

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет біології, географії і екології

Кафедра біології людини та імунології

Характеристика властивостей похідних спірокарбону та його складових засобами фітотестів «пророщене насіння пшениці озимої»

Кваліфікаційна робота (проект)

на здобуття ступеня вищої освіти “магістр”

Виконав: студентка 212-м групи
Спеціальності 014.05 Середня освіта
(Біологія та здоров'я людини)
Освітньо-професійної (наукової)
програми Середня освіта
(Біологія та здоров'я людини)
Ковальова Євгенія Гаріївна
Керівник д.п.н. професор
Сидорович М. М.
Рецензент к.б.н. Кундельчук О. П.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1. ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ЗОВНІШНІХ ФАКТОРІВ НА КЛІТИННІ ПРОЦЕСИ ЗА ДОПОМОГОЮ ФІТОТЕСТУВАННЯ....	7
1.1 Фітотестування – ефективний метод біотестування.....	7
1.2 Allium test – класична модельна система.....	12
1.3 Біологічні властивості спірокарбону та його похідних як антропогенних чинників довкілля.....	17
1.4 Характеристика пшениці озимої як модельної системи.....	23
РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА РІСТОРЕГУЛЮЮЧИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОХІДНИХ СПІРОКАРБОНУ ЗАСОБАМИ ФІТОТЕСТУ «ПРОРОЩЕНЕ НАСІННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ TRITICUM AESTIVUM L.».....	26
2.1 Матеріали і методи досліджень.....	26
2.2 Комплекс спірокарбону з бурштиною кислотою та його складові.....	31
2.3 Комплекс спірокарбону з борною кислотою та його складові.....	36
РОЗДІЛ 3. ФІТОТЕСТУВАННЯ ПРОТЕКТОРНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СПІРОКАРБОНУ ТА ЙОГО ПОХІДНИХ СТОСОВНО ПРОМИСЛОВОЇ СТІЧНОЇ ВОДИ	42
3.1 Візуальні спостереження.....	42
3.2 Динаміка біометричних показників.....	47
3.3 Зміни біохімічних параметрів.....	52
3.4 Розробка проекту, як практичного застосування розробленої методики фітотестування.....	55
ВИСНОВКИ.....	67
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	69

ВСТУП

Актуальність теми. Синтетична органічна хімія подарувала людству величезну кількість речовин, які не існують у природі. Зараз синтезовано багато нових органічних речовин. Вони здатні вирішити нагальні проблеми сучасної людини. Але найважливішою серед них є рівень їх екологічної безпеки, що безпосередньо пов'язаний з біологічними властивостями нових препаратів.

Хіміками міжкафедральної групи з проблем цитоекології Херсонського державного університету синтезований новий клас речовин – похідних спірокарбону, що мають цінні сільськогосподарські якості. Проте їх біологічні властивості вивчені недостатньо. Фітотестування – це сучасний екологічний метод, що широко застосовується для опису різноманітних впливів хімічних речовин у чисельних наукових дослідженнях за реакцією живих модельних систем. [3, 4, 8, 10, 14, 21, 25, 40-43, 58, 64, 65].

На сучасному етапі відома значна кількість біотесторів. Серед них часто використовують класичний Allium test [55]. Пророщене насіння пшениці також застосовують для виявлення різноманітних властивостей антропогенних чинників [2, 30, 31, 60, 61, 63].

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Вся дослідна робота виконана в межах ініціативної наукової теми «Цитоекологічний моніторинг дії чинників довкілля методом біотестування» (державний реєстраційний номер 0117U004705), що заочно координувана в ХДУ.

Тому **метою** дослідження стала характеристика ристрегулюючих властивостей нових препаратів – комплексних сполук спірокарбону та їх складових методом фітотестування.

Об'єктом дослідження є біологічні властивості синтетичних хімічних речовин.

Предметом є біологічні властивості похідних спірокарбону.

Об'єкт, предмет і мета дослідження визначили його **завдання**:

1. Проаналізувати літературні першоджерела з проблем фітотестування з метою винаходу рослинних систем для ефективного виміру рівнів токсичного впливу антропогенних чинників довкілля.

2. Провести моніторинг біометричних показників проростків пшениці озимої, що сформовані за дії комплексу спірокарбону з бурштиною кислотою та його складових, для складання порівняльної характеристики рісторежуючих властивостей препаратів.

3. Провести моніторинг біометричних показників проростків пшениці озимої, що сформовані за дії комплексу спірокарбону з борною кислотою та його складових, з аналогічною метою. З'ясувати стосовно рісторежуючих властивостей спірокарбону щодо процесу формування проростку пшениці в залежності від речовин, що утворюють з ним комплексні сполуки.

4. Провести моніторинг біометричних і біохімічних показників проростків пшениці озимої, що оброблені розчинами спірокарбону та його комплексу з бурштиною кислотою і сформовані за дії промислової стічної води для опису протекторних властивостей препаратів.

5. Розробка проекту «Роль синтетичних регуляторів росту на ростові процеси та фотосинтез за умови дії антропогенного впливу.» як практичне застосування розробленої методики фіто тестування під час навчання біології у закладах середньої освіти.

У роботі використали кількома груп **методів дослідження**. Теоретичні наукові методи: аналіз літературних першоджерел, узагальнення і систематизація одержаних даних. Емпіричні методи: експеримент, спостереження, визначення біометричних параметрів, статистичні методи.

Наукова новизна одержаних результатів. У результаті проведених досліджень засобами фіто тестування вперше: з'ясовано

залежність рісторегулюючих властивостей спірокарбону від речовин, що утворюють з ним комплексні сполуки; виявлено та описано протекторні властивості комплексу спірокарбону з бурштиною кислотою за дії промислової стічної води.

Практичне значення одержаних результатів. Результати дослідження можуть знайти застосування у сільському господарстві та аграрній промисловості. Виявлені рісторегулюючі та протекторні властивості дадуть змогу підвищити ефективність вирощування зернових культур. Розроблені методики можна застосовувати у дослідній роботі групи STEM-освіти і на заняттях науково-дослідного практикуму з біотестування біологів-магістрантів.

Апробації:

1. X Всеукраїнська науково-практична конференція молодих учених та студентів «Екологічна безпека держави» (Київ, 2016).
2. Всеукраїнська студентська науково-практична конференція «STEM – освіта як напрям модернізації методик навчання природничо-математичних дисциплін у середніх і вищих навчальних закладах» (Херсон, 2017)
3. Всеукраїнська студентської науково-практичної конференція «STEM – освіта як напрям модернізації методик навчання природничо-математичних дисциплін у середніх і вищих навчальних закладах» (Херсон, 2018)

Публікації:

1. Коноваленко О. Є. Визначення біологічних властивостей спірокарбону та його комплексу з бурштиною кислотою засобами Allium test О. Є.Коноваленко, Є. Г.Ковальова, С. Ю. Кот// Екологічна безпека держави: тези доповідей X науково-практичної конференції молодих учених та студентів. Київ, 21 квітня 2016 р., Національний авіаційний університет / редкол. О. І. Запорожець та ін. – К. : НАУ, 2016. – С. 262-263.

2. Ковальова Є. Г. Дія нового синтетичного регулятора росту рослин на координацію росту органів проростку пшениці озимої Є. Г. Ковальова, М. М. Сидорович//Всеукраїнська студентської науково-практичної конференція « STEM – освіта як напрям модернізації методик навчання природничо-математичних дисциплін у середніх і вищих навчальних закладах,Херсон, 20-21 квітня 2017 р. / Укладач: В.Д. Шарко. – Херсон: ПП Вишемирський В.С.,2017. – С.204-206.
3. Коноваленко О. Є. Зміни рісторегулюючих властивостей похідного спірокарбону в залежності від різних характеристик фітотестів// М. М. Сидорович, Є. Г. Ковальова, С. Ю. Кот // Природничий альманах. Біологічні науки. Випуск 24. Збірник наукових праць, - Херсон: Видавництво ПП Вишемирський, 2017.- С 57-67.
4. Ковальова Є. Г. Спосіб визначення протекторних властивостей синтетичних хімічних речовин щодо дії промислової стічної води засобами фітотестування // Є. Г. Ковальова, М. М. Сидорович //Всеукраїнська студентської науково-практичної конференція « STEM – освіта як напрям модернізації методик навчання природничо-математичних дисциплін у середніх і вищих навчальних закладах,Херсон, 26-27 квітня 2018 р. / Укладач: В.Д. Шарко. – Херсон: ПП Вишемирський В.С.,2018. – С.100-101.

РОЗДІЛ 1

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ЗОВНІШНІХ ФАКТОРІВ НА КЛІТИННІ ПРОЦЕСИ ЗА ДОПОМОГОЮ ФІТОТЕСТУВАННЯ

1.1 Фітотестування – ефективний метод біотестування

Біотестування — це експериментальне визначення, оцінка дослідним шляхом впливу факторів (фізичних, хімічних, фізико-хімічних) або групи шкідливих факторів на живі організми шляхом реєстрації змін того чи іншого біологічного показника (фізіологічного, біохімічного, цитогенетичного та ін.), що спостерігається в піддослідному тест-об'єкті (індикаторі) порівняно з контрольним у чітко заданих (тобто стандартних, лабораторних) умовах [16].

Біотестування також виявляє реакцію організму на певний вид забруднення. Воно допомагає коригувати розрахунки ГДК забруднювачів у стічних водах тоді, коли їх розбавлення у водному об'єкті не забезпечує допустимого рівня.

Методи біотестування повинні бути першим етапому визначенні якості водного середовища головним – у визначенні можливих наслідків її впливу на живі організми. Біотестування дає змогу за відповідною реакцією тест-організму отримати інтегральну інформацію за всією сукупності впливових (токсичних) агентів, які чинять вплив на тест-об'єкт. Завдяки простоті, оперативності та доступності, біотестування отримало широке визнання у всьому світі.

На сучасному етапі відома велика кількість методів біотестування, але стандартизованих не так вже і багато . Найчастіше в якості тест-об'єктів використовують: крессалат, цибулю, прісноводних риб, водорості та інфузорії. Біотестування можливо проводити на популяційно-видовому, організмовому, органо-тканинному, клітинному, субклітинному та молекулярному рівнях[19].

Як правило, тест-об'єкт – це чутливий біологічний елемент, здатний реагувати на зовнішній вплив. Ним можуть бути ферментативні системи, ізольовані органели, клітини, тканини, окремі органи багатоклітинних

організмів, одноклітинні та багатоклітинні організми одного біологічного виду або кількох видів.

Фіксація тест-реакції при біотестуванні здійснюється за допомогою візуальних спостережень або за допомогою приладів. Так, візуальні спостереження проводяться при визначенні виживаності, плідності, поведінкової реакції та реакції росту, а прилади застосовують при визначенні іммобілізації клітин, біолюмінесценції, флуоресценції, активності окисних ферментів, зміні фізіолого-біологічних показників мікроскопічних організмів та фізіологічних показників риб. При цьому використовують такі прилади, як мікроскоп, люмінометр, флуориметр, електрокардіограф або електроенцефалограф, фотоелектрокалориметр, спектрофотометр та спектрометр. Таким чином, спостерігається поєднання біологічних та приладових методів [48].

Біотестування висуває ряд вимог, дотримання яких є необхідним для отримання достовірних результатів. Серед останніх можна назвати наступні: відносна швидкість проведення досліджень, отримання достатньо точних і відтворюваних результатів, присутність об'єктів, застосовуваних у біотестуванні у великій кількості і з однорідними властивостями, а також діапазон похибки у порівнянні з іншими методами тестування не більше 20%. Для дотримання всіх перелічених вимог методи біотестування необхідно вдосконалювати, в їх поєднанні з методами, що реалізуються за допомогою приладів. Прилади дають більш точні результати у порівнянні з візуальними спостереженнями, а застосування комп'ютерної техніки дозволяє автоматизувати процес біотестування, прискорити обробку отриманої інформації та забезпечити точність результатів математичних розрахунків.

Біоіндикація - це оцінка стану середовища за допомогою живих об'єктів. Живі об'єкти (або системи) - це клітини, організми, популяції, спільноти. З їх допомогою може проводитися оцінка впливу, як

абіотичних, так і біотичних факторів. На думку Ван Штралена (1998), існують принаймні три випадки, коли біоіндикація стає незамінною:

-фактор не може бути вимірний. Це особливо характерно для спроб реконструкції клімату минулих епох;

-фактор важко виміряти. Деякі пестициди швидко розкладаються, що не дозволяє виявити їх вихідну концентрацію в ґрунті. Наприклад, інсектицид дельтаметрин активний лише кілька годин після його розпилення, в той час як його дія на фауну (жуків і павуків) простежується протягом кількох тижнів;

-фактор легко виміряти, але важко інтерпретувати.

Якщо в біоіндикації застосовують організми, то її називають активною або біотестуванням. Найчастіше біотестування проводять на рослинах та тваринах. У дослідженнях з інфузоріями визначають виживаність, зміну чисельності клітин в культурі, коефіцієнт поділу клітин, середню швидкість росту, добовий приріст культури.

Фітотестування як частина біотестування

Фітотестування порівняно з іншими біосистемами мають низку переваг:

-рослини - незмінний об'єкт для натурних досліджень антропогенного впливу на навколишнє середовище: першими приймають на себе удар забруднювачів, що не мігрують подібно тваринам, що дозволяє чітко розрахувати час впливу.

-рослини - еукаріотичні організми, тому на них, на відміну від мікроорганізмів, можна реєструвати всі типи генетичних ушкоджень: генні, хромосомні, геномні.

-методи роботи з рослинними об'єктами економічні, вимагають мінімальної кількості обладнання та реактивів, вирощування рослин менш трудомістким, ніж вирощування тварин [32].

-можна отримувати матеріал потрібних стадій.

-експерименти можна вести в суворо контрольованих умовах - як в гострих, так і в хронічних дослідах (від декількох годин до декількох років).

-рослини дозволяють реєструвати як прямі, так і непрямі мутагени.

-тільки рослини дозволяють виявити такий важливий клас мутагенів, як хімічні сполуки, які отримують мутагенність в процесі метаболічної активації рослинними ферментами.

-деякі фактори, висока токсичність яких не дозволяє врахувати генетичні пошкодження на тварин, можуть бути оцінені як мутагени тільки в рослинних тест-системах.

-рослини можуть вирощуватися безпосередньо на місці оцінки сумарного генетичного ефекту забруднення визначаються ділянок [33]

-дані отримані на рослинних тест-системах показують хорошу кореляцію з даними тестів на ссавцях. Більш того, вищі рослини проявляють себе в екосистемі як стабільні біосенсори і, таким чином дозволяють відстежити еволюцію генотоксичної впливу (в тому випадку коли фактор проявляє мутагенний ефект одночасно на рослинному і тваринному тест об'єктах) [64].

Серед рослинних організмів часто використовують насіння рослин (салату латук, гороху тощо)[14]. Вчені аналізують енергію пророщення насіння та довжину первинного кореня .

Вищі рослини також розглядаються в науковій літературі як тест-системи, що широко використовуються для біотестування. Проростання насіння – найбільш вразливий етап індивідуального розвитку вищих рослин, коли спостерігається мінімальна стійкість до несприятливих факторів, тобто, максимальна чутливість до їхнього впливу[38]. Саме тому рослини в цю фазу розвитку є найпривабливішим об'єктом тестування, а різноманітні біометричні параметри є ефективними результатами впливу довкілля на організм. Найпоширенішими біотестами є рослинні організми.

Метод фітотестування, як провідний різновид біотестування, достатньо широко використовується у сучасних екологічних дослідженнях. Однак, в більшості випадків для цього застосовуються різноманітні модельні експерименти, де відображаються провідні аспекти техногенного середовища [7,9,10,28]. Значно менше досліджень з використанням методів прямого фітотестування техногенних субстратів[39,50]. І майже відсутні публікації з фітотестування різноманітних витяжок субстратів[20]. Разом з тим, необхідно відзначити, що за останні півстоліття для з'ясування та вивчення хімічних режимів ґрунтів були запропоновані різноманітні екстрагенти, які імітують дію кореневої системи рослин[1]. Практична апробація таких витяжок дозволила обрати з них найбільш адекватні для подальшого використання у агрохімії, ґрунтознавстві, геохімії та охороні навколишнього середовища. Тому так актуальне проведення дослідження прямого фітотестування субстратів хвостосховищ, а також різноманітних їхніх витяжок[14,26].

Оперативну інформацію про фітотоксичність можна отримати, використовуючи тест-об'єкти (насіння і проростки рослин) і різноманітні тест-функції (динаміка проростання насіння, відсоток схожості, довжина головного і бічних коренів, висота пагона тощо) [10,58].

Відомо, що рослинні об'єкти відрізняються за фізіологічними характеристиками і біохімічним складом, їх реакція значно залежить від умов середовища, умов проведення експерименту [49]. У зв'язку з цим при застосуванні кожної рослинної тест-системи необхідним є етап калібрування – випробовування даної тест-системи з використанням різних концентрацій забруднювачів[10].

Пріоритетними є дослідження з пошуку тест-систем, які даватимуть змогу оцінювати комбінований вплив забруднювачів довкілля на біоту. У цьому сенсі рослини мають істотні переваги перед приладами: дешеві,

легко відтворюються, швидко розмножуються, мають типову відповідну реакцію на вплив.

У процесі пошуку чутливих тест-об'єктів для оцінки токсичності пророщували насіння різних видів рослин – льону звичайного (*Linum usitatissimum* L.), соняшника однорічного (*Helianthus annuus* L.), ріпаку озимого (*Brassica napus* L.), проса дикого (*Panicum miliaceum* L.), крес-салату (*Lepidium sativum* L.), огірка звичайного (*Cucumis sativus* L.) на ґрунтах, забруднених сировою нафтою у концентрації 5%.

Метою дослідження було встановлення залежності між концентраціями нафти у ґрунті та морфометричними показниками чутливих фітотестів (*L. usitatissimum* та *H. annuus*). Закладали додаткові досліді: середньосуглинковий ґрунт у концентраціях 1, 2,5, 5, 8, 10, 15%. Контролем слугував ґрунт без нафти. У результаті проведених досліджень було виявлено специфічність і чутливість фітотестів, що вказує на можливість їхнього використання для оцінки токсичності нафто забруднених ґрунтів[8].

Наведений аналіз літератури засвідчив високу ефективність фітотестування різноманітних чинників довкілля, що мають природне і антропогенне походження.

1.2 Параметри *Allium test* як валідні характеристики щодо змін цитологічних процесів

Allium test - найефективніша рослинна тест-система для оцінки мутагенного, мітозмодифікуючого та токсичного ефектів чинників хімічної та фізичної природи на основі рослини *Allium cepa* L. - Цибуля ріпчаста.

Цей нестандартний тест об'єкт був розроблений А. Леваном в 1938 році для вивчення ефекту впливу колхіцину на мітоз в клітинах *Allium cepa* L., і показав високу ефективність. Цьому передували роботи Генрі Шаффнера, які були опубліковані в 1894-1898 р.р. Вони присвячені

з'ясуванню цитоструктури і мітозу в корневих меристемах у *Allium cepa* L.[60].

Allium test має низку переваг порівняно з іншими модельними системами:

-даний метод не вимагає знання каріотипу та ідентифікації типів ушкоджень хромосом, є простим, економічним і досить чутливим для визначення «мутаген» або «не мутаген» фактор.

- *Allium test* рекомендований експертами ВООЗ як стандарт. Рекомендований як альтернативи тестів *in vivo* на лабораторних тваринах [31].

- *Allium test* рекомендований для дослідження практично будь-яких хімічних, фізичних та біологічних чинників довкілля. У зв'язку з розширенням спектру нових синтетичних речовин, тест отримує нові рекомендації, що робить його одним з найбільш популярних [61,62].

- в одному тесті можна зареєструвати широкий спектр порушень генетичних структур і генетичних процесів, що спрощує дослідження і зменшує витрати на його проведення [32].

Allium test найбільш ефективний для:

- вивчення аналізу частоти хромосомних аберацій в ана-телофазі мітозу .
 - у цьому тесті реєструються хромосомні мутації типу делецій і транслокацій, наслідком яких є наявність мостів і фрагментів в ана- і телофазі, а також порушення веретена поділу за частотою відставання хромосом, багатополюсних і асиметричних мітозів.

- цей метод також дозволяє виявляти зміни поведінки хромосом на веретені поділу.

- *Allium test* ідеально підходить для проведення мікроядерного тесту[55].

Існує низка досліджень, де ці переваги широко використовуються для доведення можливості екстраполяції даних *Allium test* на людину. Так наприклад вивчення мутагенних властивостей наночасток діоксиду титану на корневих меристемах *Allium cepa* L. і лімфоцитах людини

показало, що обидва тести виявляють подібну чутливість до даної речовини [63].

При вивченні генотоксичної потенціалу сполук нікелю було показано, що *Allium test* також високочутливий до них, як лімфоцити і фібробласти людини [59].

Тому, певно *Allium test* рекомендований експертами ВООЗ як стандарт в цитогенетичному моніторингу навколишнього середовища. Результати, що отримані на даному тесті, показують кореляцію з тестами на інших організмах: водоростях, рослинах, комах, ссавцях і людині [56,57,66].

В інших працях цитологічні параметри *Allium test* застосовані для виміру цитотоксичності чинники. Так, *Allium test* був використаний у дослідження на визначеннях з мітичної активності клітин кореневої меристему за дії пестицидів і важких металів вченими Таврійського національно університету ім. В. І.Вернадського. У ньому протестували території, що розташовані уздовж автотрас з різною інтенсивністю руху.

Встановлено, що важкі метали у високих концентраціях спільно із залишковими кількостями пестицидів викликають виражену негативну цитотоксичну дію на тест-систему *Allium cepa L.*, що проявляється в інгібуванні мітотичної активності клітин кореневої меристеми[13].

За допомогою *Allium cepa L.* вчені Пермського державного гуманітарно-педагогічний університету дослідили залежність і шкідкість мітотичного поділу клітини і частоти виникнення хромосомних аберацій у меристемі коренів лука *Allium cepa L.*, від частоти виникнення хромосомних аберації у меристемі коренів *Allium cepa L.*, від частоти впливу НВЧ- випромінювання .

В результаті даного дослідження були виявлені статистично достовірні відмінності між такими показниками, як мітотичний індекс (МІ) і кількість хромосомних аберацій (ХА) для контрольної вибірки цибулин, пророщених в екранованому кожусі без випромінювання і

такими ж показниками для вибірок, які протягом 18 годин піддавалися впливу ЕМВ різних частот[18].

Allium test використовувався і в дослідженні токсичних і генотоксичних ефектів харчових барвників. Матеріалом дослідження був дитячий набір різнокольорового цукрового драже з іграшкою. Показником мітоз модифікуючої дії фактора є мітотичний індекс (МІ,%). Фазні індекси визначаються як кількість клітин, які знаходяться на стадії профазі, метафазі і т. д. Мутагенну дію визначали з використанням ана-телофазного аналізу, що дозволяє вивчати частоту мутацій шляхом обліку суми хромосомних аберацій (ХА) і відставань хромосом на стадіях анафази і телофази до загальної суми ана-телофаза на препараті, Ступінь мутагенних ефектів оцінювали по ВМЕ (виразності мутагенного ефекту) [27].

Івано-Франківський національний медичний університет, використав Allium test для визначення цито-генотоксичності питної води з різних районів Прикарпаття. При цьому здійснювали про-мета-ана-телофазного аналізу цибулини *Allium cepa* L. Про-, мета-, ана-, телофазний індекси розраховували залежно від фази мітозу. Мутагенний фон оцінювали на основі послідовного визначення показника пошкодженості (ПП)[53].

Вчені Єреванського державного університету вивчали цитогенетичні ефекти, виявлені у насіння *Allium cepa* при обробці пробами води з річки Раздан. Використовуючи такі методики для цитологічних досліджень: хромосомні аберації, порушення розбіжності хромосом типу випереджальних і відстаючих, а також мульти-полярні клітини [29].

Проводячи дослідження на знесоленій воді для визначення структурних і функціональних змін геному клітини запропоновано мікроядерний тест та ядерцевий біомаркер. Додатково визначали

мітотичний індекс і кількість клітин з подвійними ядрами та ядерними порушеннями (показник генотоксичності)[2].

За допомогою стандартної тест-системи *Allium cepa L.* досліджено фітотоксичність колоїдних розчинів металовмісних наночастинок – Ag, Cu, Fe, Zn, Mn. Цитотоксичність дослідних розчинів на рівні організму оцінювали за проліферативною активністю клітин кореневої меристеми, тобто використовували мітотичний і фазний індекс. Встановлено, що колоїдні розчини деяких металовмісних наночастинок гальмують ріст коренів *Allium cepa L.*, що може бути наслідком їхньої здатності проникати всередину клітини і взаємодіяти з її компонентами, пригнічуючи мітоз[15].

Allium test використовується для дослідження впливу вопромінювання мобільних телефонів на живі організми. Для оцінки мутагенної дії випромінювання телефону використовувалися методи обліку хромосомних аберацій (ХА) і мікроядер (МЯ) в меристемі *Allium cepa L.* (*Allium-test*)[17].

Для вирішення проблеми токсигенетичного контролю стану проточних водойм теж використовують систему *Allium test*. Мутагенну дію кожної проби реєструвалося в декількох тестах: облік частоти домінантних летальних мутацій (ДЛМ) і хромосомних аберацій (ХА) у *Allium cepa L.*[30].

Аналіз літературних першоджерел показав, що *Allium test* широко використовують у дослідженнях з фітотестування чинників довкілля, зокрема, антропогенних. Найчастіше в фітоцитологічних дослідження використовуються такі цитологічні параметри : мітотичний індекс, фазний індекс, хромосомні аберації. Вони надійно відображають вплив чинника довкілля на процес мітотичного поділу і його порушення. Отже, саме їх необхідно використовувати для визначення цито- та генотоксичності під час з'ясування біологічних властивостей нових

синтетичних хімічних речовин, що мають народно-господарське значення.

1.3 Біологічні властивості спірокарбону та його похідних як антропогенних чинників довкілля

Хіміки ХДУ синтезували спектр нових синтетичних стимуляторів росту рослин – похідних спірокарбону. Спірокарбон і його похідні відносяться до нового класу синтетичних регуляторів росту рослин. Він є сполукою, яка складається з двох атомів гетероциклів, кожен має два атоми Нітрогену і чотири атоми Карбону. Синтез спірокарбону був здійснений двома шляхами. Кожен з яких базувався на взаємодії сечовини з кетонами або їх похідними в присутності сильно концентрованої кислоти[35].

До похідних спірокарбону належать піролопіримідиндіони. Похідні піропіримідиндінів останніми роками привертають увагу до себе завдяки їхній високій біологічній активності. Сполуки цього ряду мають лікарські властивості. Однак ці властивості мало вивчені, а практичне значення цих препаратів потребує всебічного вивчення.

Існує низка досліджень впливу препаратів даного класу щодо тваринного організму і організму людини. Так, опис біологічних властивостей похідних спірокарбону засобами фітотестування розпочала група хіміків ХДУ, які охарактеризували їх рістрегулюючу активність на проростках томату (*Lycopersicon esculentum* Mill.) та озимої пшениці (*Triticum aestivum* L.)

Вчені у експериментальній роботі використовували лише 2 концентрації препаратів комплексу спірокарбону з неорганічними складовими і комплексу спірокарбону з органічними складовими: 0,1% та 0,01%.

У цих дослідженнях керувалися такими вихідними положеннями: як відомо, природні або синтетичні органічні сполуки активно

регулюють фізіологічні та морфогенетичні програми росту та розвитку рослинного організму. Їх використовують для прискорення росту рослин та дозрівання, збільшення і поліпшення якості врожаю, а також для захисту рослин від хвороб шляхом покращання їх імунітету. Тому, вчені вимірювали такі біометричні параметри: висота пагону, довжина кореня, маса проростків.

Комплекс спірокарбону з його похідними має не однаковий вплив на рослини різних видів, на проростки томату досліджувані речовини впливали сильніше, ніж на проростки озимої пшениці.

Концентрації речовини відіграють велику роль: при більшій концентрації речовин до 0,1 % спостерігалось частіше інгібування росту проростків, ніж стимуляція, при зменшенні концентрації до 0,01 % у більшості варіантів спостерігалось підвищення майже усіх досліджуваних параметрів. А саме:

- при концентрації 0,1% для всіх речовин спостерігалось незначне зниження висоти пагону як для проростків томату, так і для озимої пшениці;
- на розвиток кореневої системи проростків досліджувані речовини оказували як стимулюючий, так і інгібуючий вплив, спірокарбон та його комплекс із CaCl_2 збільшували довжину кореня, особливо при концентрації розчинів 0,01 %;
- при замочуванні насіння як томату, так і озимої пшениці в розчинах 6,6'-ди(о-трифлуоро-метилфеніл)-2,2'-діоксо-9,3,4,4'-спіробі(гексагідропіримідину) відбувалося суттєве зменшення довжини кореня. Найбільше інгібування цього біометричного показника спостерігалось у проростків томату при концентрації 0,1%. В той же час при перед обробці насіння озимої пшениці цією речовиною поряд з зменшенням довжини кореня відбувалось достовірне збільшення кількості коренів;

- для проростків томату найбільш вираженим був вплив комплексу з кальцієм на масу. При меншій концентрації (0,01 %) стимулювання маси проростків було значно більш вираженим, ніж при більшій (0,1 %);
- при замочуванні насіння у розчинах 6,6'-ди(о-трифлуорометилфеніл)-2,2'-діоксо-4,4'-спіробі(гексагідропіримідину) спостерігалась протилежна дія, сильне зменшення маси, особливо при концентрації 0,1 %;
- для проростків озимої пшениці спостерігався протилежний ефект. При перед обробці насіння спірокарбоном та його комплексом з CaCl_2 відбувалось незначне зменшення маси проростків, а при замочуванні у розчинах флюоропохідного спірокарбону незначне зростання маси.

Вчені зробили висновок про те, що дводольні рослини (томати) більш чутливі до обробки спірокарбоном та його похідними, ніж однодольні (озима пшениця). Спірокарбон та його комплекс з кальцій хлоридом стимулювали два з трьох вимірюваних біометричних показників, при цьому більш дієвою була менша концентрація 0,01% [36].

Також у ХДУ проводились дослідження рістрегулюючого впливу спірокарбону та його сумішей і комплексів з кислотами на проростках озимої пшениці (*Triticum aestivum* L.).

Для з'ясування впливу розчинів спірокарбону та його сумішей і комплексів з бурштиною та борною кислотами на проростання насіння та ріст проростків озимої пшениці, насіння стерилізували у розчинах KMnO_4 та $\text{Ca}(\text{OCl})_2$, замочували у розчинах спірокарбону та його сумішей і комплексів з борною і янтарною кислотами, використовуючи при цьому лише одну концентрацію -10^{-3} моль/дм³.

Ріст і розвиток проростків оцінювали за такими біометричними показниками: висота пагону, довжина кореню, маса проростків. Було встановлено, що:

- суміш спірокарбону з борною та бурштиною кислотами викликала достовірне збільшення усіх біометричних показників, що свідчить про синергізм дії цих речовин на проростки озимої пшениці;
- суміш борної кислоти зі спірокарбоном та їх комплекс сприяв збільшенню показника «маса проростку» . При цьому борна кислота дещо зменшувала досліджувані показники при концентрації- 10^{-3} моль/дм³ , а спірокарбон збільшував тільки масу проростка, але не достовірно.
- суміш спірокарбону з борною кислотою при концентрації - 10^3 моль/дм³ виявилась оптимальною для росту проростків в цих дослідках, тому що достовірно зростали усі досліджувані біометричні показники[25].

Подальші дослідження, що характеризують біологічні властивості похідних спірокарбону проводили як моніторингові, тобто у спектрі концентрації препарату. Так у Херсонському державному університеті в науковій групі з проблем цитоекології (керівник проф. М.М. Сидорович) впродовж останніх декількох років здійснюється широкомасштабне дослідження біологічних властивостей похідних спірокарбону, зокрема, досить ґрунтовно його комплексу з бурштиною кислотою. Вченим цієї групи вдалося скласти характеристику біологічних властивостей цього комплексу завдяки використанню батареї фітотестів (Allium test, пророщене насіння пшениці озимої та ярової, культура ряски малої), в якому особливу увагу приділили виміру його екологічної безпеки. Результати їх праці дозволили скласти опис таких властивостей за

різними рівнями організації рослинного організму. Так, на організмовому рівні препарат

- не продемонстрував полютантні властивості [40];
- не мав суттєвого токсичного ефекту: тільки найменша його концентрація мала слабку ушкоджуючу дію [65];
- спроможний підвищити енергію пророщення насіння, прискорити ріст проростку і змінити координацію росту органів [41], збільшити кількість листеців у ряски малої [40];
- має видо- і сортоспецифічні біостимулюючі властивості відносно формування проростку у деяких вищих рослин [41].
- володіє певними температуро протекторними властивостями, зокрема, здатний покращувати адаптаційні можливості пшениці озимої при її пророщуванні при низьких позитивних температурах[3], а насіння *A. сера* забезпечило стійке пророщення при коливанні значень цього фактора протягом доби в межах від +25⁰C до +35⁰C [42].

на клітинному рівні препарат:

- не чинив цитотоксичного впливу (навпаки, міг стимулювати проліферацію і ріст клітин)[65].
- не продемонстрував мітозмодифікуючого ефекту[43];

на субклітинному рівні комплекс:

- не володів генотоксичністю, тобто не був мутагенів (УМЕ = 0) [43].

на молекулярному рівні препарат:

- міг викликати стан метаболічного стресу, яке швидше за все відображав розвиток комплексу реакцій не специфічного адаптаційного клітинного синдрому [24], ніж негативний вплив препарату на тест-систему;
- не підвищує рівень каталази в клітинах, що свідчило про відсутність оксидантного стресу і підтверджувало припущення про

розвиток неспецифічних адаптивних процесів в Alliumtest на мінімальне дію фактора середовища (комплексу СЯ)[41];

Наступним етапом дослідження групи М. М. Сидорович стало складання порівняльної характеристики біологічних властивостей спірокарбону та його похідних. Так, моніторингове дослідження комплексу спірокарбону з бурштиною кислотою засобами батареї фітотестів «пророщення насіння пшениці» [4] довело, що:

- препарат на відміну від спірокарбону може регулювати (і гальмувати, і стимулювати) ріст проростку пшениці;
- провідна складова комплексу - бурштинова кислота - спричинює виникнення біостимулюючих властивостей тільки відносно пшениці озимої; ці властивості комплексу більш виражені стосовно колеоптилю (стебла), ніж головного кореню.

Далі ті ж вчені провели порівняльне дослідження біологічних властивостей двох похідних спірокарбону – його комплексів з бурштиною і борною кислотами [21,22]. Узагальнення одержаних даних дозволило ним виокремити загальні і відмінні властивості в двох комплексних сполук спірокарбону. А саме

Загальні властивості:

1. відсутній високий рівень токсичності;
2. мають видоспецифічні біологічні властивості відносно процесу пророщення насіння і росту проростку;
3. притаманні рістрегулюючі властивості: обидва змінюють ріст проростка.

Відмінні властивості:

1. мають різний рівень і різну спрямованість рістрегулюючих властивостей: СБ спроможний і гальмувати, і прискорювати, а СБор тільки гальмувати ростові процеси в проростку;

2. притаманна різна спроможність до біостимуляції ростових процесів; вони притаманні тільки комплексу спірокарбону з бурштиновою кислотою відносно пшениці

Отже, бурштинова кислота більш, ніж борна, сприяє підвищенню рістрегулюючих властивостей похідних спірокарбону. Вказане спричинено певно тим, що вона є природним регулятором росту рослин.

Здійснений огляд літературних першоджерел засвідчив відсутність інформації щодо опису клітинно-молекулярних механізмів, які спричинюють появу або зникнення певних властивостей спірокарбону вразі утворення ним комплексів з іншими хімічними речовинами. Тому характеристика таких механізмів є актуальною для повного розуміння не тільки природи вказаного явища, а і підвищення рівня обґрунтування екологічної безпеки похідних спірокарбону, що мають сільськогосподарське значення.

Аналіз досліджень щодо цитотоксичності та мутагенності комплексу спірокарбону з бурштиновою кислотою засвідчив відсутність інформації про такі самі властивості його складових-спірокарбону і бурштинової кислоти. Її одержання дозволить з'ясувати питання, що є причиною високої екологічної безпеки комплексу, яка доведена в попередніх дослідженнях, як змінюються біологічні властивості вказаних препаратів при утворенні з них комплексної сполуки. Така інформація суттєво розширить опис біологічних властивостей спірокарбону та його похідних.

1.4 Характеристика пшениці озимої як модельної системи

Пшениця озима *Triticum aestivum* L. - вид зернових трав'янистих злаків. Це найбільш широко розповсюджений вид пшениці, вирощується в Європі, Азії, та Індії, Північній і Південній Америці та Австралії [34]. Пшениця в якості модельної системи використовується в дослідженнях з біотестування абіогенних чинників довкілля. В праці Шевченка О. А. та

Кулагіна О. О. використовували даний фітотест для дослідження забрудненості ґрунтів дизельним паливом, був досліджений вплив на лабораторну схожість насіння, відбувалось пригнічення росту паростків пшениці та гальмування розвитку коренів[5]. Для визначення фітотоксичності міських ґрунтів О. М. Шабаліна та Т. Н. Дем'яненко також використовували модельну систему «пшениця озима». Ця методика продемонструвала себе і була рекомендована для фітотестування рівня автотранспортного забруднення та фізичних і фізико-хімічних властивостей міських ґрунтів [52]. Озиму пшеницю як біотест застосовують для дослідження мікробоценозу ґрунту лучної екосистеми в умовах впливу залізничного транспорту, за допомогою цього фітотесту були знайдені порушення мікробоценозу ґрунту приміагістральних екосистем. Ґрунти приміагістральних залізничних екосистем характеризуються зниженим вмістом амоні-фікаторів, мікроміцетів, азотобактера [6]. Колектив дослідників Херсонського державного університету дослідили імунномодулюючу та рістрегулюючу активність синтезованих нітрогеновмісних гетероциклічних сполук на рослинних модельних системах, однією з яких була озима пшениця. За результатами досліджень було припущено, що дводольні рослини (томати) більш чутливі до обробки спірокарбомом та його похідними, ніж однодольні (озима пшениця). Для озимої пшениці, як і для томатів, найбільший вплив досліджувані речовини здійснювали на кореневу систему[45]. Озима пшениця вказана в науковій літературі як біотест під час дослідження дії пестицидів на злакові. За допомогою цієї модельної системи було з'ясовано, що при високому пестицидному навантаженні найбільш поширеним і стійким типом морфозу є "колотівка", тобто збільшення числа колосків на уступі колосового стрижня. Внесення мінеральних добрив може також прямо або побічно призводити до появи морфоз колоса у озимої пшениці (в межах 7% -39% залежно від гідротермічного режиму і виду добрив).

Колосові морфози і фазовий індекс, характеризуючи інтенсивність впливу на рослину агрохімікатів та інших пошкоджуючих факторів, можуть бути успішно використані в якості діагностичної тест-системи [12;46;51]. Д.О. Таран використовував насіння пшениці як біотест для аналізу ґрунтових моделей, що містили різноманітні синтетичні хімічні речовини. Саме дія цих речовин і тестувалася в праці [47]. У дослідженні Смикуна Н.В [44], досліджували колодязну воду с. Кладьківка (Куликівський район Чернігівської області) за проростанням насіння та біометрико-морфометричними показниками проростків (розмір та маса стебла і кореня) рослин родини Poaceae (*Triticum aestivum* L., *Avena sativa* L., *Hordeum vulgare* L.). Відмічено її низьку якість, підтверджену хімічним аналізом. Ефективними показниками якості води виявилась енергія проростання насіння *Triticum aestivum* L. (1-2 доба) та *Hordeum vulgare* L. (3-4 доба), а також розмір стебла паростків *Triticum aestivum* L.

Отже, аналіз наукової літератури засвідчив широке застосування у дослідженнях з фітотестування модельної системи «пшениця озима». Проте аспекти дії спірокарбону та його похідних вивчено не достатню детально. Отже, ґрунтове вивчення цього питання на сьогодні є актуальним.

РОЗДІЛ 2
ХАРАКТЕРИСТИКА РІСТРЕГУЛЮЮЧИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ
ПОХІДНИХ СПІРОКАРБОНУ ЗАСОБАМИ
ФІТОТЕСТУ «ПРОРОЩЕНЕ НАСІННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ
***TRITICUM AESTIVUM L.*»**

2.1 Матеріали і методи досліджень

У дослідженні використали насіння пшениці озимої *Triticum aestivum L.*

Постановка експерименту.

Насіння пшениці озимої *Triticum aestivum L.*, що пророщене в чашках Петрі. Відраховали по 50 насінин пшениці для кожної чашки Петрі, які зав'язали в марлевий мішечок і замочили в дистильованій воді і розчинах спірокарбону (С) та борній кислоті (Бор) та комплексів з'єднання спірокарбону з бурштиною кислотою (СБ) та спірокарбону з борною кислотою (СБор) у концентраціях $10^{-2}, 10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-5}, 10^{-6}, 10^{-7}$ моль/дм³ на одну добу. Після цього кожен порцію насінин розклали на зволожувальний фільтрувальний папір в чашки Петрі так, щоб кожна насінина лежала окремо. Кожний варіант експерименту пророщували в 3-х чашках Петрі (С та СБ) та 4 чашках Петрі (СБ та Б), впродовж 2-х діб при $t=26^{\circ}\text{C}$. Експеримент закривали на 3-ю добу пророщення. В кожному варіанті визначали значення енергії пророщення (ЕП), довжини стебла (Лст.), довжини головного кореня (Лкор.), довжина додаткових коренів (Лд.кор.), відношення довжини стебла до додаткового кореня (Лст./Лд.кор.), відношення довжини головного кореня до додаткового (Лг.кор./Лд.кор.) і відношення довжини стебла до головного кореня (Лст./Л г.кор.)

Насіння пшениці озимої *Triticum aestivum L.*, що пророщене на плаваючих дисках. Відраховали по 10 насінин пшениці озимої для кожного стаканчика, які зав'язали в марлевий мішечок і замочили в дистильованій воді і розчині спірокарбону (С) та комплекси

спірокарбону з бурштиною кислотою (СБ) у концентрації 10^{-2} моль/дм³ на одну добу. Після цього кожен порцію насіння розклали на плаваючий диск, щоб кожна насінина лежала окремо. Кожний варіант експерименту пророщували в 5 кратній повторюваності, впродовж 3-х діб, при 6-8 год. освітленні. Експеримент закривали на 6-ту добу пророщення. В кожному варіанті визначали біометричні показники: довжину стебла (Lст.), довжину кореня (Lкор.), а також визначили вміст хлорофілу фотоелектроколориметричним шляхом.

Методика визначення протекторних властивостей комплексу похідного спірокарбону щодо дії промислової стічної води засобами фітотесту «пророщене насіння пшениці озимої на плаваючих дисках»

Спочатку насіння пшениці озимої замочують відповідно методики вказаної вище. Після того, як пшениця озима проросла впродовж 3 діб на дистильованій воді, проростки поділили на 2 групи: експериментальну та контрольну. Проростки експериментальної групи переносять у промислову стічну воду, у ній пшениця знаходиться ще 3 доби. Проростки контрольної групи продовжують рости до 6-ї доби у дистильованій воді. Протягом всього експерименту кожної доби проводиться візуальне спостереження та заміри біометричних показників стебла та кореня, які вказані у попередній методиці. По закінченню досліду проводиться статистична обробка кількісних даних, за результатами якої вже можна підтвердити або спростувати наявність протекторних властивостей у комплексі похідного спірокарбону за дії промислової стічної води.

Дослідження в даній експериментальній роботі проводились на 6 варіантах: варіант А – Стічна вода; варіант Б – С+стічна вода; варіант В- СБ + стічна вода; варіант Г – дист. вода+дист. вода; варіант Д- С+ дист вода; варіант Е – СБ+ дист вода.

Визначення вмісту хлорофілу фотоелектроколориметричним методом.

Спочатку необхідно приготувати розчин Гьонтрі. Для цього 1г $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ розчиняють у воді, доводять у мірній колбі до 100 мл. Або 2г $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ розчиняють так само, у воді та доводять у мірній колбі до 100 мл.

У мірну колбу на 100 мл беруть суміш приготованих розчинів мідного купоросу 28,5 мл, двухромовоокислового калію 50 мл. Обережно додають аміак до отримання яскраво-зеленого забарвлення. Розчин доводять водою до риси, перемішують і переливають в чисту суху склянку з притертою пробкою. Його можна зберігати тривалий час.

Далі необхідно підготувати рослинний матеріал.

- для цього завчасно проростили пшеницю озиму, кожен варіант був в 5 кратній повторності;
- проростки пшениці переносили на фільтрувальний папір для максимального підсушування рослин кожного варіанту;
- кожен варіант на фільтрувальному папері зважували на електротерезах;
- вагу кожного варіанту доводили до однакового значення;
- проростки кожного варіанту ретельно розтирали в ступці з невеликою кількістю 96° спирту (2-3мл), який додають поступово у ході розтирання;
- отриманий зелений розчин обережно фільтрували до мірної колби (об`ємом 25мл) крізь воронку з фільтром;
- хлорофіл екстрагували з проростків до повного вивільнення з них пігменту;
- об`єм витяжки у мірній колбі доливали 96° спиртом до 25мл;
- обережно перевертали вміст колби, закривши великим пальцем її отвір і збовтали;
- розчин з досліджуваної колби наливали в кювети до мітки, в іншу додавали розчин Гьонтрі;

- поміщали кювети до ФЕКу та здійснювали заміри, повторюючи їх 3 рази для кожного варіанту. Після цього обчислювали їх середнє значення;
- результати вимірів занотовували та обчислювали концентрацію хлорофілу за формулою:

$$C = \frac{C_1 * E_1}{E}$$

де, C_1 – концентрація стандартного розчину (85 мг на 1 л);

E – щільність досліджуваного розчину (обчислюється по барабану приладу);

E_1 – щільність стандартного розчину (обчислюється по барабану приладу перед початком виміру);

Послідовність роботи на ФЕКу:

1. Прилад необхідно ввімкнути за 25-30 хв до початку роботи, для того щоб система встигла прогрітись;
обидві шкали повинні стояти на 0 по червоній шкалі;
2. Встановити світлофільтр ручкою 1 в положення 1 (червоний світлофільтр);
3. В лівий тримач помістити кювету с розчином (96° спирт), в правий – розчин Гьонтрі;
4. Лівий промінь(лівий тримач) на кювету з розчином, права кювета залишається по за межами променю;
5. Двома барабанами(лівим та правим) встановлюємо червону відмітку на 0(верхні), на амперметрі також встановлюємо 0 (якщо на амперметрі 0 не встановлюється, то ручками 2 його встановлюємо);
6. Переводимо барабаном 3 ліву кювету з хлорофілом в промінь (праву кювету не чіпаємо);
7. Лівим барабаном встановлюємо 0 на амперметрі;

8. Записуємо значення з лівої червоної шкали, це значення щільності хлорофілу лівий барабан не чіпати, працювати лише з правим барабаном);
9. Змінюємо в правій кюветі розчин хлорофілу на експериментальний розчин и повторюємо пункти 6-7;
10. Записуємо значення з лівої шкали, це значення щільності досліджуваного розчину;
11. Тричі проводимо вимірювання , при цьому промінь не закриваємо, лівим барабаном значення ставимо на 0;
12. По формулі вираховуємо концентрацію хлорофілу;

Статистична обробка кількісних даних

Кількісні дані одержані на репрезентативних об'ємах вибірок з $p=0,07$.

1. Середнє значення кількісних параметрів обчислили за загальною формулою $\bar{x} \pm t_{st} * S_{\bar{x}}$, де

- а) \bar{x} - середнє значення;
- б) t_{st} - значення t- критерію Ст'юдента;
- в) $S_{\bar{x}}$ - середнє квадратичне відхилення, яке розраховується за формулою

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum \Delta x_c^2}{n(n-1)}}$$

2. Визначення достовірності відмінностей між двома вибірками за середніми значеннями робили за формулою:

$$t_{екс} = \frac{|\bar{x}_{ср1} - \bar{x}_{ср2}|}{\sqrt{Sx_1^2 + Sx_2^2}}$$

$t_{екс} \geq t_{st}$ відмінності достовірні між 2 вибірками

$t_{екс} < t_{st}$ - відмінності не достовірні,

$t_{st} = 1,98$ при $n > 61$;

$t_{st} = 1,96$ при $n > 121$;

$t_{st} = 2,31$ при $n=8$ з $p=0,07$.

2.2 Комплекс спірокарбону з бурштиною кислотою та його складові

У таблиці 2.1 та 2.2 наведені узагальнені данні моніторингу ростових показників проростків пшениці озимої *Triticum aestivum L.*, що сформовані в спектрі концентрації спірокарбону і комплексу спірокарбону з бурштиною кислотою.

Таблиця 2.1

Динаміка показників пророщеного насіння *Triticum aestivum L.* обробленого розчинами спірокарбону і комплексу спірокарбону з бурштиною кислотою

Варіанти	V вибірки		ЕП	
	С	СБ	С	СБ
контроль	143	143	95±6	95±6
-7	132	142	88±35	95±8
-6	138	138	92±11	92±13
-5	123	129	82±23	86±11
-4	124	131	83±31	87±8
-3	129	141	86±22	94±11
-2	140	104	93±12	69±28

*достовірно відрізняється від контролю з $p=0,05$

Таблиця 2.1 містить узагальнені дані та результати їх статистичної обробки. Ці дані свідчать, що поєднання спірокарбону з бурштиною кислотою складі комплексу не сприяє достовірній зміні значень ЕП. Таким чином його дія на процес пророщення насіння фітотесту не змінюється. Отже, утворення комплексу **СБ** не спричинює в змін дії на пророщення насіння пшениці.

Таблиця 2.2 містить результати моніторингу ростових показників проростка фітотесту за дії спектру концентрацій **С** і **СБ**. Аналіз її даних засвідчив, що **С** має вплив на ростові показники головного кореня, рістостимулюючий вплив чітко простежується в концентраціях

$10^{-7}, 10^{-6}, 10^{-5}, 10^{-2}$ моль/дм³. Аналогічний вплив спостерігається на ріст додаткового кореня. Його стимуляцію чинять концентрації $10^{-7}, 10^{-6}, 10^{-5}, 10^{-3}, 10^{-2}$ моль/дм³. Вплив на ріст стебла також має місце. П'ять концентрацій його змінюють: 4- стимулюють, а 1- гальмує цей процес.

Стосовно впливу комплексу **СБ** то проаналізувавши таблицю видно, що комплекс **СБ** має вплив на ростові показники головного кореня, але напрямок впливу дещо не однозначний, концентрації $10^{-5}, 10^{-4}$ моль/дм³ є рістостимулюючими, а концентрації $10^{-3}, 10^{-2}$ моль/дм³ – рістоінгубуючими. Аналогічний вплив простежується на ріст додаткового кореня, 2 концентрації є рістостимулюючі, а інші 2 концентрації – рістоінгубуючі. Вплив на ріст стебла відповідно теж присутній, його чинять п'ять концентрацій: 4-стимулюють, а 1-гальмує.

Порівняння впливу **С** та **СБ** на кожний різновид росту проростку засвідчило, що **С** та **СБ** має вплив на ростові показники головного кореня, кількість концентрацій, що чинять вплив теж однакова, але напрямок їх дії дещо різняться: **С** чинить лише рістостимулюючу дію, а **СБ** чинить дію в обох напрямках, як рістостимулюючу так і рістоінгубуючу, особливо це гарно помітно у концентрації 10^{-2} моль/дм³. **С** та **СБ** впливає на ростові показники додаткового кореня, кількість значимих концентрацій різна, у **С** їх 5, у **СБ** їх лише 4, майже всі концентрації діють як рістостимулюючі, окрім концентрації 10^{-2} моль/дм³ яка у якості комплексу **СБ** діє як рістоінгубуюча. **С** та **СБ** відповідно чинить вплив на ростові процеси стебла, кількість значимих концентрацій однакова, напрямок впливу загалом не змінився, переважають рістостимулюючі концентрації, але є концентрації, що справляють рістоінгубуючий вплив.

Таблиця 2.2

Динаміка біометричних показників насіння *Triticum aestivum* L. обробленого розчинами спірокарбону і комплексу спірокарбону з бурштиною кислотою.

Варіант	Ростові процеси					
	Л г.корінь		Л д. корінь		Л стебло	
	С	СБ	С	СБ	С	СБ
контроль	26,66±1,67	26,66±4,01	24,43±1,03*	24,43±1,03	10,86±0,53*	10,86±0,53
10 ⁻⁷ моль/дм ³	31,51±1,81*	28,65±1,47	27,79±1,53	25,66±0,93	12,30±0,79*	11,77±0,51*
10 ⁻⁶ моль/дм ³	30,63±1,64*	27,88±1,79	30,00±1,17*	26,86±1,01*	12,93±0,80*	11,99±0,59*
10 ⁻⁵ моль/дм ³	29,5±1,70*	30,26±1,76*	28,45±1,16*	26,57±1,19*	10,13±1,02	13,15±0,68*
10 ⁻⁴ моль/дм ³	28,08±1,97	29,18±1,52*	26,14±1,64	28,4±0,99*	12,75±0,73*	12,96±0,65*
10 ⁻³ моль/дм ³	27,38 ±1,82	24,48±1,31*	29,67±1,38*	23,52±0,97	13,67±0,95*	11,25±0,45
10 ⁻² моль/дм ³	30,16±1,47*	20,04±1,63*	29,27±1,06*	18,84±1,22*	9,74±0,69*	9,63±0,87*

*достовірно відрізняється від контролю з $p=0,05$

Отже, утворення комплексної сполуки з **С** і **Б** призводить до змін рістрегулюючих властивостей спірокарбону. Вони знижують вираженість тільки напрямі в дії препарату: всі впливові концентрації **С** - рістостимулюючи, а **СБ** має ще і рістоінгібуючи концентрації.

Таблиця 2.3 містить результати моніторингу показників координації росту органів проростків пшениці за дії **С** і комплексу **СБ** і як свідчить ця таблиця:

С має вплив на координацію росту $L_{ст}/L_{г.к}$, рістостимулюючий вплив чинять концентрації 10^{-5} та 10^{-2} моль/дм³. Вплив на координацію росту $L_{ст}/L_{д.к}$ теж має місце, напрямок дії їх не однозначний: 2 концентрації діють як рістостимулюючі, а 1 чинить рістоінгібуючу дію. Також **С** має вплив на координацію росту $L_{г.к}/L_{д.к}$, вплив чинять $10^{-7}, 10^{-6}, 10^{-5}, 10^{-2}$ моль/дм³, всі є рістостимулюючими.

Стосовно впливу комплексу **СБ**, то аналіз таблиці свідчить про наступне. **СБ** не має впливу на координацію росту $L_{ст}/L_{г.к}$. Але має вплив на координацію росту $L_{ст}/L_{д.к}$, цей вплив простежується в концентраціях $10^{-5}, 10^{-3}, 10^{-2}$ моль/дм³, всі діють як рістостимулюючі.

Комплекс чинить вплив на координацію росту $L_{г.к}/L_{д.к}$, він простежується в концентраціях як $10^{-7}, 10^{-6}, 10^{-5}, 10^{-4}, 10^{-3}$ моль/дм³, всі є рістостимулюючими.

Порівняльний аналіз впливу дії **С** та комплексу **СБ** на координацію росту проростків пшениці, доводить, що спірокарбон у складі комплексу повністю втрачає дію на процес координації росту щодо $L_{ст}/L_{г.к}$. Водночас він у складі комплексу здатен змінювати напрям впливу, щодо $L_{ст}/L_{д.к}$. За дії **СБ** спостерігається тільки посилення росту стебла відносно додаткових коренів, в той самий час як **С** може ще і гальмувати вказаний процес. У складі комплексу спірокарбон збільшує кількість впливових концентрації щодо $L_{г.к}/L_{д.к}$ порівняно з **С**.

Таблиця 2.3

Динаміка співвідношення координації росту проростків *Triticum aestivum* L. за дії спірокарбону та його комплексу з бурштиноювою кислотою

Варіант	Співвідношення ростових процесів					
	Лст/Лг.к		Лст/Лд.к		Лг.к/Лд.к	
	С	СБ	С	СБ	С	СБ
контроль	0,56±0,14	0,56±0,14	0,46±0,02	0,46±0,02	0,95±0,09	0,95±0,09
10 ⁻⁷ моль/дм ³	0,46±0,06	0,45±0,03	0,48±0,04	0,47±0,02	1,24±0,11*	1,15±0,06*
10 ⁻⁶ моль/дм ³	0,72±0,44	0,52±0,06	0,47±0,08	0,46±0,03	1,09±0,10*	1,08±0,08*
10 ⁻⁵ моль/дм ³	0,40±0,06*	0,53±0,07	0,36±0,03*	0,52±0,03*	1,09±0,08*	1,23±0,10*
10 ⁻⁴ моль/дм ³	0,54±0,05	0,54±0,09	0,60±0,10*	0,46±0,02	1,46±0,55	1,06±0,06*
10 ⁻³ моль/дм ³	0,64±0,10	0,54±0,06	0,49±0,04	0,51±0,03*	0,99±0,09	1,13±0,08*
10 ⁻² моль/дм ³	0,34±0,02*	0,60±0,11	0,36±0,04*	0,55±0,06*	1,14±0,15*	0,87±0,08

*достовірно відрізняється від контролю з $p=0,05$

Отже, одержані дані свідчать, що приєднання бурштинової кислоти до спірокарбону в складі комплексної речовини сприяє зміні характеру та напрямку його дії на процес координації росту органів проростку пшениці озимої.

2.3 Комплекс спірокарбону з борною кислотою та його складові

У таблиці 2.4 та 2.5 наведені узагальнені данні моніторингу ростових показників проростків пшениці озимої *Triticum aestivum L.*, що сформовані в спектрі концентрації розчину борної кислоти і комплексу спірокарбону з борною кислотою.

Таблиця 2.4

Динаміка показників пророщеного насіння *Triticum aestivum L.* обробленого розчинами борної кислоти і комплексу спірокарбону з борною кислотою.

Варіанти	V вибірки		ЕП	
	Бор	СБор	Бор	СБор
контроль	188	188	94±5	94±5
-7	171	176	85±5*	88±22
-6	178	180	89±9	90±10
-5	180	171	90±12	85±17
-4	181	174	90±6	87±22
-3	186	173	93±5	86±14
-2	183	188	93±14	92±8

*достовірно відрізняється від контролю з $p=0,05$

Таблиця 2.4 містить узагальнені дані та результати їх статистичної обробки. Аналіз таблиці свідчить, що розчин борної кислоти має одну значиму концентрацію 10^{-7} моль/дм³, а його поєднання у комплексі зі спірокарбоном сприяє повній відсутності значимих концентрації. Ця

єдина значима концентрація чинить рістоінгібуючу дію. Також у таблиці чітко простежується, що поєднання С з борною кислотою у складі комплексу не сприяє достовірній зміні значень ЕП, тобто не впливає на процес пророщення насіння фітотесту. На відміну від розчину борної кислоти, яка частково сприяє достовірній зміні значень ЕП. Отже, утворення комплексу **СБор** не спричинює змін дії на пророщення насіння пшениці, а розчин чистої борної кислоти частково впливає на процес пророщення насіння фітотесту.

Таблиця 2.5 містить результати моніторингу ростових показників проростка фіто тесту за дії спектру концентрації **СБор** і **Бор**. Аналіз яких засвідчи, що **Бор** має вплив на ростові процеси показники головного кореня, рістостимулюючий вплив чітко простежується в концентраціях $10^{-6}, 10^{-5}, 10^{-4}, 10^{-3}, 10^{-2}$ моль/дм³. Аналогічний вплив спостерігається на ріст додаткового кореня. Його чинять концентрації $10^{-7}, 10^{-6}, 10^{-5}, 10^{-4}, 10^{-3}$ моль/дм³. Також є вплив на ріст стебла, він також є рістостимулюючим, його чинять концентрації $10^{-7}, 10^{-6}, 10^{-5}, 10^{-4}$ моль/дм³. Стосовно впливу комплексу **СБор** то проаналізувавши таблицю видно, що комплекс **СБор** має вплив на ростові показники головного кореня, він простежується в концентраціях $10^{-7}, 10^{-5}, 10^{-4}, 10^{-2}$ моль/дм³, всі вони є рістостимулюючими. Вплив на ростові процеси додаткового кореня теж має місце, але напрямок дії дещо не однозначний: 2 концентрації діють як рістостимулюючі, а 1 як рістоінгібуюча. Дія на ростові процеси стебла аналогічна дії на головний корінь, 4 концентрації є рістостимулюючими.

Таблиця 2.5

Динаміка біометричних показників насіння *Triticum aestivum* L. обробленого розчинами борної кислоти і комплексу спірокарбону з борною кислотою.

Варіант	Ростові процеси					
	L г.корінь		L д. корінь		L стебло	
	Бор	СБор	Бор	СБор	Бор	СБор
контроль	25,37±1,28	25,37±1,28	26,29±1,04	26,29±1,04	10,04±0,81	10,04±0,81
10 ⁻⁷ моль/дм ³	26,95±1,63	29,68±1,55*	30,16±1,16*	27,30±1,16	12,38±0,74*	12,39±0,64*
10 ⁻⁶ моль/дм ³	31,71±1,95*	25,36±1,59	28,71±1,47*	26,81±1,12	12,93±0,79*	10,67±0,81
10 ⁻⁵ моль/дм ³	30,08±1,99*	29,07±1,57*	31,10±1,52*	28,52±1,26*	12,15±0,89*	12,40±0,85*
10 ⁻⁴ моль/дм ³	30,91±1,82*	27,80±1,47*	29,77±1,35*	28,32±1,03*	12,38±1,79*	12,33±0,73*
10 ⁻³ моль/дм ³	29,57±1,57*	26,42±1,59	29,83±1,10*	27,22±1,26	10,71±0,65	11,24±0,80*
10 ⁻² моль/дм ³	29,16±1,52*	27,16±1,25*	25,71±1,14	23,32±1,18*	9,33±0,70	9,27±0,56

*достовірно відрізняється від контролю з $p=0,05$

Порівняння впливу **Бор** та **СБор** на кожний різновид росту проростку засвідчило, що **Бор** та **СБор** має вплив на ростові показники головного кореня, кількість концентрацій, що чинять вплив дещо різняться, але напрямок їх дії однаковий. **Бор** та **СБор** впливають на ростові показники додаткового кореня, кількість значимих концентрації різна, у **Бор** їх 5, у **СБор** їх 3, всі концентрації діють як рістостимулюючі, окрім 10^{-2} моль/дм³ яка у якості комплексу **СБор** діє як рістоінгібуюча. Бор та СБор також чинять вплив на ростові процеси стебла, кількість значимих концентрації однакова та напрямок їх впливу теж, всі є рістостимулюючими.

Отже, утворення комплексної сполуки **С** і **Бор** призводить до певних змін рістрегулюючих властивостей спірокарбону. За дії розчину **Бор** всі концентрації є рістостимулюючими, а за дії комплексу **СБор** окрім рістостимулюючих присутня і одна рістоінгібуюча; стосовно росту головного кореня комплекс має менше впливових концентрацій.

Таблиця 2.6 містить результати моніторингу показників координації росту органів проростків пшениці за дії **Бор** і комплексу **СБ**. Як свідчить ця таблиця: **Бор** має вплив на координацію росту Lст. відносно Lг.к, вплив чинить лише концентрація 10^{-2} моль/дм³ і вона є рістінгібуючою. Вплив на координацію росту Lст відносно Lд.к теж має місце, значимою є концентрація 10^{-6} моль/дм³ вона є рістостимулюючою. Також **Бор** має вплив на координацію росту Lг.к відносно Lд.к, вплив простежується в концентраціях $10^{-6}, 10^{-2}$ моль/дм³, всі є рістостимулюючими.

Стосовно впливу комплексу **СБор**, то аналіз таблиці свідчить про наступне. **СБор** має вплив на координацію росту Lст відносно Lг.к. Вплив простежується лише в концентрації 10^{-2} моль/дм³, вона є рістостимулюючою. Вплив на координацію росту Lст. відносно Lд.к. теж має місце, всі 4 концентрації діють як рістостимулюючі.

Таблиця 2.6

Динаміка співвідношення координації росту проростків *Triticum aestivum* L. за дії борної кислоти та комплексу спірокарбону з борною кислотою

Варіант	Співвідношення ростових процесів					
	Лст/Лг.к		Лст/Лд.к		Лг.к/Лд.к	
	Бор	СБор	Бор	СБор	Бор	СБор
контроль	0,46±0,07	0,46±0,07	0,39±0,03	0,39±0,03	1,02±0,06	1,02±0,06
10 ⁻⁷ моль/дм ³	0,55±0,07	0,47±0,04	0,42±0,02	0,48±0,03*	0,93±0,07	1,16±0,09*
10 ⁻⁶ моль/дм ³	0,48±0,05	0,58±0,13	0,50±0,05*	0,40±0,03	1,25±0,13*	1±0,08
10 ⁻⁵ моль/дм ³	0,53±0,15	0,50±0,07	0,41±0,03	0,46±0,04*	1,02±0,08	1,10±0,08
10 ⁻⁴ моль/дм ³	0,51±0,12	0,49±0,04	0,43±0,03	0,45±0,03*	1,12±0,09	1,03±0,07
10 ⁻³ моль/дм ³	0,41±0,03	0,53±0,09	0,38±0,03	0,44±0,03*	1,08±0,10	1,06±0,09
10 ⁻² моль/дм ³	0,34±0,03*	0,35±0,02*	0,37±0,03	0,44±0,05	1,18±0,08*	1,28±0,10*

*достовірно

відрізняється від контролю з $p=0,05$

Аналогічний вплив на координацію росту Лг.к. відносно Лд.к, концентрації 10^{-7} та 10^{-2} моль/дм³ є рістостимулюючими.

Проаналізувавши вплив дії **Бор** та комплексу **СБор** на координацію росту проростків пшениці, можна стверджувати, що спірокарбон у складі комплексу с борною кислотою не отримує посилення дії на координацію росту щодо Лст. відносно Лг.к. Спірокарбон у складі комплексу здатен збільшувати кількість впливових концентрацій, щодо Лст відносно Лд.к порівняно з **Бор**. У складі комплексу спірокарбон не збільшує кількість впливових концентрацій щодо Лг.к відносно Лд.к.

Отже, порівняльний аналіз моніторингу дії борної кислоти дії її у складі комплексу довів, що її об'єднання в ньому зі спірокарбоном призвело : тільки до змін кількості значущих концентрацій. Напрямок їх дії не зазнав змін. Таким чином бурштинова кислота більш змінює біологічні властивості спірокарбону, ніж борна. Вказане певно пов'язане з тим, що перша речовина є природним фітогормоном.

РОЗДІЛ 3
ФІТОТЕСТУВАННЯ ПРОТЕКТОРНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ
СПІРОКАРБОНУ ТА ЙОГО ПОХІДНИХ СТОСОВНО
ПРОМИСЛОВОЇ СТИЧНОЇ ВОДИ

3.1 Візуальні спостереження

Для з'ясування наявності протекторних властивостей в комплексі спірокарбону з бурштиною кислотою та його складових провели окреме дослідження з використанням «насіння пшениці озимої, що пророщене на плаваючих дисках». Воно містило 6 варіантів, які умовно поділили на 2 частини: експериментальну та контрольну групи. Детальна характеристика цих варіантів наведена в таблиці 3.1

Таблиця 3.1

Складові компоненти варіантів на яких вирощували пшеницю озиму на плаваючих дисках

Варіант (умовне позначення)	Складові
Експериментальна група	
А (Ст)	Стічна вода
Б (С+Ст)	Спірокарбон+ стічна вода
В (СБ+Ст)	Комплекс спірокарбону з бурштиною кислотою + стічна вода
Контрольна група	
Г (Д+Д)	Дист. вода + дист. вода
Д (С+Д)	Спірокарбон+ дист.вода
Е (СБ+Д)	Комплекс спірокарбону з бурштиною кислотою + дист. вода

У таблиці 3.1 наведені складові компоненти всіх варіантів обох груп на яких пророщували пшеницю озиму на плаваючих дисках. З таблиці видно, що до експериментальної групи відносять варіанти А. Б. В.

Варіант А містить у своєму складі лише промислову стічну вода. Варіант Б складається вже з кількох компонентів , це спірокарбон та стічна вода. Варіант В містить у складі вже комплекс спірокарбону з бурштиною кислотою та стічну воду. До контрольної групи увійшли варіанти Г, Д, Е. Варіант Г складається лише с дистильованої води. Варіант Д містить такі компоненти як спірокарбон та дистильовану воду. Варіант Е складається з комплексу спірокарбону з бурштиною кислотою та дистильованої води.

При проведенні дослідної роботи щодня візуально спостерігали за процесом формування рослин на плаваючих дисках та поетапно його фотографували.

На рисунку 3.1 зображений початок експерименту, де насіння розклали на плаваючі диски та поставили до освітлювального приладу «ФЛОРИ».

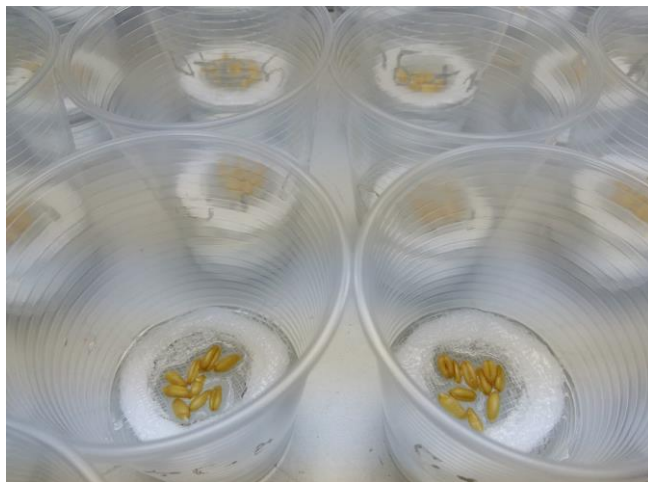


Рис.3.1.Фітотест на початку експерименту (0 доб)

Рисунок 3.2-3.4 містить проростки, які з 1-ї по 3-ю добу пророщували на дистильованій воді з одночасними спостереженнями за темпами росту рослин.



Рис 3.2 Проростки, що сформовані на дистильованій воді (1 доб)

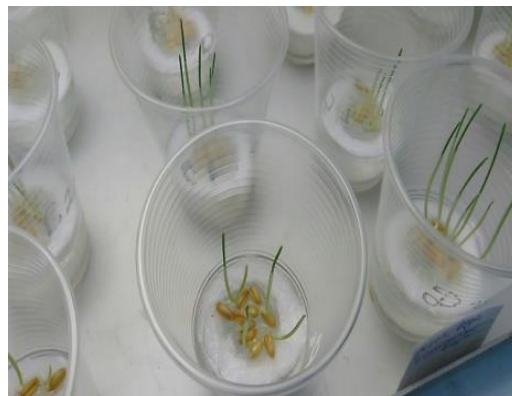


Рис 3.3.Проростки, що сформовані на дистильованій воді (2 доб)



Рис 3.4.Проростки, що сформовані на дистильованій воді (3 доб)

Після 3-ї доби згідно методики визначення протекторних властивостей стаканчики з рослинами поділили на дві групи: експериментальну та контрольну. На рисунку 3.5 подано загальне зображення динаміки росту рослин цих груп (3 рядки ліворуч експериментальна, інші праворуч – контрольна групи) з 4 по 6 добу вирощування.



**Рис 3.5. Рослини на 4-6 добу вирощення на плаваючих дисках
(А- 4; Б-5; В-6 доба)**

Візуальні спостереження не демонструють суттєвого впливу антропогенного чинника на стебла рослин. З'ясування аналогічного впливу на їх кореневу систему дозволяє рисунку 3.6. Він містить порівняння окремих рослин між собою з експериментальної та контрольної груп у проміжок часу вирощування з 4 по 6 добу.

Експериментальна група Контроль група

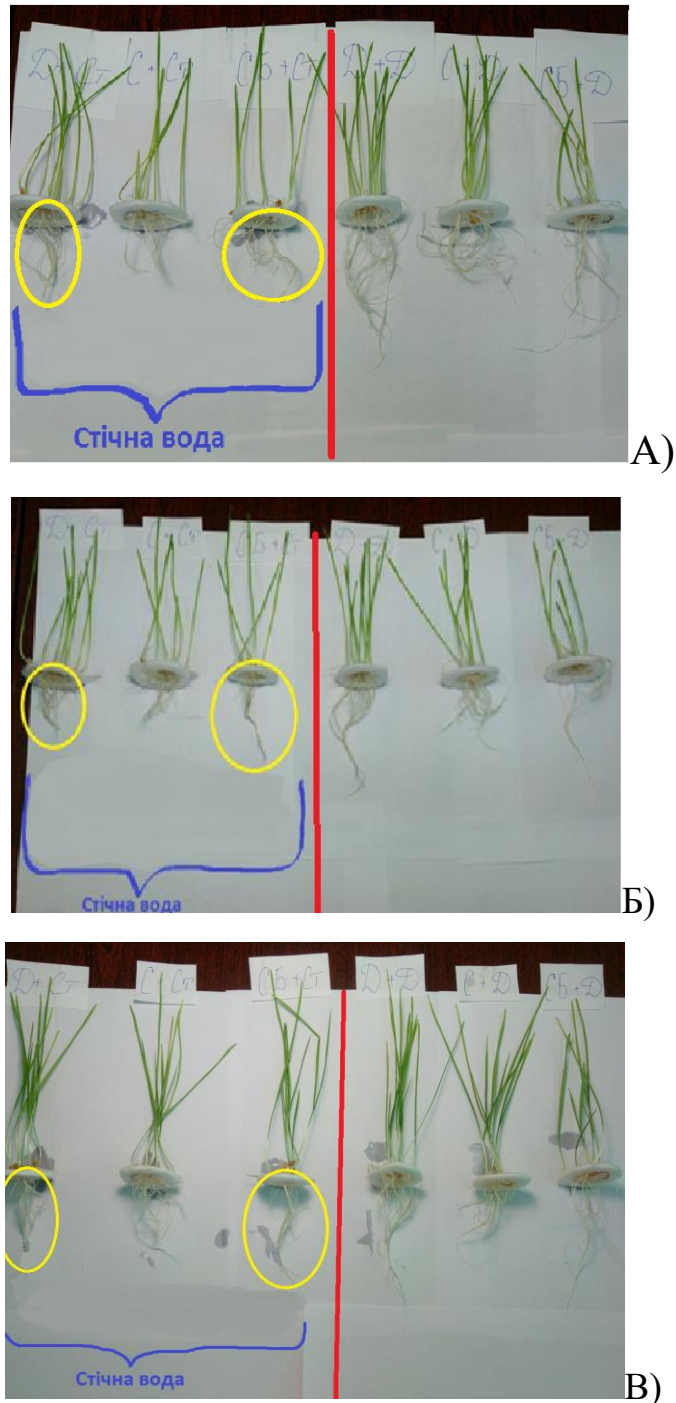


Рис 3.6. Порівняння візуальних спостережень за динамікою росту окремих рослин (А- 4; Б- 5;В – 6 доба)

Аналіз порівняльних візуальних спостережень дає можливість побачити, що у експериментальній групі комплекс спірокарбону з бурштиновою кислотою забезпечує кращий ріст кореня порівняно з дією тільки стічної води. Також візуальні спостереження засвідчують, що комплекс спірокарбону з бурштиновою кислотою забезпечує ріст кореня у стічній воді на “ нормальному ” рівні, тобто майже так само як в контрольній групі. Спірокарбон на відміну від комплексу таких властивостей не виявив. Візуально видно, що вплив на ріст кореня за дії спірокарбону в обох групах практично однаковий. Крім того за візуальними спостереженнями видно, що обидва препарати не захистили ріст стебла в умовах дії промислової стічної води.

Таким чином візуальні спостереження щодо рослин пшениці озимої дали можливість засвідчити, що спірокарбон у комплексі з бурштиновою кислотою забезпечує ріст кореня у стічній воді на рівні контролю.

Отже, синтетичному регулятору росту - комплексу спірокарбону з бурштиновою кислотою за візуальними спостереженнями притаманні протекторні властивості щодо росту кореню пшениці озимої в умовах дії промислової стічної води. Для ґрунтового доведення висновків вказаних спостережень, далі здійснили моніторинг біометричних показників дорослих рослин пшениці озимої у експериментальних умовах.

3.2 Динаміка біометричних показників

У таблицях 3.2 та 3.3 наведені узагальнені данні моніторингу ростових показників стеблів та коренів пшениці озимої *Triticum aestivum* L, які вирощені у різних умовах.

Таблиця 3.2 містить результати моніторингу ростових показників стебла, що сформовані за дії спірокарбону та комплексу спірокарбону з бурштиновою кислотою у стічній воді. Аналіз таблиці доводить, що обчислення значень критерію Стьюдента засвідчили, що ріст стебла з 1 по

6 добу у стічній воді суттєвих змін не зазнає. Тобто стічна вода не чинить вплив на ріст стебла.

Також данні таблиці доводять, що спірокарбон в умовах дії стічної води не проявляє рісторегулюючі властивості на відношенню до стебла. Тобто спірокарбон у поєднанні зі стічною водою ніякого впливу на ріст стебла не чинить. Виключення склав спірокарбон у поєднанні з бурштиною кислотою в умовах дії стічної води. За результатами моніторингу видно, що поєднання цих компонентів чинить істотний вплив на ріст стебла на 6 добу. Це в свою чергу підтверджує наявність протекторних властивостей у данному комплексі. Вони можуть виникати як захисні чинники від антропогенного впливу.

Провівши більш детальне порівняння даних таблиці видно, що поєднання спірокарбону з стічною водою на жодну з діб пророщення не сприяло появленню протекторних властивостей. Аналогічний результат був і в поєднання спірокарбону з бурштиною кислотою з 1 по 5 добу пророщення. Виключення становила лише 6 доба. Саме тоді дуже яскраво проявились протекторні властивості.

Детальна статистична обробка даних підтвердила, що об'єднання комплексу спірокарбону з бурштиною кислотою в умовах дії стічної води забезпечує ріст стебла на рівні контролю, до того ж навіть перевищує контрольний результат.

Отже, оброблення насіння комплексом спірокарбону з бурштиною кислотою і спірокарбоном в умовах дії промислової стічної води не проявили рісторегулюючі властивості стосовно вказаного органа. Виключення становить лише 6 доба вирощування: комплекс спірокарбону з бурштиною кислотою в умовах дії стічної води покращує ріст стебла порівняно з відповідним варіантом контрольної групи. Таким чином, спірокарбон у складі комплексу з бурштиною кислотою набуває протекторні властивості стосовно дії промислової стічної води.

Детальний аналіз динаміки ростових показників кореня в аналогічних умовах не тільки підтвердив вказане, а і конкретизував нові біологічні властивості похідних спірокарбону.

Таблиця 3.3 містить результати моніторингу ростових показників коренів, що сформовані в експериментальних умовах за дії стічної води.

Проаналізувавши таблицю видно, що стічна вода суттєво впливає на ріст кореня дорослої рослини, а саме вона гальмує її ріст. Дані таблиці підтверджують, що гальмуючий вплив на 1 добу ніяким чином не проявив, а вже починаючи з 2 доби і до кінця пророщення цей вплив остаточно проявив себе.

Також дані таблиці доводять, що спірокарбон в умовах дії стічної води чинить вплив на ріст кореня. Цей вплив має рістостимулюючий напрям. Що в свою чергу свідчить про наявність протекторних властивостей. Стосовно впливу комплексу спірокарбону з бурштиною кислотою, то данні таблиці засвідчили наявність аналогічного впливу на ріст органу. Що також підтверджує наявність протекторних властивостей.

Динаміка виникнення протекторних властивостей у спірокарбону та його комплексу з бурштиною кислотою подібна. З 1 по 3 добу протекторні властивості себе ніяким чином не проявили, але з 4 по 6 добу данна властивість була дуже сильно помітна у обох варіантах експериментальної групи.

Детальна статистична обробка даних показала, що спірокарбон за умови дії стічної води не забезпечують ріст органу на контрольному рівні.

Отже, спірокарбон та його похідна з бурштиною кислотою у поєднанні з стічною водою проявили рістостимулюючі властивості стосовно кореня пшениці озимої на 5 та 6 добу вирощування. Таким чином спірокарбон та його комплекс з бурштиною кислотою набувають протекторні властивості стосовно дії промислової стічної води.

Таблиця 3.2

Динаміка ростових показників стебла рослин *Triticum aestivum* L. обробленого розчинами спірокарбону та комплексу спірокарбону з бурштиновою кислотою, пророщеного на стічній воді

Доба	Варіант, ростовий показник					
	Експериментальна група			Контрольна група		
	Ст (А)	С+Ст (Б)	СБ + Ст (В)	Д+Д (Г)	С+ Д (Д)	СБ+Д (Е)
1	32,5±4	33,7±3,3	26,7±5,3	33,7±4,2	28,6±2,8	34,7±0,8
2	56,5±3,8	59,2±2,5	57,0±4,9	55,0±5,9	57,4±3,6	58,4±4,6
3	78,7±7,6	82,5±4,6	88,7±4,0	92,5±7,9	82,5±4,6	83,7±4,0
5	128,4±4,6	135±6,5	140,0±9,2	122,5±4,6	117,5±10,3	127,0±6,4
6	138,0±3,9	143,7±4,0	161,7±5,3* **	137,4±6,9	127,5±10,4	139,0±3,2

*(для А,Б,В) достовірно відрізняється в середині експериментальної групи з $p=0,005$

** (для А і Г; В і Е;) достовірно відрізняється від контрольної групи з $p=0,005$

Таблиця 3.3

Динаміка ростових показників коренів дорослих рослин *Triticum aestivum* L. обробленого розчинами спірокарбону та комплексу спірокарбону з бурштиною кислотою, пророщеного на стічній воді

*(для А,Б,В) достовірно відрізняється в середині експериментальної групи з $p=0,005$

Доба	Варіант, ростовий показник					
	Експериментальна група			Контрольна група		
	Ст (А)	С+Ст (Б)	СБ + Ст (В)	Д+Д (Г)	С+ Д (Д)	СБ+ Д (Е)
1	48,0±4,7	47,3±4,6**	54,0±6,4**	52,0±6,4	61,3±4,2	42,0±3,2
2	63,3±3,8**	66,2±6,4**	62,7±1,5	81,6±1,5	80,0±9,2	66,5±4,7
3	60,0±6,5**	65,5±8,4**	67,5±4,6	83,2±7,5	83,3±10,6	74,3±23,7
5	65,7±4,7**	95,0±9,2* **	101,7±5,3*	111,6±5,3	113,3±10,6	113,0±14,0
6	67,5±7,9**	101,2±7,6* **	106,7±10,6*	116,7±5,3	130,0±18,4	111,7±14,0

** (для А і Г; Б і Д; В і Е;) достовірно відрізняється від контрольної групи з $p=0,005$

3.3 Зміна біохімічних параметрів

Для з'ясування механізмів нових біологічних властивостей похідних спірокарбону провели фотоелектроколориметричний вимір концентрації хлорофілу у рослинах експериментальної та контрольної груп.

Рисунок 3.7 містить колби з витяжками пігменту, які підготували для таких вимірів. Візуально помітна різниця інтенсивності забарвлення варіантів

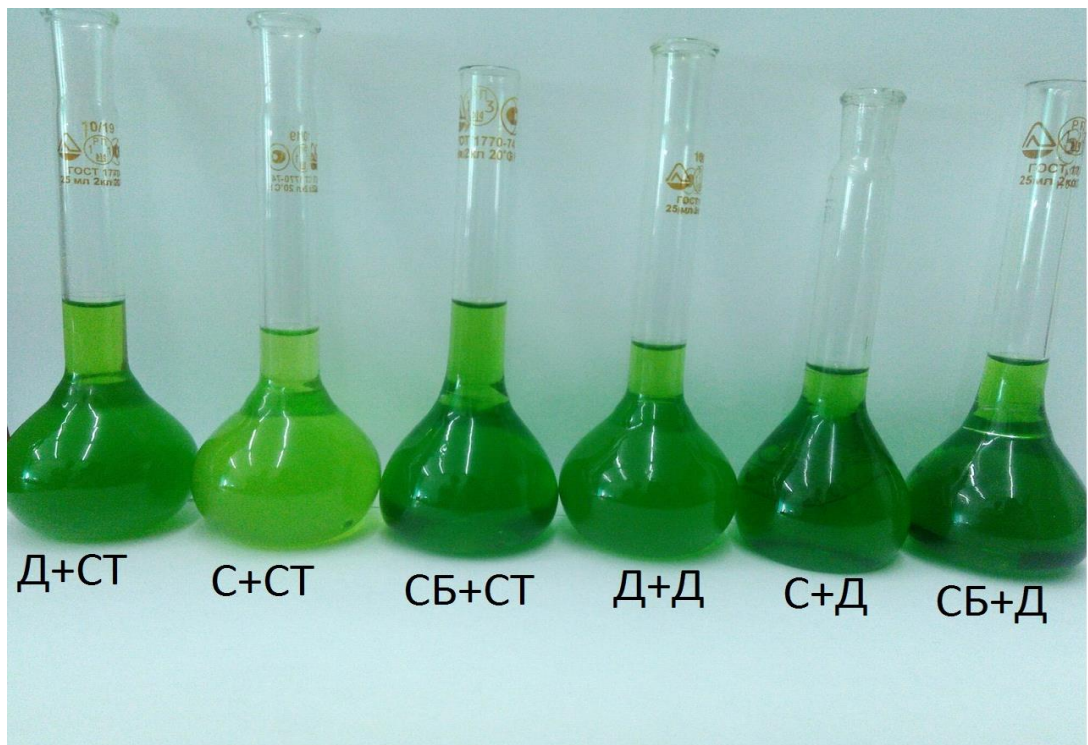


Рис 3.7 Різна забарвленість варіантів витяжок хлорофілу

Таблиця 3.4 містить результати моніторингу показників густини та концентрації хлорофілу у рослинах фітотесту експериментальної та контрольної груп. Аналіз таблиці свідчить про те, що стічна вода чинить суттєвий вплив на процес фотосинтезу, а саме вона забезпечує більш інтенсивний процес фотосинтезу у порівнянні з контрольним варіантом.

Результати цієї таблиці також доводять, що стічна вода у поєднанні з спірокарбонном також має вплив на процес фотосинтезу. Але характер цього впливу інший. Поєднання цих компонентів сприяє пригніченню фотосинтезу. На противагу цьому комплекс спірокарбону з бурштиновою кислотою за умови дії стічної води навпаки забезпечують

процес фотосинтезу на дуже високому рівні. Що в свою чергу підтверджує наявність протекторних властивостей.

Отже, спірокарбон та його комплекс з бурштиною кислотою у поєднанні з стічною водою проявляє вплив на процес фотосинтезу. Спірокарбон зі стічною водою сприяє пригніченню цього процесу, а комплекс з бурштиною кислотою та стічною водою навпаки покращує інтенсивність фотосинтезу.

Таким чином приєднання бурштинової кислоти до спірокарбону у складі комплексної сполуки, сприяє підвищенню інтенсивності процесу фотосинтезу у стічній воді.

Узагальнення результатів, що містять таблиці 3.2 - 3.4 дозволяють пояснити один з механізмів протекторних властивостей комплексу спірокарбону з бурштиною кислотою щодо захисту дорослої рослини пшениці озимої від дії антропогенного чинника - промислової стічної води. Цей препарат забезпечує рівень фотосинтезу в експериментальних умовах на рівні контролю. Водночас його базова складова не тільки не має протекторні властивості, а й пригнічує цей процес навіть порівняно з дією стічної води. Можна припустити, що спірокарбон утворює з компонентами промислової стічної води речовину, яка двократно і знижує фотосинтетичну активність дорослої рослини пшениці озимої.

Таблиця 3.4

Динаміка показників густини та концентрації хлорофілу у стеблах дорослих рослин *Triticum aestivum* L. обробленого розчинами спірокарбону та комплексу спірокарбону з бурштиновою кислотою, пророщеного на стічній воді

№	Варіант, Концентрація хлорофілу (мл/л)											
	Експериментальна група						Контрольна група					
	Ст (А)		С+Ст (Б)		СБ + Ст (В)		Д+Д (Г)		С+ Д (Д)		СБ+ Д (Е)	
	густина експ. розчину	концентрація хлорофілу	густина експ. розчину	концентрація хлорофілу	густина експ. розчину	концентрація хлорофілу	густина експ. розчину	концентрація хлорофілу	густина експ. розчину	концентрація хлорофілу	густина експ. розчину	концентрація хлорофілу
1	0,34	56,6	0,17	28,3	0,45	75	0,30	50	0,39	65	0,45	75
2	0,34	56,6	0,17	28,3	0,41	68,3	0,30	50	0,35	58,3	0,42	70
3	0,35	58,3	0,18	30	0,43	71,6	0,31	51,6	0,36	60	0,42	70
Серед. знач	57,2±2,4**			28,9±2,4* **		71,6±8,3*		50,5±2,3		61,1±8,6		71,7±7,2

* (для А,Б,В) достовірно відрізняється в середині експериментальної групи з $p=0,005$

** (для А і Г; Б і Д; В і Е;) достовірно відрізняється від контрольної групи з $p=0,005$

3.4 Розробка проекту, як практичного застосування розробленої методики фітотестування

Вступ.

У перекладі з латинської мови слово « проект» означає « кинутий вперед», тобто задум у вигляді прообразу об'єктів [1]. Метод проектів не є принципово новим у світовій педагогіці. В Україні з кожним роком цей метод набирає все більшої популярності.

У ході багатьох досліджень було з'ясовано, що використання методу проектів має важливе значення для професійної підготовки майбутніх педагогів. Зокрема це сприяє підвищенню успішності з дисципліни за рахунок поглиблення, розширення, доповнення, закріплення і повторення вивченого матеріалу, забезпечує обмін досвідом між студентами, розвиває критичне мислення майбутнього педагога та вміння робити висновки, передбачає практичну значущість результатів роботи [2].

Працюючи над проектом у навчальному процесі з біології , в учня відбувається активізація особистості в діяльності та пізнанні, що позначається на розвитку творчого мислення, дослідницьких навичок, вміння інтегрувати знання, формування внутрішніх мотивів, пізнавальних інтересів, створення почуття успіху, прогресу в освітній діяльності [3].

Організація навчання біології за методом проектів передбачає перетворення учнів у суб'єктів діяльності. Кожен школяр стає рівноправним членом творчого колективу, робота в якому дозволяє учням об'єднуватися за інтересами, забезпечувати для них різноманітність рольової діяльності, виховує обов'язковість і відповідальність при виконанні завдань в намічені терміни, взаємодопомогу в роботі. У проектну діяльність залучені почуття, відносини, думки і дії школярів. При виконанні робіт учні не тільки реалізують свої знання, знаходять нові ідеї, факти, концепції, але і

демонструють вміння розуміти, приймати і застосовувати інформацію та доносити її для своїх однолітків у незвичайній, цікавій формі.

На відміну від класно-урочної системи у проектній діяльності простіше створити атмосферу співтворчості і праці. Саме тому як практичне застосування своєї дипломної роботи, я розробила проекту роботу, яку можна використовувати в 11 класі, в межах вивчення теми № 10 « Сталий розвиток та збалансоване природокористування. За класифікацією цей проект є: а) за рівнем інтеграції: міжпредметний

б) за кількістю учасників: груповий

в) за способом переважаючої діяльності учнів; дослідницький.

Тема: Роль синтетичних регуляторів росту на ростові процеси та фотосинтез за умови дії антропогенного впливу.

Актуальність: на сьогоднішній день синтезовано багато органічних речовин, що існують природі і навіть тих, яких не існує. Серед них є ті, що можуть бути корисні людині у її виробничій діяльності. Це наприклад новий клас речовин – похідні спірокарбону. Їх екологічна безпека повністю доведена, біологічні властивості нормальних умовах теж. А ось чи зможуть вони появляти свої властивості за дії антропогенного впливу, можна перевірити за допомогою даної проектної роботи. У ролі антропогенного фактору буде промислова вода с масло-сир заводу.

Мета: з'ясувати роль синтетичних регуляторів росту на ростові процеси і фотосинтез за умови антропогенного впливу.

Об'єктом дослідження є роль синтетичних регуляторів росту за дії антропогенного впливу

Предметом є властивості похідних спірокарбону.

Задачі дослідження:

1. з'ясувати роль синтетичного регулятору росту на ростові процеси кореня пшениці озимої за умов дії промислової стічної води

2. з'ясувати роль синтетичного регулятора росту на ростові процеси стебла дорослої рослини пшениці озимої за умов дії промислової стічної води
3. з'ясувати роль синтетичного регулятора росту на процес фотосинтезу пшениці озимої за умов дії промислової стічної води

Обладнання: насіння пшениці озимої, дистильована вода, розчини спірокарбону та комплексу спірокарбону з бурштиною кислотою, 30 стаканчиків, 30 плаваючих дисків, 30 марлевих мішечків, лінійка, пінцет, ФЛОРa, фотоколориметр.

Учасники проекту: учні 11 класу

Терміни виконання: 2 тижні

Опис діяльності

1 етап- Підготовчий

На початку дослідження необхідно підготувати досліджувані варіанти. Для цього треба відрахувати по 10 насінин пшениці озимої для кожного стаканчика, та зав'язати в марлевий мішечок і замочили в дистильованій воді і розчині спірокарбону (С) та комплексі спірокарбону з бурштиною кислотою (СБ) у концентрації 10^{-2} моль/дм³ на одну добу. Після цього кожен порцію насінин розкласти на плаваючий диск, щоб кожна насінина лежала окремо. Кожний варіант пророщувати в 5 кратній повторюваності, впродовж 3-х діб, при 6-8 год. Дослідження в даній експериментальній роботі проводились на 6 варіантах: варіант А – Стічна вода; варіант Б – С+стічна вода; варіант В- СБ + стічна вода; варіант Г – дист. вода+дист. вода; варіант Д- С+ дист вода; варіант Е – СБ+ дист вода.

II-етап Дослідження

З цього моменту і до кінця дослідження необхідно проводити візуальне спостереження, фото фіксацію, заміри біометричних показників стебла (Lст), кореня(Lкор). Результати візуального спостереження заносити у таблицю 1, а ростові показники до таблиці 2 та 3 .

Після 3 діб пророщення на дистильованій воді проростки поділили на 2 групи: експериментальну і контрольну. Проростки експериментальної групи переносять у промислову стічну воду у ній вони знаходяться до кінця дослідження (3 доби). Проростки контрольної групи продовжують рости до 6 доби у дистильованій воді.

Таблиця 3.5

Порівняння візуальних спостережень за динамікою росту *Triticum aestivum* L.обробленого розчинами спірокарбону та комплексу спірокарбону з борною кислотою., пророщеного на стічній воді

Варіант (умовне позначення)	Чи є вплив стічної води ?	
	стебло	корінь
Експериментальна група		
А		
Б		
В		
Контрольна група		
Г		
Д		
Е		

Таблиця 3.6

Динаміка ростових показників коренів рослин *Triticum aestivum* L. обробленого розчинами спірокарбону та комплексу спірокарбону з борною кислотою., пророщеного на стічній воді

Доба	Експериментальна група			Контрольна група		
	Дист вода+ стічна вода	С+стічна вода	СБ + стічна вода	Дист вода+ дист вода	С+ дист вода	СБ+ дист вода
1						
Сред знач.						
2						
Сред знач.						
3						
Сред знач.						
4						
Сред знач.						
5						
Сред знач.						
6						

Таблиця 3.7

**Динаміка ростових показників стебел рослин *Triticum aestivum*
L. обробленого розчинами спірокарбону та комплексу спірокарбону з
борною кислотою., пророщеного на стічній воді**

Доба	Експериментальна група			Контрольна група		
	Дист вода+ стічна вода	С+стічна вода	СБ + стічна вода	Дист вода+ дист вода	С+ дист вода	СБ+ дист вода
1						
Сред знач.						
2						
Сред знач.						
3						
Сред знач.						
4						
Сред знач.						
5						
Сред знач.						
6						

Для того щоб з'ясувати чи впливає стічна вода у поєднанні с синтетичними регуляторами росту на процес фотосинтезу. На 7-му добу експерименту, коли сформувалась доросла рослина пшениці озимої, додатково провели фотоколориметрування.

Для цього необхідно приготувати спиртову витяжку із рослинного матеріалу кожного варіанту. Після цього за допомогою приладу ФЕКу здійснюються заміри концентрації хлорофілу , повторюючи їх у трикратній повторюваності. Результати необхідно занести у таблицю 6.

III – етап Результати

Далі для з'ясування ролі синтетичного регулятора росту за дії промислової стічної води необхідно проаналізувати та статистично обробити отримані результати за допомогою ресурсу Excel. Данні занести до узагальнюючих таблиць. Та зробити короткий аналіз отриманих результатів. Після чого їх співставити та зробити висновки.

За результатами візуального спостереження можна припустити, що _____

За результатами статистичної обробки ростових показників стебла можна припустити, що _____

За результатами статистичної обробки ростових показників кореня можна припустити, що _____

За результатами фотоколориметрії, можна припустити, що _____

Таблиця 3.8

Динаміка ростових показників стебла рослин *Triticum aestivum* L. обробленого розчинами спірокарбону та комплексу спірокарбону з бурштиною кислотою, пророщеного на стічній воді

Варіант, ростовий показник						
Доба	Експериментальна група			Контрольна група		
	Ст (А)	С+Ст (Б)	СБ + Ст (В)	Д+Д (Г)	С+ Д (Д)	СБ+ Д (Е)
1						
2						
3						
5						
6						

Таблиця 3.9

Динаміка ростових показників коренів рослин *Triticum aestivum* L. обробленого розчинами спірокарбону та комплексу спірокарбону з бурштиновою кислотою, пророщеного на стічній воді

Доба	Варіант, ростовий показник					
	Експериментальна група			Контрольна група		
	Ст (А)	С+Ст (Б)	СБ + Ст (В)	Д+Д (Г)	С+ Д (Д)	СБ+ Д (Е)
1						
2						
3						
5						
6						

Таблиця 3.10

Динаміка показників густини та концентрації хлорофілу у стеблах дорослих рослин *Triticum aestivum* L. обробленого розчинами спірокарбону та комплексу спірокарбону з бурштиною кислотою, пророщеного на стічній воді

№	Варіант, Концентрація хлорофілу (мл/л)											
	Експериментальна група						Контрольна група					
	Ст (А)		С+Ст (Б)		СБ + Ст (В)		Д+Д (Г)		С+ Д (Д)		СБ+ Д (Е)	
	густина експ. розчин у	концентрація хлорофілу	густина експ. розчин у	концентрація хлорофілу	густина експ. розчин у	концентрація хлорофілу	густина експ. розчин у	концентрація хлорофілу	густина експ. розчин у	концентрація хлорофілу	густина експ. розчин у	концентрація хлорофілу
1												
2												
3												
Серед. знач												

IV- етап Висновок

На заключному етапі необхідно підсумувати та зробити висновок , про те чи дійсно такі синтетичні регулятори росту як похідні спірокарбону відіграють мають вплив на ростові процеси і фотосинтез за умови дії антропогенного впливу, такого як наприклад промислова стічна вода. Для цього необхідно дати відповідь на наступні питання.

1. Чи можна визначити роль синтетичних регуляторів росту на процес росту рослини пшениці озимої лише за візуальними спостереженнями? Якщо так то, що саме вдалось встановити?

2. Чи проявляли свої біологічні властивості синтетичні регулятори росту стосовно стебел пшениці озимої за умови впливу промислової стічної води?

3. Чи не завадила промислова стічна вода проявити свої властивості синтетичним регуляторам росту стосовно кореня пшениці озимої?

4. Чи однаковим чином поєднання синтетичних регуляторів росту та промислової стічної води впливає на процес фотосинтезу? Як ти гадаєш з чим це пов'язано?

V етап -Презентація проекту

Презентувати проект можна підсумковому уроці, учнівських зборах, класній годині. Учасники проекту можуть оформити результати у вигляді мультимедійної презентації. І умовно поділившись на групи, представити окремо кожен етап дослідження.

Використана література:

1. Прохорова О.А. Проектний підхід як засіб активації пізнавальної діяльності учнів під час вивчення хімії / О.А.Прохорова // Хімія. - 2008.- №23.- С.25-26.
2. Грицай Н. Застосування методу проектів у викладанні методики навчання біології/ Н. Грицай// Збірник наукових праць. -2012. -№2. С 62-69.
3. Генкал С. Е. Організація самостійної пізнавальної діяльності учнів профільних класів на основі індивідуальних освітніх проектів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук : спец. 13.00.09 «Теорія навчання» / С. Е. Генкал. – К., 2008. – 24 с.

ВИСНОВКИ

1. Показано, що Allium test широко використовують у дослідженнях з фітотестування чинників довкілля, зокрема, антропогенних. З'ясовано що Allium test є ефективною тест-системою для виміру рівнів токсичності дії вказаних чинників. Фітотест «пророщене насіння пшениці» також ефективно застосовують для виміру впливу різноманітних антропогенних чинників на організм.
2. Доведено, що спірокарбон у комплексі з бурштиною кислотою не змінює свої властивості щодо процесу пророщення насіння пшениці озимої *Triticum aestivum* L. Водночас його рісторегулюючі властивості у складі комплексу зазнають змін: всі його концентрації є рістостимулюючими, а його комплекс з бурштиною кислотою має ще і рістоінгібуючу дію. Водночас в складі такої самої комплексної речовини зареєстровано зміни і характеру, і напрямку дії на процес координації росту органів проростку пшениці озимої.
3. Показано, що утворення комплексу з борною кислотою сприяє певній зміні властивостей базової речовини спірокарбону щодо процесу пророщення насіння пшениці озимої *Triticum aestivum* L. Всі концентрації борної кислоти є рістостимулюючими, а у вказаного комплексу окрім таких є ще і рістоінгібуюча. Об'єднання борної кислоти зі спірокарбоном у складі комплексу призвело тільки до зміни кількості значимих концентрацій щодо процесів формування проростку пшениці озимої. Таким чином бурштинова кислота більш змінює біологічні властивості спірокарбону, ніж борна.
4. Доведено, що приєднання до спірокарбону різних складових з метою утворення комплексної сполуки, сприяє зміні його дії на всі складові процесу формування проростку. Ступінь цих змін різна для процесів пророщення насіння, росту проростку і координації росту його органів.

5. Показано, що за дії промислової стічної води спірокарбон та його комплекс з бурштиною кислотою проявляють протекторні властивості. Їх прояв стосовно органів пшениці озимої дещо різниться, а саме: спірокарбон за дії стічної води не чинить вплив на ріст стебла, на відміну від комплексу з бурштиною кислотою, який істотно покращує ріст стебла за дії промислової стічної води. Стосовно впливу на ріст кореня, то спірокарбон та його комплекс з бурштиною кислотою однаково чинять рістостимулюючий вплив на ріст кореня, що в свою чергу також свідчить про наявність протекторних властивостей.

Результати також дозволяють пояснити один з механізмів протекторних властивостей комплексу спірокарбону з бурштиною кислотою, щодо захисту дорослої рослини пшениці озимої від дії антропогенних чинників промислової стічної води. Цей препарат забезпечує рівень фотосинтезу в експериментальних умовах на рівні контролю. Водночас його базова складова не тільки не має протекторних властивостей, а й пригнічує цей процес навіть порівняно з дією стічної води. Можна припустити, що спірокарбон утворює з компонентами промислової стічної води речовину, яка двократно знижує фотосинтетичну активність дорослої рослини пшениці озимої.

Розроблено проекту роботу «Роль синтетичних регуляторів росту на ростові процеси та фотосинтез за умови дії антропогенного впливу» як практичне застосування розробленої методики пророщення «насіння пшениці озимої, що пророщене на плаваючих дисках». Дану проекту роботу можна використовувати під час навчання біології у закладах середньої освіти.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Агрохимия: Учебник для вузов / под ред. проф. Б.А. Ягодина. – М.: Колос, 2004.-584с.
2. Архипчук В.В. Влияние обессоленной воды на жизнедеятельность организмов животных и растений и функционирования их клеток / В.В. Архипчук В.В. Гончарук // Химия и технология воды-2003. №2.-С.191-200.
3. Баканча М.В. Протекторні властивості синтетичного стимулятора росту рослин з класу біциклічних бісечовин – похідних спірокарбону / М.В. Баканча, К.А. Воронова // Екологічна безпека держави: тези доповідей Всеук. конф. молодих учених та студентів. – К.: НАУ, 2013. – С. 126-127.
4. Баканча М.В. Визначення біостимулюючих властивостей синтетичних хімічних речовин з класу біциклічних бісечовин засобами фітотестування / М.В. Баканча, А.О. Гладков, М.М. Сидорович // Біологічні дослідження – 2015: Збірник наукових праць. – Житомир: ПП Рута, 2015. – С. 225-228.
5. Біоіндикація забруднення ґрунту дизельним паливом з використанням фітотесту-[Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://cyberleninka.ru/article/n/bioindikatsiya-zabrudnennya-gruntu-dizelnim-palivom-z-vikoristannyam-fitotestu>
6. Бобрик Н. Ю. Мікробоценоз ґрунту лучної екосистеми в умовах впливу залізничного транспорту/ Н . Ю. Бобрик, М. В. Кривцова, В. І. Ніколайчук // Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія-2012. – Вип. 20, т. 2. – С. 10–17.
7. Глухов О.З. Фітоіндикація металопресингу в антропогенно трансформованому середовищі / О.З. Глухов, А.І. Сафонов, Н.А. Хижняк. – Донецьк: Норд-Пресс, 2006. – 360 с .

8. Горон М. Фітотестування як експрес метод оцінки токсичності нафтозабруднення ґрунтів / М. Горон, Н.Джура, О.Романюк та інші // Вісник Львівського університету. - Випуск 58, 2012. - С.185-192.
9. Гришко В.Н. Толерантність кукурудзи до різних солей кадмію / В.Н. Гришко, Д.В. Сищіков // Доповіді НАН України- 2002. – № 11. – С. 170 – 175.
10. Гродзинський Д. М. Застосування рослинних тест-систем для оцінки комбінованої дії факторів різної природи. / Д.М. Гродзинський, Ю.В. Шиліна, Н.К. Куцоконь. - Київ: Фітосоціоцентр, 2006. - 60с.
11. ГСанПиН 2.2.4-171-10 – государственные нормы и правила "Гигиенические требования к воде питьевой, предназначенной для потребления человеком" - [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://home.chem.univ.kiev.ua/sol/specifications/water/sanpin_2.2.4-171-10.pdf
12. Дорожкин В.И. Определение генетической токсичности (мутагенности) химических соединений в окружающей среде. / В.И. Дорожкин, Л.Е. Бояринцев // Сельскохозяйственная наука северо-востока Европейской части России. – Киров, 1995. – С. 92 – 93.
13. Ібрагімова Е.Е. Мітотична активність клітин кореневої меристеми *Allium* сера L. при спільній дії пестицидів і важких металів / Е.Е. Ібрагімова // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія” - 2014. - №1 – С. 56-63.
14. Кобилянський В.Я. Методи та апаратура біотестування якості води для інтенсифікації роботи систем водопостачання і каналізації 1999 року / В.Я. Кобилянський – Харків, 1999. – 18 с.
15. Конотоп Є. О. Дослідження фітотоксичності колоїдних розчинів металовмісних наночастинок. / Є. О. Конотоп., М.С. Коваленко,

- В.З.Улинець та інші //Цитология и генетика -2014.том48.С.37-42.
16. Крайнюкова А. Н. Методы биотестирования вод / А. Н. Крайнюкова Черноголовка, 1988. — 127 с.
 17. Куприянова М. С. Мутагенное действие излучения сотовых телефонов на живые организмы / М.С. Куприянова // Научное сообщество студентов XXI столетия. Естественные науки: сборник статей по математике XVII международная студенческая научно-практическая конференция ,2014.-№ 3.– С.60-69.
 18. Лаврский А.Ю. Лебединский И.А., Четанов Н.А., Кузаев А.Ф., Артамонова О.А. Зависимость скорости митотического деления клеток и частоты возникновения хромосомных аббераций в меристеме корней лука *Alliuncera*от частоты воздействующих СВЧ-лучей// Современные проблемы науки и образования, 2013. – № 3.- [Электронный ресурс]-Режимдоступу<https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=9414>
 19. Лукьяненко В.И.Биотестирование на рыбах токсичности сточных вод. Метод.рекомендации / В. И. Лукьяненко, Т. А. Карпович // АН СССР. Институт биохимии внутренних вод им. Папанина, 1989. — 96 с.
 20. Маячкина Н.В. Особенности биотестирования почв с целью их экотоксикологической оценки / Н.В. Маячкина, М.В. Чугунова // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского-2009. – № 1. – С. 84 – 93.
 21. Мелькова Т.А. Порівняльна характеристика рістрегулюючих властивостей похідних спірокарбону – нового класу стимуляторів росту рослин/ Т. А. Мелькова, М.М. Сидорович // Біологічні дослідження – 2015: Збірник наукових праць. – Житомир:ПП Рута,2015. – С.36—38.
 22. Мелькова Т. А.Порівняльна характеристика біологічних властивостей похідних спірокарбону засобами тест-об'єкту

- «пророщене насіння пшениці озимої» / Т.А. Мелькова, М.М. Сидорович // Пошук молодих. Випуск 15: Збірник матеріалів Всеукр. студен. н-пр. конф.. – Херсон: ПП Вишемирський В.С.,2016. – С.142-144.
23. Онищенко Г.Г.Порядок биологической оценки действия наноматериалов на растения по морфологическим признакам. Методические указания. МУ 1.2.2968-11 / Г. Г. Онищенко, И. В. Брагина, О. И. Аксенова и др. — М.:Федеральный Центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2011. — С. 32.
24. Пахонова В.М.Неспецифический адаптационный синдром биосистем и общие закономерности реактивности клеток./ В. М. Пахонова.- Казань: КГУ,2000. – 177 с.
25. Пилипчук Л.Л.Рістрегулюючий вплив спірокарбону та його сумішей і комплексів з кислотами на проростках *TriticumaestivumL* / Л.Л.Пилипчук,Ю.В.Кравченко,О.Н. Речицький // Теорія і практика сучасного природознавства:Всеукр. наук-прикт. конф. Збірник наукових праць. - Херсон: ПП Вишимирський В.С.,2011- С.78-79.
26. Перельман А.И. Геохимия / А.И. Перельман. – М.: Высш. шк., 1989. – 528 с.
27. Песня Д.С. Исследование токсического и генотоксических эффектов синтетических пищевых красителей методом *Allium test*/. Д. С. Песня, А.В. Романовский, И.М. Прохорова // Ярославский педагогический вестник-2012. – № 3 – Том III (Естественные науки).- С.86-93.
28. Піскова О.М. Інгібування росту проростків кукурудзи за спільної дії хрому та нікелю / О.М. Піскова, О.М Вінниченко, В.М. Гришко // Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія-2008. – Вип. 16, т. 1. – С. 174 – 178.

29. Погосян В. С. Цитогенетические эффекты, индуцируемые у *Allium cepa* при обработке семян пробами вод р. Раздан-[Электронный ресурс]-
Режимдоступу <http://ysu.am/files/Allium%20cepa%20Razdan%202-2-1411129911-.pdf>
30. Прохорова И. М. Проблемы токсигенетического контроля-[Электронный ресурс]-
Режимдоступу: http://ecodelo.org/4823problemy_toksikogeneticheskogo_kontrolya_sostoyaniya_protochnykh_vodovoda_chistuyu_vodu_rh
31. Прохорова И. М. Особенности пространственной динамики мутагенной активности воды р. Которосль и оз. Неро.// И. Ф. Прохорова, П.Н. Фомичёва, М.И. Ковалёва и др // Современные проблемы биологии, экологии, химии: Региональный сборник научных трудов, 2005. – С. 118-119.
32. Прохорова И. М. Оценка митотоксического и мутагенного действия факторов окружающей среды/ И. М. Прохорова, М.И. Комарова, А.Н. Фомичева // Методические указания. — Ярославль: Ярославский государственный университет, 2003. — 32 с. .
33. Прохорова И.М. Растительная тест-система для оценки мутагенов/И.М. Прохорова— Ярославль: ЯГУ, 1988.-13с.
34. Пшениця озима-[Электронний ресурс] – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Пшениця_м%27яка
35. Речицький О. Н. Дослідження рістрегулюючої активності спірокарбон та його похідних на рослинних об'єктах / О.Н. Речицький, Л. Л. Пилипчук, В.І. Езиков, Т. А. Косяк // Теорія і практика сучасного природознавства: Всеукраїнська науково-практична конференція Збірник наукових праць. - Херсон: ПП Вишимирський В.С., 2009.-С. 66-70.
36. Речицький О. Н. Дослідження на рослинних об'єктах рістрегулюючої активності спірокарбону та його похідних./ О. Н.

- Речицький., Л.Л.Пилипчук , Т.А.Косяк , В.І.Єзіков //Чорноморський ботанічний журнал-2010.-Том 6.-№ 1.- С.89-94.
37. Руденко С. С. Загальна екологія: практичний курс: Навчальний посібник. Частина 1, 2./ С. С.Руденко , С.С. Костишин , Т.В. Морозова -Чернівці: Рута,2003. -320 с.
 38. Сафронов Т.А. Загальна екологія та Неоекологія. Конспект лекцій / Т.А. Сафронов – К: КНТ, 2005. – 188 с.
 39. Селивановская С. Ю. Создание тест-системы для оценки токсичности многокомпонентных образований, размещаемых в природной среде /С. Ю. Селивановская, В.З. Латыпова // Экология-2004.-№1. -С.21-24.
 40. Сидорович М.М.Моніторинг біологічних властивостей комплексу спірокарбон з бурштиновою кислотою засобами фітотесту «культура ряски малої *LeninaminorL.*»/ М.М. Сидорович, М.В. Баканча //Екологічна безпека держави: тези доповідей Всеукраїнська конференція молодих учених та студентів. - К.: НАУ,2014. - С. 180- 182.
 41. Сидорович М.М. Определение уровня экологической безопасности комплекса спирокарбон с янтарной кислотой при помощи фитотестов / М.М. Сидорович, О.П. Кундельчук, Е.А. Воронова // Сборник научных трудов SWord. – Том 42. Выпуск 3.– Иваново: 2013. – С. 46-54.
 42. Сидорович М.М. Активна біоіндикація біотичних чинників довкілля за допомогою Alliumtest / М.М. Сидорович, О.П. Кундельчук, М.П. Баканча // Тези доповідей Всеукраїнська Конференції «Актуальні питання природничих наук та методика їх викладання», – Ніжин: Видавництво НДУ імені Миколи Гоголя, 2012. – С.113-114.
 43. Сидорович М.М. Мітозомодифікуючі та мутагенні властивості похідної спірокарбону / М. М.Сидорович, Ю.В.Польченко //Наука в інформаційному просторі: Матеріали ІХ Міжнародної науково-

- практичної конференції.-Дніпропетровськ: Біла К. О., 2013. – Т. 7 : Сучасні проблеми та їх вирішення,. – С. 59-62.
44. Смикун Н.В. Біотестування колодязної води з використанням деяких рослин родини Роасеae/ Н.В. Смикун, С.С. Фурман // Вісник Запорізького національного університету,№2-2008. – 3с.
 45. Сливка О.І. Вивчення можливостей використання насіння кормових культур в якості біотестів. / О.І. Сливка [Електронний ресурс]. – Режим доступу: – <http://s-journal.cdu.edu.ua/base/-2008/v6/v6pp191-193.pdf>.
 46. Танский В.И. Влияние инсектицидов на некоторые физиолого-морфологические показатели и продуктивность зерновых культур / В.И. Танский, Л.Н. Логинова // Агрoхимия,1998. №5– С. 79–85.
 47. Таран Д. О. Методы биотестирования в контроле токсичности и детоксикации нитробензола. /Д.О. Таран - Иркутск,2012. – 21 с.
 48. Теоретические вопросы биотестирования/ Отв. Ред Лукьяненко. Волгоград.- 1983. -195с.
 49. Терек О.І. Механізми адаптації та стійкості рослин до несприятливих факторів довкілля / О. І. Терек // Журнал агробіологія та екологія-2004.- №1. -С. 41-56.
 50. Торохова О.Н. Оценка пригодности пород промышленных отвалов Донбасса для произрастания растений / О.Н. Торохова, И.В. Агурова // Промышленная ботаника -2008. – Вып. 8. – С. 12 – 16.
 51. Ушкалова С.О. Биологическая индикация как метод мониторинга агроценоза в условиях интенсивных технологий возделывания зерновых культур. Вопросы экологии в системе земледелия. / С.О. Ушкалова // Сборник научных трудов. – Ставрополь, 1993. – С. 132 – 139.
 52. Шабалина О. М. Фитотестирование гродских почв с помощью пшеницы(*Triticumaestivum*) и ячменя (*Hordeumsativum*) /О. М.

- Шабалина, Т. Н. Демьяненко//Вестник Красноярского государственного аграрного университета- 2009. № 3.- С.107-112.
53. Швець Л. С.Визначення цито- і генотоксичності питної води зрізних районів Прикарпаття / Л. С. Швець // Науковий вісник Ужгородського університету : Серія: Медицина-2011. – Вип.3 (42). – С. 155–159.
54. Яковлев В.В. Биотестирование природных вод Харьковской области для оценки их токсичности /В.В. Яковлев, Т.Ю. Бирюкова, С.А. Мацюк// Коммунальное хозяйство городов: Технические науки и архитектура.- Вып. 84 .– 2008. – С. 102-110
55. Allium test-[Електронний ресурс] – Режим доступу: http://ru.wikipedia.org/wiki/Allium_test.
56. ConstantinM.J.OwensE.T. Introductionandperspectivesofplantgeneticand cytogeneticassay // Mutat. Res.,1982. — С. 1-12.
57. Fiskesjo G. The Allium Test as a standard in environmental monitoring Hereditas, 1985. — Т. 102. —С. 99-112
58. Grant W. Higher plant assays for the detection of the chromosomal aberration and gene mutation - a brif historical background on their use for screening and monitoring enviromental chemicalls //Mutat. Res,1999.-N 426. -P. 107-112
59. International programme on chemical safety Envinromental health criteria. Nicel. — INCHEM.
60. John Nenry Schaffner The nature and distribution of attraction-spheres and centrosomes in vegetable cells // Bot. Gaz, 1894. — № 19. — С. 445-459.
61. Karl Sax The Behavior of X-Ray Induced Chromosomal Aberrations in Allium Root Tip Cells // Getetics :— Harvard University,1941. — № 26(4). —С. 418-425

62. Magda I. Soliman Genotoxicity testing of neem plant (*Azadirachta indica* A. Juss) using the *Allium cepa* chromosome aberration assay // *Biological Science*. — Asian Network for science information, 2001. — № 1(11). — C. 1021-1027.
63. Manosij Ghosh, Maumita Bandyopadhyay, Anita Mukherjee Genotoxicity of titanium dioxide (TiO₂) nanoparticles at two trophic levels: Plant and human lymphocytes // *Chemosphere*. — Elsevier B.V, 2010. — C. 1253-1262.
64. Paola Poli, Annamaria Buschini, Iliana Ferrero and Carlo Rossi Comet assay application in environmental monitoring: DNA damage in human leukocytes and plant cells in comparison with bacterial and yeast tests // *Mutagenesis*. — Oxford University Press: Oxford Journals, 1999. — № 14(6). — C. 547-556.
65. Sidorovich M., Kundelchuk O., Rechytskyi A., Cot S. Ecological safety phytotesting of the new synthetic plant growth regulator – spirocarbon derivative // *American Journal of Science and Technologies*, 2015. — № 2.(20). V. II. — PP. 804-815
66. WHO World Health Organization monographs on selected medicinal plants // World Health Organization. — Geneva, 1999. — T. 1.