


Рис. 6.2. Суха вага цілих рослин кукурудзи після ліквідації водної культури у віці 42 дні при вирощування у різних об'ємах посудин (г)

Очевидно всі асиміляти були задіяні у підтримці існуючих власних клітинних структур і на забезпечення зовнішнього впливу на інші рослини елементарно не вистачало пластичних органічних речовин.

## РОЗДІЛ 7

### ПРАКТИЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ У ШКІЛЬНОМУ КУРСІ

Основне завдання вчителів у сучасній загальноосвітній школі полягає в наданні можливості учням осягнути внутрішню логіку навчальної дисципліни. Для цього потрібен ретельний добір навчального матеріалу за принципом життєвої доцільності й функціональності, в активізації ролі самостійного навчання. Варто також урахувати те, що для успішної реальної діяльності в сучасному суспільстві сьогодні недостатньо просто знань і вмінь, необхідні ще віра в себе, у свої сили, здатність самостійно ухвалювати рішення, жити й працювати в колективі й зосереджувати свої зусилля на конкретних завданнях, формулювати теорії та гіпотези й вести самостійний чи спільний пошук способів їх розв'язання [26,27].

Практичне значення нашого дослідження полягає у використанні отриманих результатів вчителями середніх загальноосвітніх шкіл для викладання наступних тем навчальної програми з біології:

- 6 клас. Рослини. Тема «Рослина - живий організм. Живлення рослин. Будова рослини. Органи рослин. Корінь, пагін: будова та основні функції».

В цій темі отримані нами результати можуть допомогти сформувати в учнів уміння:

- описувати ріст і розвиток рослинного організму;
- планувати власні спостереження будови та життєдіяльності рослини;
- прогнозувати результати власних спостережень;
- практикувати досліди, що підтверджують основні процеси життєдіяльності рослин;
- фіксувати результати дослідів і досліджень;
- моделювати біологічні об'єкти та процеси;
- дотримуватися правил роботи з лабораторним обладнанням;

- застосовувати знання для догляду за рослинами.

Також застосування представлених нами результатів експерименту із хімічного впливу одних рослин на ріст і розвиток інших може допомогти набути знання з біології рослин. Це може виразитися у здатності:

- називати основні процеси життєдіяльності рослини;
- називати умови та речовини, що впливають на життєдіяльність рослин;
- демонструвати досліди, що підтверджують вплив одних рослин на інші.

Ще зафіксовані і представлені вище результати будуть актуальні під час виконання наступних розділів шкільної програми:

- 11 клас. Біологія і екологія. Рівень стандарту. Теми: «Формування адаптацій на молекулярному та клітинному рівнях організації. Стратегії адаптацій організмів»; «Типи зв'язків між популяціями різних видів в екосистемах. Причини сукцесій та їхні типи».

Це допоможе учням успішно оперувати такими термінами та поняттями як адаптація, біотоп, адаптивна радіація, екологія, екологічні чинники, обмежувальні чинники, закон екологічного мінімуму тощо.

Всі наведені вище застосування результатів нашого експерименту стосуються компоненту знань. Що стосується діяльнісного компоненту це допоможе учням:

- встановлювати елементарні причинно-наслідкові зв'язки між екологічними процесами та явищами;
- аналізувати залежність життєдіяльності організмів від середовища існування[26, 27].

Результати наших досліджень раніше були опубліковані у 2021 році [22, 23]. На підставі проведених досліджень ми дійшли наступних висновків.

## ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що у всіх пробах під час кожної обробки насіння тестової культури розчинами з різних варіантів дослідних об'ємів водної культури кукурудзи на повній поживній суміші показники схожості були меншими ніж в контролі.

2. Зафіксовано, що довжини пагонів тестової культури у більшості проб з різних варіантів дослідних об'ємів водної культури кукурудзи на повній поживній суміші були меншими ніж в контролі.

3. Встановлено, що довжини коренів тестової культури у всіх пробах з різних варіантів дослідних об'ємів водної культури кукурудзи на повній поживній суміші були меншими ніж в контролі.

4. Корені кукурудзи у водній культурі на повній поживній суміші виділяють хімічні речовини, які інгібують ріст і розвиток коренів проростків тестової культури.

5. Із збільшенням об'єму посудин для вирощування тестової культури кукурудзи на повній поживній суміші ефект інгібування росту і розвитку коренів проростків тестової культури в пробах із цих посудин ставав все менш вираженим.

6. Встановлено, що загальна довжина проростків тестової культури редьки посівної в контролі була більшою ніж в кожній дослідній пробі з посудин різного об'єму для водної культури рослин кукурудзи повній поживній суміші.

7. Зафіксовано, що після проростання насіння тестової культури в пробі із середовища з водної культури кукурудзи на повній поживній суміші відбувалося гальмування росту в першу чергу пагона проростка.

8. Не встановлено алелопатичного впливу середовища водної культури кукурудзи на дистильованій воді на схожість насіння тестової культури та інші показники росту і розвитку.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Берестецкий О.А. Биологические основы плодородия почв/ Ю.М. Возняковская, Л.М. Доросинский и др. –М.: Колос, 1984. –287 с.
2. Биляновская Т.М. Алелопатическое взаимодействие овощных культур витаминного комплекса через среду корнеобитания /Т.М. Биляновская. –Минск, 1992 –16с.
3. Биляновская Т.М. Влияние температурного фактора на проявление алелопатического эффекта / Т.М. Біляновская // Алелопатия и продуктивность растений: Сб.науч.тр. – Харьков: Харьк.с.х. ин-т. В.В.Докучаева, 1988 – с.115-119.
4. Возняковская О.М. Некоторые аспекты взаимодействия здоровых растений с микроорганизмами / О.М. Возняковская // Алелопатия и продуктивность растений. – Киев: Наукова думка, 1990. – 119.
5. Головки Э. А. Андрей Михайлович Гродзинский / Э. А. Головки, В. В. Кваша // Биопробы и биотесты (незаконченные рукописи академика А. М. Гродзинского / сост. : Л. Д. Юрчак, Е. А. Чудовская; под. ред. В. П. Грахова, Е. Н. Бойко, Н. В. Заименко. – К. : Золотые ворота, 2011. – С. 308–323.
6. Головки Э. А. Информация о Первом Всемирном конгрессе по аллелопатии: наука для будущего (FirstWorldCongressonAllelopathy – A Science for the Future, Spain, Cadiz, 16 – 20 Sept., 1996) / Э. А. Головки // Физиология и биохимия культурных растений. – 1997. – Т. 29, № 5. – С. 394–395.
7. Головки Е. А. Історико-аналітичний погляд: від класичної фізіології рослин до сучасної алелопатії / Е. А. Головки // Інтродукція рослин. – 2001. –№ 1–2. – С. 5–17.
8. Головки Э.А. Микроорганизмы в алелопатии высших растений / С.А.Головки. – Киев: Наукова думка, 1984.-200 с.

9. Гродзинский А.М. Аллелопатическое почвоутомление / А.М. Гродзинский, Г.П. Богдан, Є.А. Головки и др. – Киев: Наукова думка, 1979. – 248 с.
10. Гродзинский А.М. Аллелопатия растений и почвоутомление: избр.тр / А.М. Гродзинский. – Киев: Наукова думка, 1991. – 432 с.
11. Гродзинський А.М. Знову про фітоценотичну роль фізіологічно активних виділень рослин / А.М.Гродзинський // Укр. ботан. журн. – 1983. – Т. 40, № 4. – С. 1–10.
12. Гродзинський А.М. Інгібітор проростання з плодів катрану татарського (*Crambetataria Sebeok*) / А. М. Гродзинський, Г. О. Кузнецова, Л. І. Мусатенко // Укр. ботан. журн. – 1960. – Т. 17, № 1. – С. 29–39.
13. Гродзинський А. М. Основи хімічної взаємодії рослин / А.М. Гродзинский. – К. : Наук. думка, 1973. – 205 с.
14. Гродзинский А.М. Парадигмы в аллелопатии / А. М. Гродзинский // Методологические проблемы аллелопатии. – К. : Наук. думка, 1989. – С. 3–14.
15. Гродзинский А.М. Проблема почвоутомления и аллелопатия / А. М. Гродзинский // Физиолого-биохимические основы взаимодействия растений в фитоценозах : сб. ст. – К. : Наук. думка, 1974. – Вып. 5. – С. 3–9.
16. Гродзинский А.М., Экспериментальная аллелопатия /Є.А. Головки, С.А. Горобец и др. – Киев: Наукова думка, 1987 . – 226 с.
17. Грюммер Г. Взаимное влияние высших растений. Аллелопатия / Г Грюмер. – М.: Изд-во иллюстр. лит., 1957. –261 с.
18. Звягинцев Д.Г. Почва и микроорганизмы / Д.Г. Звягинцев. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1987. –255 с.
19. Злобин Ю.А. Принципы и методы изучения ценологических популяций растений / Ю.А. Злобин. – Казань: Изд-во Казан.ун-та, 1989 - 147 с.
20. Иванов В.П. Растительные выделения и их значение в жизни фитоценозов / В.П. Иванов. – М.: Наука , 1973. – 249 с.

21. Мороз П. А. Аллопатическая функция фенольных соединений плодовых растений / П. А. Мороз, И. Ю. Осипова, В. А. Деревянко // Интродукція рослин. – К., 2006. – № 4. – С.105–114.

22. Москаленко М.П., Гапон Б.А. Аллопатичний вплив коріння водної культури кукурудзи // Актуальні проблеми дослідження довкілля: Матеріали ІХ Міжнародної наукової конференції. 25-27 травня 2021 р., м. Суми. – Суми: СумДПУ імені А.С.Макаренка, 2021, - С. 23-26.

23. Москаленко М.П., Гапон Б.А. Хімічна активність коренів кукурудзи у водній культурі. Матеріали ІІІ Міжнародної науково-практичної конференції «INNOVATIONS AND PROSPECTS OF WORLD SCIENCE» (4-6 листопада 2021 року, м. Ванкувер, Канада). С.810-815.

24. Москаленко М.П., Острога Ю.С. Порівняльна характеристика аллопатичної дії горіха чорного (*Juglans nigra* L.) та калини звичайної (*Viburnum opulus* L.) // Актуальні проблеми дослідження довкілля. Збірник наукових праць (за матеріалами VIII Міжнародної конференції, присвяченої 10-річчю створення Гетьманського національного природного парку (24-26 травня 2019 р., м. Суми) / Ред. кол. : Шейко В.І., Касьяненко Г.Я., Литвиненко Ю.І. та ін.; Сумський державний педагогічний університет імені А.С. Макаренка. – Суми : СумДПУ імені А.С. Макаренка, 2019. – С. 245 – 249.

25. Мусатенко Л. І. Фізіологія рослин (фітогормонологія) – основні етапи розвитку / Л. І. Мусатенко, К. М. Ситник, М. М. Мусієнко, Н. П. Веденичова, Л. В. Войтенко, В. А. Васюк, В. А. Негрецький // Інститут ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України (1921 – 2011). Віхи історії та сучасність. – К. : Альтерпрес, 2011. – С. 212–214.

26. Навчальна програма для загальноосвітніх навчальних закладів. Біологія 6-9 класи. Програма затверджена Наказом Міністерства освіти і науки України № 804 від 07.06.2017.

27. Навчальна програма для загальноосвітніх навчальних закладів. Біологія 10-11 класи. Рівень стандарту. URL:

<https://mon.gov.ua/ua/osvita/zagalna-serednya-osvita/navchalni-programi/navchalni-programi-dlya-10-11-klasiv>

28. Олійник М.В. Алелопатична активність листків калини звичайної (*Viburnus Opulus L.*) / М.В.Олійник // Теоретичні та прикладні аспекти досліджень з біології, географії та хімії (25 квітня 2017 р., м. Суми). –С.40-43.

29. Работнов Т.А. Экспериментальная фитоценология / Т.А Работнов. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1987. – 167 с.

30. Райс Э. Аллелопатия / Э. Райс. – М. : Мир, 1978. - 392 с.

31. Черевченко Т. М. Життя і творчість академіка НАНУ Андрія Михайловича Гродзинського (до 80-річчя від дня народження) [Електронний ресурс] / Т. М. Черевченко // Укр. ботан. журн. – 2007. – Т. 64, № 2. – С. 314–322. – Режим доступу до журн. : [http://www.botany.kiev.ua/content\\_ubj\\_07.htm](http://www.botany.kiev.ua/content_ubj_07.htm)

32.Юрчак Л. Д. Аллелопатія: ретроспективний погляд сучасний стан та перспективи досліджень / Л. Д. Юрчак // Аллелопатія та сучасна біологія : матеріали міжнар. наук. конф., присвяч. 80-річчю з дня народж. акад. А. М. Гродзинського (1926–1988), м. Київ, 17–19 жовт., 2006 р. – К. : Фітосоціоцентр, 2006. – С. 10–19.