

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Факультет біології, географії та екології**  
**Кафедра ботаніки**

Використання результатів дослідження з екологічної безпеки синтетичного регулятора росту рослин засобами фітотестувань на сучасному уроці біології в закладах загальної середньої освіти

Кваліфікаційна робота (проєкт)  
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

Виконав: студентка 412 групи  
Спеціальності 014.05 Середня освіта  
(Біологія)  
Освітньо-професійної програми Середня  
освіта (Біологія)  
Бекірова Сусана Енверівна

Керівниця: к.б.н. доц. Загороднюк Н. В.  
Рецензентка: вчитель I категорії  
Херсонської гімназії № 14 Херсонської  
міської ради Іванцова Є. Ю.

Херсон – 2021

## ЗМІСТ

|   |           |
|---|-----------|
| <b>ВСТУП.....</b>   | <b>3</b>  |
| <b>РОЗДІЛ 1. Наукові засади формування поняття «екологічна безпека синтетичних хімічних речовин».....</b>   | <b>6</b>  |
| 1.1. Кругообіг хімічних складових біосфери.....   | 6         |
| 1.2. Вплив хімічних речовин на живі об'єкти.....  | 12        |
| 1.3. Тестування екологічної безпеки синтетичних хімічних речовин для збереження біосфери.....   | 17        |
| 1.4. Відображення проблеми екологічної безпеки довкілля у змісті навчальної програми з біології для ЗЗСО.....   | 21        |
| <b>РОЗДІЛ 2. Визначення токсичності нового регулятора росту рослин (комплексу спірокарбону з борною кислотою) засобами фітотестування для впровадження пізнавальних завдань, розроблених на основі результатів дослідження.....</b> | <b>24</b> |
| 2.1. Матеріали і методи.....  | 24        |
| 2.2. Моніторинг біометричних показників проростків культурних рослин, що сформовані за дії препарату.....   | 26        |
| 2.2.1. Пшениця озима.....   | 26        |
| 2.2.2. Льон.....  | 28        |
| 2.2.3. Просо.....   | 29        |
| 2.2.4. Рапс.....  | 31        |
| 2.2.5. Ячмінь.....  | 32        |
| 2.3. Розроблення пізнавальних завдань, щодо використання результатів наукового пошуку щодо дії регулятора росту рослин засобами фітотестування.....   | 35        |
| <b>ВИСНОВКИ.....</b>  | <b>40</b> |
| <b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>  | <b>42</b> |

## ВСТУП

**Актуальність дослідження.** Екологічна безпека чинників довкілля, зокрема, синтетичних хімічних речовин є актуальною проблемою сьогодення. Понад 300 млн. тон хімічних продуктів, 20 млн тон з яких надходять у навколишнє середовище, щорічно виробляються у світі [20]. Важливість визначення екологічної безпеки синтетичних хімічних речовин полягає в інтенсивному накопиченні цих речовин у біосфері, а також через недостатню адаптацію до фактора. У повному обсязі все вищезазначене стосується синтетичних регуляторів росту рослин. У Херсонському державному університеті під керівництвом доцента А.Н. Речицький синтезований новий спектр синтетичних регуляторів росту рослин - похідних спірокарбону, які є комплексами основної речовини з різними компонентами [39]. Ці препарати використовуються у сільському господарстві, тому потребують доведення екологічної безпечності. У міжкафедральній групі з проблем цитоекології Херсонського державного університету розроблена система визначення екологічної безпеки синтетичних хімічних речовин за рівнями фітотесту: організменному, клітинному, субклітинному і молекулярному [41]. За її допомогою доведена екологічна безпечність одного з таких препаратів - комплексу спірокарбону з бурштиноювою кислотою. Показано, що у нього відсутні токсичність, цито- і генотоксичність стосовно рослинних систем[40]. Навчальна програма «Біологія» забезпечує формування поняття про екологічну безпеку антропогенних чинників. Пізнавальні завдання підвищують рівень формування будь-якого поняття. Їх розроблено на основі результатів експериментального пошуку щодо дії таких чинників сприятиме покращенню розвитку екологічних понять загалом. Поняття «екологічна безпека синтетичних хімічних речовин» є складовою вказаних загальнобіологічних понять, проте навчальна програма «Біологія» недостатньо забезпечує його розвиток.

Тому метою дослідження полягає у розробці пізнавальних завдань для розвитку поняття «екологічна безпека синтетичних хімічних речовин» на основі результатів експериментального пошуку дії вказаних чинників.

**Об'єкт дослідження** – освітній процес з біології.

**Предмет дослідження** – формування екологічних понять в навчальному предметі «Біології».

**Завдання дослідження:**

1. Здійснити огляд наукової літератури з проблеми збереження біосфери для обґрунтування необхідності визначення екологічної безпеки нових синтетичних хімічних речовин з метою розроблення наукових засад формування поняття «екологічна безпека антропогенного чинника».
2. Провести експериментальне дослідження щодо визначення токсичності нового регулятора росту рослин – комплексу спірокарбону з борною кислотою засобами батареї фітотестів культурних рослин.
3. Відпрацювати методику виготовлення давленого препарату з кінчика кореня цибулі і цитологічні методики визначення цито- і генотоксичності хімічних речовин.
4. Розробити пізнавальні завдання на уроках біології для розвитку поняття «екологічна безпека антропогенного чинника» на основі результатів проведеного експериментального дослідження з дії синтетичних регуляторів росту рослин на модельну систему.

Дані апробовані на:

1. Всеукраїнської студентська науково-практична конференція «Інноваційні технології навчання природничо-математичних дисциплін у закладах середньої та вищої освіти» (Херсон, 2020).

Публікація:

1. Бекірова С.Е., Сидорович М.М. Визначення токсичності нового стимулятора росту рослин комплексу спірокарбону з борною кислотою засобами фітотестів // Пошук молодих. Випуск 20: збірник матеріалів Всеукраїнської студентської науково-практичної конференції «Інноваційні

технології навчання природничо-математичних дисциплін у закладах середньої та вищої освіти», (Херсон, 16 червня 2020 року).– Херсон: Видавництво ХДУ, 2020. С. 68.

## РОЗДІЛ 1

### ПРОБЛЕМА ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ СИНТЕТИЧНИХ ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН

#### 1.1. Кругообіг хімічних складових біосфери.

Саме в період співпраці з В. В. Докучаєвим сформувався світогляд В. І. Вернадського як натураліста. Без перебільшення можна сказати, що джерелом найважливіших відкриттів В. І. Вернадського був розроблений В. В. Докучаєвим новий метод наукового пізнання - «стрижень істинної натурфілософії», який полягає у вивченні «співвідношення генетичного віковичного та завжди закономірного зв'язку, який існує між силами, тілами і явищами, між мертвою і живою природою, між рослинними, тваринними та мінеральними царствами, з одного боку, та людиною, її побутом, і навіть духовним світом – з іншого» [12].

Вперше термін “біосфера” (сфера життя) був використаний австрійським вченим Едуардом Зюссом ще у 1875 році. Однак, він не дав визначення цього поняття. Сучасне його тлумачення, яке прийняте в усьому світі, належить українському вченому В. І. Вернадському.

Біосфера — це оболонка Землі, яка включає частини атмосфери, гідросфери та літосфери, заселені живими організмами. Еволюція біосфери тривала понад 3 млрд. років і відбувалася під впливом алогенних (зовнішніх) сил, таких як геологічні та кліматичні зміни, й автогенних (внутрішніх) процесів, зумовлених активністю живих компонентів екосистеми [43].

У багатьох напрямках та багатопланова наукова діяльність В. І. Вернадського органічно поєднується з ланками цілісної наукової програми - науки про біосферу, в основі якої лежить основна парадигма творчості видатного вченого - еволюція речовини Землі і її космічного оточення.

Ідея з'єднання живого і неживого, завжди розділено «різкою неперехідною межею», яскравою стрічкою пронизане в процесі трансформації матерії в

геологічній історії планети творча спадщина видатного вченого-мислителя, філософа і природознавця: «Весь довгий життєвий шлях (з 1863 до 1945 р.) найвидатнішого природознавця останнього сторіччя, академіка Володимира Івановича Вернадського – це шлях наполегливої праці та яскравої творчої думки, шлях, що відкриває нові галузі в науці, який визначив нові напрями природознавства...» [44].

Уявлення про живу речовину виникло на рубежі XIX і XX століть. Ідеї В.В. Докучаєва про загальному співвідношенні компонентів природи і живих організмів, як невід'ємної частини ґрунту і одночасно найважливіший чинник її формування, виявилися вихідної науково-філософської базою, на якій сформувалися розроблені В.І. Вернадського: генетична мінералогія і геохімія, а пізніше - біогеохімія і вчення про біосферу [7].

Саме в період співпраці з В. В. Докучаєвим сформувалося світогляд В. І. Вернадського як натураліста. Без перебільшення можна сказати, що джерелом найважливіших відкриттів В. І. Вернадського був розроблений В. В. Докучаєвим новий метод наукового пізнання - «стрижень істинної натурфілософії», який полягає у вивченні «співвідношення генетичного віковичного та завжди закономірного зв'язку, який існує між силами, тілами і явищами, між мертвою і живою природою, між рослинними, тваринними та мінеральними царствами, з одного боку, та людиною, її побутом, і навіть духовним світом – з іншого» [12].

Проблему живої речовини та її ролі в біосфері В. Вернадський почав систематично досліджувати з кінця 1917–початку 1918 р. Це були буремні роки іноземної інтервенції і громадянської війни. У той час учений активно займався громадсько-політичною роботою, організацією академії наук України, питаннями вищої освіти, бібліотечною справою та ін. Незважаючи на велику зайнятість, він завжди знаходив час для вивчення живої речовини. У щоденнику він записав: «Працюю дуже добре над живою речовиною. Багато з'являється нових ідей і розуміння природи. Ця робота заважає мені займатися публіцистичною діяльністю, обдумуванню і виясненню того, що

відбувається. Аміж тим вона дає мені сили, і в той же час вона сама є творчий акт. Як не піддаю я самокритиці свою роботу – все ж в такому вигляді, мені здається, природу ніхто не охоплював”.

Вершиною творчості В. І. Вернадського – вчення про перехід біосфери у ноосферу. Вища стадія розвитку біосфери – *ноосфера* – «сфера розуму». Це період розумного регулювання взаємовідносин людини й природи, який характеризується зростанням ролі людини в керуванні біосферою та збереженням усіх природних закономірностей, властивих біосфері. Вчення В. І. Вернадського про ноосферу додатково узагальнило численні дані про нерозривність зв'язку людини з природним середовищем[15].

Термін «ноосфера», як і термін «біосфера», не належить В. І. Вернадського, який постійно побоювався захарашувати наукову літературу непотрібними словами. Вперше цей термін був використаний в 1926-1927 рр. у статтях П. Тейяра де Шардена і Е. Леруа, озвучених ним після прослуховування курсу лекцій В. І. Вернадського з проблем геохімії і біогеохімії в Сорбонні в 1922-1923 рр.. Однак в редакції П. Тейяра де Шардена термін «ноосфера» мав містичне значення. Він використовував його як синонім «царства людського розуму», перейнятого єдиним релігійним світоглядом.

В. І. Вернадський почав використовувати термін «ноосфера» тільки на початку 30-х років минулого століття і виключно в матеріалістичному розумінні. Термін «ноосфера» у В. І. Вернадського - це не абстрактна область розуму, а історично неминучий етап розвитку біосфери. Ще в 1926 р. у статті «Думки про сучасне значення історії знань» він писав: «Створена протягом всього геологічного часу, стала в своїй рівновазі біосфера починає все сильніше і глибше змінюватися під впливом наукової думки людства».

Саме ця біосфера Землі, змінена науковою думкою, організована працею і перетворена для задоволення зростаючих потреб людства, яке він пізніше назвав ноосферою. Це дуже важливо підкреслити, тому що в довідниках, енциклопедіях і популярній літературі є багато невірних



визначень цього терміна, повністю несумісних з поглядами В.І. Вернадського.

Ще у 20-х роках були закладені основні вчення В. І. Вернадського про ноосферу. Він побачив в людині вправного творця природи, яка наприкінці займе місце біля керма еволюції [4].

В. І. Вернадський умовно розділив середовище, що оточує сучасну людину, на природну (біосферу) та штучну (ноосферу), тобто, знову створену або перетворену людиною (господарське освоєння територій, підприємства, населені пункти тощо). «Упродовж останнього тисячоліття спостерігається інтенсивне зростання впливу однієї видової живої речовини – цивілізованого людства – на зміну біосфери» [6].

Біосфера як досить динамічна планетарна екосистема в усі періоди свого еволюційного розвитку постійно змінювалась під впливом різних природних процесів. Наслідком тривалої еволюції біосфери стала її здатність до саморегуляції та нейтралізації негативних процесів [3,8].

Живі організми отримують із довкілля хімічні елементи (близько 80), які потім використовують для побудови чи підтримання своїх тіл та на забезпечення процесів розмноження. Із продуктами життєдіяльності або після смерті ці елементи знову потрапляють у довкілля — атмосферу, гідросферу чи літосферу і використовуються іншими організмами.

Розрізняють великий (біосферний) кругообіг і малі кругообіги різних рівнів (наприклад, кругообіг океану, озера чи певної ділянки степу).

Масштаби синтезу живої речовини величезні. В. І. Вернадський підрахував, що за час існування біосфери на землі було створено 3,5 - 1019 тонн біомаси, що майже удвічі перевищує масу всієї земної кори, яка становить 2-Ю19 тонн [43].

*Кругообіг кисню.* Зелені рослини, являються природними продуцентами вільного молекулярного кисню, який утворюється в процесі фотосинтезу на Землі. За рахунок цього процесу запас кисню щорічно поповнюється на 70 - 100 мільярдів тонн, а 55 мільярдів тонн кисню

виробляється лісом. Для переважної більшості живих організмів кисень життєво необхідний. Він забезпечує здійснення окислювальних реакцій, що вивільняють енергію, необхідну для життя організмів.

У природі існує постійний цикл цього газу в результаті збалансованих процесів використання атмосферного кисню для дихання, окислювальних процесів і вивільнення його в довільній формі під час фотосинтезу. За розрахунком, повний кругообіг кисня у біосфері здійснюється за 2000 років.[10]. Кругообіг кисню в біосфері надзвичайно складний, оскільки з ним вступає в реакцію велика кількість органічних і неорганічних речовин, а також водень, у сполученні з яким кисень утворює воду [30].

*Кругообіг вуглецю.* Основним будівельним матеріалом всіх живих організмів є вуглець, тому його кругообіг найбільш поширений в природі. Вуглецевий цикл здійснюється трьома групами організмів: продуцентами - зеленими рослинами і деякими бактеріями, які накопичують первинну органічну речовину з неорганічних шляхом фотосинтезу та хемосинтезу; консументи - тварини та паразитичні рослини, які споживають первинну органічну речовину і перетворюють її в інші форми; редуценти - організми, які живуть за рахунок мертвої органічної речовини, розкладаючи її на мінеральні форми (бактерії, гриби, найпростіші) [21].

Вуглекислий газ (діоксид вуглецю) використовується в процесі фотосинтезу для створення органічних речовин. Завдяки саме цьому процесу замикається кругообіг вуглецю в біосфері. Як і кисень, вуглець входить до складу ґрунтів, рослин, тварин, бере участь у різноманітних механізмах кругообігу речовин у природі. Вміст вуглекислого газу в повітрі, який ми вдихаємо, приблизно однаковий у різних районах планети. Виняток становлять великі міста, в яких вміст цього газу в повітрі буває більшим від норми. Деякі коливання вмісту вуглекислого газу в повітрі цієї чи іншої місцевості залежать від часу доби, пори року, біомаси рослинності. У той же час, дослідження показують, що з початку минулого століття середній вміст

вуглекислого газу в атмосфері, хоча й повільно, але постійно збільшується. Цей процес пов'язаний з діяльністю людини [22].

*Кругообіг нітрогену.* Джерелом азоту у біосфері є сполуки азоту (нітрати і нітрити), які поглинаються рослинами з ґрунту і води. У кругообігу сполук азоту головне значення мають мікроорганізми: азот-фіксатори, нітрифікатори та денітрифікатори. Щорічно азотфіксувальні організми суші уловлюють приблизно  $4,4 \cdot 10^9$  т, а у водному середовищі щорічна біологічна фіксація становить  $1 \cdot 10^9$  т, тобто всього у 4,4 рази менше, порівняно із сушею. Сучасні порушення у циклі азоту в біосфері є наслідком антропогенної діяльності - спалювання мінерального палива (на транспорті, у теплоенергетиці) та виробництва азотних добрив [31].

*Кругообіг фосфору.* Фосфор – важливий елемент, входить до складу нуклеїнових кислот, без нього неможливий синтез білка. Середній вміст у земній корі – 0,085% (в основному у вигляді фосфоритів та апатитів). Навідміну від N, C та H, Фосфор володіє низькою міграційною здатністю, так як не утворює летких сполук. Біофільність низька – 0,75 одиниць, його вміст у живій речовині – 0,07%. Біосфера за час існування накопичила  $2,1 \cdot 10^{11}$  тон Фосфору. У природних умовах відбувається дефосфатизація суші. Гідросфера – акумулятор та накопичувач Фосфору [13].

Початковою ланкою в циклі фосфору є живі організми [9].

Негативним наслідком порушення його кругообігу є надходження фосфору у водні екосистеми з мінеральними добривами і мийними синтетичними речовинами.

*Колообіг сульфуру.* Головна роль в обмінному фонді сірки належить спеціалізованим мікроорганізмам, одні види яких виконують реакцію окиснення, інші - відновлення. У регуляції глобального кругообігу сірки беруть участь повітря, вода и ґрунт. Сульфат ( $SO_4$ ) є основною доступною формою сірки, що відновлюється автотрофами та включається у білки. Сірка до складу живої речовини потрапляє розчиненими рослинами – продуцентами у воді іонів сульфатів. Потім сірка у складі рослинних білків

ланцюг живлення потрапляє до консументів и редуцентів. Сірка у вигляді сірководню, може бути окиснена до молекулярної сірки або до розчинів сульфатів і сульфідів, який утворюється коли редуценти розкладають білки у анаеробних умовах. Для продуцентів така форма сульфуру є найбільш доступною [31].

Порушення кругообігу сірки виникають через спалювання органічних речовин, добування і перероблення сірковмісних руд [9].

В даний час ці та інші пестициди є потенційними канцерогенами, мутагенами, тому вони повністю заборонені для використані в сільському господарстві. Дуже багато таких речовин використовується в сільському господарстві, що призводить до глобального забруднення навколишнього середовища. ДДТ, ГХГ, фосфорорганічні сполуки - хлорофос, фосфамид, гербіцид 2,4 Д, триазин, сімазин, прометрин, трефлан відносяться до 1. 2 класів шкідливих речовин. Більшість з цих речовин зараз заборонені до використання [27].

Отже, біосфера не може функціонувати як замкнута екосистема, біосфера – це високоорганізована саморегулююча,стабільна, відкрита екосистема, функціонування якої добре підпорядковано екологічним законом: усе пов'язано з усім, усе має кудись подітися, природа «знає» краще, ніщо не минається даремно.

### **1.1. Вплив хімічних речовин на живі об'єкти.**

Закон оптимуму - позитивний або негативний вплив фактора на організми - залежить від сили його впливу. Недостатнє або надмірне дію фактора настільки ж негативно позначається на житті людей. Сприятлива сила впливу екологічного чинника називається зоною оптимуму. Деякі види переносять коливання в широких межах, інші - у вузьких.

Абіотичні фактори, які прямо або побічно впливають на життя останніх,

створюють умови для життєдіяльності рослинних і тваринних організмів. Сонячне світло, повітря, його склад і вологість, материнська порода ґрунту, хімічний склад і вологість останньої, природний радіаційний фон, барометричний та водний тиск та ін. – елементи неорганічної природи, які відносяться до абіотичних факторів.

Живильні речовини, токсичність речовини, кислотність навколишнього середовища, мікроелементи, концентрація вуглекислого газу та кисню являються хімічними складовими абіотичних факторів [17].

Хімічні речовини (особливо пестициди і добрива), які у великих кількостях використовуються в сільському господарстві, нафтопродукти, радіоактивне, електромагнітне, магнітне і теплове випромінювання і поле, різні гази, газоподібні речовини, аерозолі, вібрація і шум, що «збагачені» шкідливими хімікатами, з'єднує промислові стічні води, комунальні та побутові відходи, являються основними техногенними забруднювачами навколишнього середовища.

Сьогодні більше ніж 7 тис. хімічних сполук забруднюють навколишнє середовище, які виділяються в процесі промислового виробництва, більшість з яких є токсичними, мутагенними і канцерогенними.

До найбільш поширених і небезпечних забруднювачів повітря належать діоксид азоту, бензол, води - пестициди, нітрати (солі азотної кислоти), ґрунту - поліхлоровані біфеніли, соляна кислота.

Кількість антропогенних забруднювачів зараз величезна і, на жаль, продовжує зростати. Особливо небезпечні важкі метали, які все більше накопичуються в ґрунті, воді та продуктах харчування.

В результаті спалювання палива щорічно в атмосферу викидається близько 22 мільярдів тон вуглекислого газу і 150 тон сполук сірки; у ґрунт внесено близько 500 мільйонів тон мінеральних добрив і 4 мільйони тон пестицидів; понад 160 км<sup>3</sup> шкідливих стічних вод світова промисловість скидає в річки.

За останні 50 років використання мінеральних добрив збільшилася в 45 разів, а пестицидів - в 10 разів, і хоча врожайність збільшилася всього на 15-20%, але багато разів збільшилося забруднення природних вод, ґрунтів і продуктів харчування. Використання мінеральних добрив за останні 50 років збільшилася в 45 разів, а пестицидів – в 10 разів, і на 15-20% збільшилася врожайність, але на багато збільшилося забруднення природних вод, ґрунтів і продуктів харчування [2].

Регулятори росту рослин – це органічні сполуки, які у досить низьких концентраціях викликають стимуляцію і пригнічення росту і морфогенезу рослин [14]. Фітогормони, такі як ауксини, гібереліни, цитокіни, етилен, абсцизова кислота та інгібітори негормональної природи – деякі феноли, похідні сечовини відносяться до природних регуляторів росту рослин.

Ідолилмасляна, індолілоцтова і нафтілолоцтова кислоти є синтетичними стимуляторами типу ауксинів, синтетичні інгібітори – морфактіни, ретарданти, дефоліани та ін. Зрушення в обміні речовин виникають при застосуванні регуляторів росту рослин, аналогічні ти, які виникають під потужним впливом зовнішніх умов (тривалість дня, температура та ін.), до посилення або гальмування зростання, прискорення утворення генеративних органів [29].

#### Синтетичні регулятори росту рослин

Використання синтетичних регуляторів росту рослин в світовому рослинництві є одним з центральних способів вирішення проблем отримання високих і стабільних урожаїв. До них відносяться з'єднання, які можуть активно впливати в невеликих кількостях на обмін речовин в рослинах, що у процесах росту і розвитку приводять до видимих змін.

Такі синтетичні регулятори росту рослин, як ретардант, хлорхолін, хлорид, тур, кампосан, гидрелом ширше використовуються у сільському господарстві [26].

Ретарданти - гальмівний тип синтетичних регуляторів росту, які здатні сповільнювати зростання рослин і не викликати у них аномальних відхилень.

Різні групи сповільнювачів суттєво відрізняються за своєю хімічною структурою, але викликають один і той же ефект - уповільнюють ділення і розтягнення клітин, що призводить до пригнічення росту в цілому. Відправною точкою для інтенсивного впровадження сповільнювачів в практику рослинництва стала можливість ефективного вирішення комплексної проблеми боротьби з зерновими культурами. Однак дія сповільнювачів не обмежується уповільненням лінійного росту.

Стійкість рослин до морозів і посухи значно підвищують ретарданти, врожайність сільськогосподарських рослин визначаються впливом патогенних мікроорганізмів та інших факторів [33].

Запобігання вилягання озимої пшениці, поліпшення якості та приживлюваності розсади томатів, збільшення насіння тонконога багаторічного, обмеженості зростання вусів полуниці і підвищення її врожайності, прискорення початку плодоношення яблунь використовується *хлорхолінхлорид*.

Хлорхолінхлорид підвищує стійкість до надлишку солей, хвороб кореневої гнилі, низьких і високих температур, збільшуючи загальний потенціал життєздатності рослин, а також сприяє більш економічному споживанню рослинами вологи з ґрунту [18].

*Тур* є найефективнішим регулятором росту, який підвищує морозостійкість і посухостійкість і попереджає вилягання озимої та ярової пшениці. Кампосан, застосовується для боротьби з появою озимого жита, льону – довгунця, ячменю, *етилен* продукуючий ретардант. *Гидрелом* – використовується для підвищення дозрівання плодів томатів, для запобігання проростання бульб картоплі і т. д. [42].

*Морфонол* скорочують час перебування на полях стручків бавовнику, а також прискорюють дозрівання цієї культури, також він є новим регулятором росту рослин. В умовах Азії, поліпшенню структури ґрунту і підвищенню врожайності слід, покоління бавовнику після його збирання, висівати на зелений корм [29].

Похідний спірокарбону – новий комплекс синтетичних регуляторів росту рослин, який під керівництвом доцента Речицького О. Н. синтезований у Херсонському державному університеті. Сполука, яка складається з двох гетероциклів, кожен з них містить атоми азоту і чотири атоми вуглецю, один з яких є спільним, називається спірокарбоном. Карбонільну групу містить кожне з цих кілець. Цикли знаходяться в трансконфігурації щодо загального атома вуглецю через стеричну інтерференцію і взаємного відштовхування неподілених пар електронів атомів азоту з загальним атомом вуглецю.

Синтез спірокарбону в ХДУ здійснюється двома способами. Кожен з яких в присутності сильної мінеральної кислоти, заснований на взаємодії сечовини з кетонами і їх похідними. В присутності концентрованої сірчаної кислоти, співвідношення сечовини з ацетоном становить 2:3, все це лежить в основі методу А. Сірчаною кислотою сіль спірокарбону утворюється в результаті реакції. Концентрованим розчином лугу з наступною перекристалізацією з води, отримують спірокарбон через нейтралізацію його сульфатно-кислої солі. Методом Б, який ґрунтується на взаємодії форону з сечовиною у співвідношенні 1:2 в присутності концентрованої сірчаної кислоти, отримують спірокарбон [46].

«Бурштинова кислота (бутандіова кислота, етан -1, 2 – дикарбонових кислот)  $\text{HOOC-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$  – двохосновна гранична карбонова кислота». Прозорі кристали, які розчинні у воді та етанолі. У невеликих кількостях міститься у великій кількості бурштину та рослин. Природний фітогормон, що прискорює розвиток кукурудзи, покращує врожай і стимулює ріст рослин. Шляхом гідрування малеїнового ангідриду, отримують бурштинову кислоту у промисловості. Штучно в XVII столітті ця речовина перегонкою бурштину була отримана вперше. Спірокарбон у процесі органічного синтезу з бурштиною кислотою утворили комплекс єдиної хімічної речовини [34].

Отже, існує велика кількість синтетичних регуляторів росту рослин, які здатні як стимулювати так і гальмувати життєдіяльність живих систем,



зокрема, рослин в умовах дії довкілля. Існує нагальна потреба у перевірці їх екологічної безпечності.

### **1.3. Тестування впливу хімічних речовин для збереження біосфери**

У м. Херсоні значний перелік джерел забруднення, найсуттєвішим з яких є автотранспорт. Незважаючи на припинення роботи багатьох промислових підприємств міста концентрація забруднення атмосферного повітря зростає. Для зменшення ризиків негативного впливу для людського здоров'я мешканців м. Херсона, навколишнього середовища (тварин, рослин) необхідна розробка та впровадження комплексної програми щодо оздоровлення стану атмосферного повітря обласного центру, що буде включати, насамперед, інтенсивне впровадження екологічно безпечних джерел енергії (сонячної, геотермальної, вітрової та гідроенергетики), підвищення рівня озеленення міста, планувальні заходи, технологічні прийоми [25].

Екологічні пожежі призводять до істотних економічних втрат і негативних екологічних наслідків та є небезпечним явищем у довкіллі. Відповідно до Державних програм лісогосподарські підприємства щорічно здійснюють комплекси заходів з охорони лісів від пожеж. Зокрема, у встановленому порядку затверджуються оперативно-мобілізаційні плани ліквідації лісових пожеж, ремонтується пожежна техніка та відповідний інвентар, створюються резерви пально-мастильних матеріалів, проводяться навчання відомчої пожежної охорони. Комітету, основними структурними одиницями якої є лісові пожежні станції [24].

Найбільше споживають води комунальні підприємства, які є і найбільшими джерелами утворення зворотних (стічних) вод. Через застарілі та неефективні очисні споруди відбувається забруднення поверхневих водних об'єктів області, що є серйозною проблемою для Миколаївської області [23].

Дослідження шляхів потрапляння шкідливих речовин у текстильні виробни та механізмів формування екологічної безпечності продукції текстильної промисловості на всіх етапах її виробництва має стати науковою основою використання позитивного європейського досвіду та впровадження заходів щодо поетапної реалізації в Україні двох підходів для покращення екологічної ситуації в сфері текстильного виробництва - «Екотекстиль» та «Екотехнології».

Поетапне застосування підходів «Екотекстиль» та «Екотехнології» забезпечить формування екологічної безпечності продукції текстильної промисловості на всіх етапах виробництва, а також сприятиме підвищенню конкурентоздатності вітчизняних товарів на внутрішньому ринку, розширенню можливостей виходу української продукції текстильної промисловості на міжнародні ринки та підвищенню репутації України як учасника міжнародних екологічних програм [35].

Задля забезпечення екологічної безпеки земельних ресурсів, державна політика повинна бути спрямована на вдосконалення нормативно-правової бази щодо здійснення державного контролю у сфері охорони земельних ресурсів та екологічної безпеки; перегляд існуючої організаційної структури і розподілу повноважень територіальних органів Державної екологічної інспекції України; здійснення комплексу заходів, спрямованих на підвищення рівня відповідальності суб'єктів господарювання за виконанням вимог земельного та природоохоронного законодавства; врегулювання відносин у сфері здійснення громадського контролю за використанням природних ресурсів та охороною земельних ресурсів [28].

Гостра проблема питної води України, потребує негайного вирішення, залучення нових технологій для видобутку екологічно чистої води, адже вода з високою концентрацією хімічних сполук є надзвичайно небезпечною для життя її споживачів [11].

Проблема забруднення навколишнього середовища відпрацьованими газами автотранспорту з кожним роком стає більш гострою. Він виступає

джерелом емісії в атмосферу складної суміші хімічних сполук, склад яких залежить від виду палива, типу двигуна й умов його експлуатації, від ефективності контролю викидів.

Разом з атмосферою забруднюються ґрунти, підземні та поверхневі води, адже між ними існує тісний зв'язок. На жаль, нові технології, котрі змогли б вирішити дане питання та покращити якісний стан навколишнього середовища, поки ще не доступні широкому колу користувачів [19].

За результатами дослідження дії синтетичних регуляторів росту на процеси ризогенезу декоративних рослин, було встановлено, що застосування регулятора росту «Корневін» російського виробництва сприяє процесам вкорінення, коренеутворення та лінійному росту. Тому з впевненістю можна рекомендувати цей регулятор росту для розмноження декоративних рослин методом живцювання [32].

Накопичення їх у довкіллі рік від року швидко зростає. Тому винахід простих, економічно не затратних і, водночас, валідних методик виміру впливу на живе довкілля особливо хімічних речовин, що мають господарське значення, стає вкрай необхідним. Одним з шляхів розв'язання окресленої проблеми може стати біотестування.

Нещодавно в Херсонському державному університеті був відновлений напрямок наукової роботи, пов'язаний з одним із сучасніших методів дослідження впливу довкілля на організм – тестування дії чинників засобами модельних систем. Це дало змогу протестувати синтетичну хімічну речовину комплекс спірокарбон і його похідних.

Одержані результати дослідження дають можливість припустити, що синтетичну хімічну речовину «комплекс спірокарбон з бурштиною кислотою» можна розглядати як антропогенний чинник, якому притаманний певний ступінь екологічної безпеки. Прикінцевий висновок про рівень такої безпеки препарату можна зробити після визначення особливостей його мутагенного і стресового впливу на модельну систему, що і становить мету наших подальших досліджень [41].

Проведене дослідження засвідчило відсутність у комплексу спірокарбона з бурштинової кислотою властивостей, які забезпечують токсичні, цитотоксичні, генотоксичні і істотне стресові впливу на організм. Таким чином, фітотестування цього комплексу на чотирьох рівнях *Allium test* довело високий ступінь його екологічної безпеки. Такий висновок підтверджують дослідження таких самих авторів, що проведені на менш чутливих фітотестах: пророщене насінні пшениці [38] і культури ряски малої [37].

Отримані результати дали можливість авторам розробити особливу різнорівневу шкалу для визначення статусу екологічної безпеки антропогенного чинника за допомогою *Allium test*. Відкритим залишається питання екологічної безпеки базової хімічної речовини досліджуваного класу нових препаратів - спірокарбона, про ушкоджуючі властивості якого на тваринний організм згадувалося вище [41].

Такі саме вчені розробили систему визначення екологічної безпеки засобами фітотестування. У ній вони виокремлюють чотири основні рівні організації рослинної модельної системи, за якими можна зробити ґрунтовний висновок про рівень шкідливого впливу певного чинника на фітотест і пояснити його механізми.

«Розроблена система визначення екологічної безпеки синтетичних хімічних речовин за рівнями фітотесту «проростки *Allium* сера L.» доведена щодо нового синтетичного регулятора росту рослин - комплексу спірокарбону з бурштиновою кислотою». Проведене дослідження засвідчило відсутність у комплексу спірокарбону з бурштиновою кислотою властивостей, що спричиняють токсичність, цитотоксичність, генотоксичність і суттєву стресову дію на організм. Фітотестування препарату на чотирьох рівнях організації проростків *Allium test* довело високий ступінь екологічної безпечності цієї синтетичної хімічної речовини. [36].

Отже, в подальших дослідженнях щодо визначення екологічної безпеки іншого похідного спірокарбону – його нового комплексу з борною кислотою - буде використано вказану систему.

#### **1.4 Відображення проблеми екологічної безпеки довкілля у змісті навчальної програми з біології для ЗЗСО.**

На формування в учнів відповідальності та екологічної свідомості, усвідомлення важливості сталого розвитку для майбутніх поколінь, соціальної активності, готовність брати участь у вирішенні питань збереження довкілля й розвитку суспільства націлена саме проблема екологічної безпеки і сталого розвитку.

У змістовній частині програми проблема екологічної безпеки розглядається в шостому класі: «Тема 2. Одноклітинні організми. Перехід до багатоклітинності. Тема уроку: Середовище існування одноклітинних організмів, їхніх процесів життєдіяльності, особливості будови, роль у природі та житті людини. Тема 3. Рослини. Тема уроку: Фотосинтез як характерна особливість рослин, живлення, дихання, рухи рослин. Тема 4. Різноманітність рослин. Тема уроків: Значення рослин для існування життя на планеті Земля. Значення рослин для людини. Тема 5. Гриби. Тема уроку: Значення грибів у природі та житті людини».

У програмі сьомого класу ця проблема висвітлена у темах: «Тема 1. Різноманітність тварин. Тема уроку: Способи класифікації тварин (за середовищем існування, способом пересування, способом життя тощо).Тема 4. Організм і середовище існування. Тема уроку: Поняття про екосистему та чинники середовища. Ланцюг живлення. Кругообіг речовин і потік енергії в екосистемі».

Проблема екологічної безпеки розглядається в таких темах у 9 класі: «Тема 8. Надорганізові біологічні системи. Тема уроків: Екосистема.

Різноманітність екосистем. Біосфера як цілісна система. Захист і збереження біосфери, основні заходи щодо охорони навколишнього середовища».

Також у змістовній частині в десятому класі проблема екологічної безпеки розглядаються: «Тема 1. Біорізноманіття. Тема уроків: Взаємодія вірусів з клітиною – хазяїном та їхній вплив на її функціонування. Роль вірусів в еволюції організмів. Використання вірусів у біологічних методах боротьби зі шкідливими видами».

Проблеми екологічної безпеки розглядаються у темах одинадцятого класу: «Тема 5. Адаптації. Тема уроку: Поширення паразитизму серед різних груп організмів. Тема 7. Тема уроків: Біосфера як глобальна екосистема, її структура та межі. Біогеохімічні цикли як необхідна умова існування біосфери. Вчення В. І. Вернадського про біосферу та ноосферу та його значення для уникнення глобальної екологічної кризи». Тема 8. Сталий розвиток та раціональне природокористування. Тема уроків: «Сучасні екологічні проблеми у світі та в Україні. Види забруднення, їхні наслідки для природних і штучних екосистем та людини. Поняття про якість довкілля. Критерії забруднення атмосферного забруднення. Концепція сталого розвитку та її значення. Природокористування в контексті сталого розвитку. Поняття про екологічне мислення. Необхідність міжнародної взаємодії у справі охорони довкілля».

Виходячи з програми можна сказати, що діти повинні знати і уміти використовувати набуті знання і навички.

Учні 6-х класів:

- називати: «середовища існування одноклітинних організмів, основні процеси життєдіяльності рослин (ріст, фотосинтез, дихання, транспорт речовин), умови за яких відбувається фотосинтез, середовища існування водоростей, мохів, хвощів, плаунів, папоротей, голонасінних і покритонасінних рослин»;

- оцінювати: «роль одноклітинних організмів у екосистемі, значення рослин для існування життя на Землі, значення грибів і лишайників у біосфері і житті людини»;
- усвідомлювати: «небезпеку інфекційних та паразитичних захворювань, небезпеку захворювань, що спричинюються грибами, небезпеку отруєння грибами, які виростили в різних екологічних умовах зростання»;
- аналізувати: «використання людиною грибів і лишайників».

Учні 7-х класів:

- називати: «середовища існування і способи життя тварин, чинники середовища існування»;
- висловлювати: «судження щодо різноманітності тварин, їх ролі у природі та значення в житті людини, щодо значення знань про біологічні особливості паразитичних безхребетних тварин для попередження зараження ними»;
- визначати: «роль організмів як компонентів екосистеми».

Учні 9-х класів:

- наводити: «приклади угруповань, екосистем»;
- пояснювати: «значення кругообігу речовин у збереженні екосистем, функціональні компоненти біосфери, роль заповідних територій у збереженні біологічного різноманіття, рівноваги у біосфері»;
- «застосовувати знання про особливості функціонування популяцій, екосистем, біосфери для обґрунтування заходів їх збереження, прогнозування наслідків впливу людини на екосистеми, визначення правил своєї поведінки в сучасних екосистемах».

## РОЗДІЛ 2

### ВИЗНАЧЕННЯ ТОКСИЧНОСТІ НОВОГО РЕГУЛЯТОРА РОСТУ РОСЛИН - КОМПЛЕКСУ СПІРОКАРБОНУ З БОРНОЮ КИСЛОТОЮ - ЗАСОБАМИ ФІТОТЕСТУВАННЯ

#### 2.1. Матеріали і методи дослідження

*Постановка експерименту 1:* «50 насінин (пшениці озимої і ячменю) для кожної чашки Петрі замочили за добу до пророщування в дистильованій воді (контроль) і розчинах комплексу спірокарбону з борною кислотою (СБор)  $10^{-2} - 10^{-7}$  моль/дм<sup>3</sup>». Насіння пророщували на кожному з вказаних варіантів у чашках Петрі. Кожний варіант експерименту пророщували в 3 чашках впродовж 2 діб при  $t = 26^{\circ}\text{C}$ . При цьому ретельно слідкували за ступенем вологості фільтрувального паперу, який змочували в кожному варіанті дистильованою водою. Експеримент закривали після 2 діб пророщення. Для кожного варіанту визначали такі біометричні показники: «довжину стебла ( $L_{\text{ст}}$ ), максимальну довжину коренів ( $L_{\text{к}}$ ) і відношення  $L_{\text{кор}}/L_{\text{ст}}$ ».

*Постановка експерименту 2.* 100 насінин (льону, рапсу і проса ) для кожної чашки Петрі замочили на 1 добу в дистильованій воді (контроль) і розчинах комплексу спірокарбону з борною кислотою (СБор)  $10^{-2} - 10^{-7}$  моль/дм<sup>3</sup>. Далі насіння пророщували як описано вище. Для кожного варіанту визначали такі біометричні показники: «показники  $L_{\text{прор}}$  та  $L_{\text{к}}$  і відношення  $L_{\text{кор}}/L_{\text{ст}}$ ».

*Методика обчислення індексу токсичності:* «Визначення фітотоксичної дії препарату проводились шляхом зіставлення показників тест-функцій ( $L_{\text{ср}}$ . та інш.) в контрольних і досліджуваних групах»:

$$T = ((L_{\text{к}} - L_{\text{дос.}}) / L_{\text{к}}) * 100\%, \text{ де}$$

$T$  – індекс токсичності;

$L_{\text{дос.}}$  – середнє значення кількісного показника в досліджуваній групі;



Лк. – середнє значення кiлькiсного показника в контролi.

Токсична дiя спостерiгається якщо  $T > 20\%$ ».

*Методика обчислення середнього значення iндексу токсичностi:*

«Показник визначається за формулою

$$IT = (T_1 + T_2 + \dots) / n, \text{ де}$$

IT – середнє значення iндексу токсичностi;

$T_1, T_2, T_n$  – iндекс токсичностi, що розраховується для кожної тест-функцiї (значення ростового показника токсичностi);

$n$  – кiлькiсть тест-вiдгукiв або показникiв токсичностi, що задiянi для кожного варiанту».

### Шкала оцiнки токсичностi чинникiв докiлля за iндексом токсичностi

[45]

| Рiвнi пригнiчення ростових процесiв (фiтотоксичний ефект), % | Рiвень токсичностi (IT) |
|--|-------------------------|
| 0 – 20   | Вiдсутня                |
| 20,1 – 40  | Слабка токсичнiсть      |
| 40,1 – 60  | Середня                 |
| 60,1 – 80  | Висока                  |
| 80,1 – 100   | Максимальна             |

#### *Статистична обробка кiлькiсних даних*

Статистичну обробку проводили з використанням ресурсу Excel.

1. Середнє значення кiлькiсних параметрiв обчислили за загальною

формулою: «  $\bar{x} \pm t_{st} * S_{\bar{x}}$ , де

а)  $\bar{x}$  - середнє значення;

б)  $t_{st}$  - значення t- критерiю Ст'юдента;

в)  $S_{\bar{x}}$  - середнє квадратичне вiдхилення, яке розраховується за формулою

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

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

$$t_{\text{екс}} = \frac{|\bar{x}_{\text{сп1}} - \bar{x}_{\text{сп2}}| \sqrt{|\bar{x}_{\text{сп1}} - \bar{x}_{\text{сп2}}|}}{\sqrt{Sx_1^2 + Sx_2^2} \sqrt{Sx_1^2 + Sx_2^2}}$$

$t_{\text{екс}} \geq t_{\text{ст}}$   $t_{\text{експ}} \geq t_{\text{ст}}$  – відмінності достовірні між 2 вибірками

$t_{\text{екс}} < t_{\text{ст}}$   $t_{\text{експ}} \geq t_{\text{ст}}$  -- відмінності не достовірні

$t_{\text{ст}} t_{\text{експ}} \geq t_{\text{ст}}$  – = 1,98 при  $n \gg 61$ ;  $t_{\text{експ}} \geq t_{\text{ст}}$  –

$t_{\text{ст}} = 1,96$  при  $n \gg 121$ ;

$t_{\text{ст}} = 2,31$  при  $n=8$  з  $p=0,07$ ».

## 2.2. Моніторинг біометричних показників проростків культурних рослин

Характеристика біологічних властивостей комплексу СБор засобами фітотестів пшениці озимої, ячменю, льону, проса та рапсу одержані в моніторинговому дослідженні. Визначення екологічної безпеки синтетичного регулятора росту рослин – комплексу спірокарбону з борною кислотою – здійснено за організованим рівнем тест-об'єкту – фітотесту «пророщення насіння одно- і дводольних рослин». В якості тест-критеріїв для моніторингу токсичності препарату застосували значення біометричних показників.

Далі розглянуті одержані результати окремо для кожного фітотесту.

### 2.2.1. Пшениця озима

У таблиці 2.1. містяться узагальнені дані щодо моніторингу біометричних показників фітотесту «пророщене насіння пшениці озимої» в умовах формування проростку за дії спектру концентрацій комплексу спірокарбону з борною кислотою. Як свідчать дані цієї таблиці, тільки найвища концентрація препарату змінила ростові показники фітотесту.

Інші його концентрації не вплинули ані на ростові показники, ані на показники процесу координації росту органів проростку. Водночас препарат у концентрації  $10^{-2}$  мол/дм<sup>3</sup> проявив достовірну дію на ріст органів проростку пшениці озимої. Такий факт спричинив необхідність обчислення Т і ІТ. Значення останніх містить таблиця 2.2. Обчислення значення ІТ засвідчило: його значення складає 22,8% від контролю, що відповідає слабкому рівню токсичної дії.

Таблиця 2.1

**Динаміка ростових параметрів і показників координації росту органів проростка пшениці *Triticum* за дії комплексу спірокарбону з борною кислотою**

| Варіант /показник | Л ст.               | Л к.г               | Л к.б               | Лк.г/ст   | Л к.г/к.б |
|-------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------|-----------|
| Контроль          | 15,4 ± 1,9          | 34,3 ± 2,6          | 31,0 ± 2,1          | 2,4 ± 1,7 | 1,1 ± 1,7 |
| 10 <sup>-2</sup>  | <b>10,5 ± 1,8 *</b> | <b>24,5 ± 2,0 *</b> | <b>22,8 ± 2,0 *</b> | 2,5 ± 1,7 | 1,2 ± 1,7 |
| 10 <sup>-3</sup>  | 14,7 ± 1,0          | 35,5 ± 1,9          | 31,8 ± 1,4          | 2,6 ± 0,7 | 1,1 ± 0,7 |
| 10 <sup>-4</sup>  | 16,6 ± 1,2          | 35,3 ± 2,0          | 33,3 ± 1,5          | 2,2 ± 0,7 | 1,1 ± 0,7 |
| 10 <sup>-5</sup>  | 16,0 ± 1,1          | 34,1 ± 2,3          | 33,0 ± 1,5          | 2,2 ± 1,3 | 1,0 ± 1,3 |
| 10 <sup>-6</sup>  | 17,4 ± 1,2          | 36,4 ± 1,9          | 36,6 ± 1,6          | 2,1 ± 1,3 | 1,0 ± 1,3 |
| 10 <sup>-7</sup>  | 17,2 ± 1,6          | 34,7 ± 2,3          | 34,4 ± 1,8          | 2,1 ± 1,3 | 1,0 ± 1,3 |

\*достовірно відрізняється від контролю при  $p=0,05$

Таблиця 2.2

**Значення індексу Т та ІТ за біометричними показниками фітотесту  
«пророщене насіння пшениці озимої»**

| Концентрація препарату | Значення Т |           |           | ІТ   |
|------------------------|------------|-----------|-----------|------|
|                        | Лстебло    | Лгол.кор. | Лбічн.кор |      |
| 10 <sup>-2</sup>       | 31,8       | 28,5      | 26,4      | 22,8 |
| 10 <sup>-3</sup>       | 4,5        |           |           |      |

Отже, проведений моніторинг токсичності комплексу спірокарбону з борною кислотою засобами фітотесту «пророщене насіння пшениці озимої» довів наявність в нього лише слабкої токсичної дії, що свідчить про екологічну безпеку препарату.

### **2.2.2. Льон**

У таблиці 2.3. містяться узагальнені дані щодо моніторингу біометричних показників фітотесту «пророщене насіння льону» в умовах формування проростку за дії спектру концентрацій комплексу спірокарбону з борною кислотою. Статистичне оброблення одержаних даних засвідчило про відсутність достовірних відмінностей експериментальних показників від контролю за всіма біометричними параметрами фітотесту.

Проте, це свідчить про те, що одержанні дані не є надійними і потребують подальшого дослідження та отримання більш надійних даних. Значення Т та ІТ не обчислювались, так як відсутні достовірні відмінності біометричних показників.

*Таблиця 2.3*

**Динаміка ростових параметрів і показників координації росту органів  
проростка льону *Linum* за дії комплексу спірокарбону з борною  
кислотою**

| Варіант/показник | Лпрор.    | Лк.        | Лк/ст     |
|------------------|-----------|------------|-----------|
| Контроль         | 6,9 ± 2,2 | 18,8 ± 2,5 | 3,1 ± 1,4 |
| 10 <sup>-2</sup> | 4,8 ± 1,5 | 20,6 ± 1,7 | 5,0 ± 1,5 |
| 10 <sup>-3</sup> | 5,9 ± 1,1 | 19,4 ± 1,4 | 3,4 ± 1,3 |
| 10 <sup>-4</sup> | 6,2 ± 0,8 | 22, ± 1,3  | 4,0 ± 0,7 |
| 10 <sup>-5</sup> | 6,4 ± 2,2 | 20,4 ± 2,5 | 3,4 ± 0,9 |
| 10 <sup>-6</sup> | 6,0 ± 1,0 | 22,8 ± 1,4 | 4,6 ± 0,8 |
| 10 <sup>-7</sup> | 6,2 ± 1,6 | 21,4 ± 1,9 | 4,1 ± 0,8 |

*\*достовірно відрізняється від контролю при  $p=0,05$*

Отже, моніторинг токсичності комплексу спірокарбону з борною кислотою засобами фітотесту «пророщене насіння льону» продемонстрував її відсутність. Водночас існує необхідність подальшого уточнення зробленого висновку.

### 2.2.3. Просо

Таблиця 2.4. містить узагальнені дані щодо моніторингу біометричних показників фітотесту «пророщене насіння проса» в умовах формування проростку за дії спектру концентрацій комплексу спірокарбону з борною кислотою. Як свідчать дані таблиці препарат впливає на складові формування проростку. Статистичне оброблення даних засвідчило, що різні концентрації комплексу СБор неоднаково впливають на ростові показники і показники координацію росту проростка проса.

Так, відносно контролю майже всі концентрації є рістрстимулюючими окрім 10<sup>-2</sup> мол/дм<sup>3</sup>, яка проявляє гальмуючий ефект. Тому це свідчить про наявність у досліджуваного препарату рістррегулюючих властивостей стосовно процесу формування проростку просу. Дані таблиці 2.5 свідчать, що токсична дія проявляється лише для найвищої концентрації препарату. Значення ІТ складає 25,1% від контролю, що за [45] свідчать про слабку токсичну дію.

Таблиця 2.4

**Динаміка ростових параметрів і показника координації росту органів  
проростка проса *Panicum* за дії комплексу спірокарбону з борною  
кислотою**

| Варіант/показник | <b>Лпрор.</b>    | <b>Лк.</b>       | <b>Лк /Лст</b>  |
|------------------|------------------|------------------|-----------------|
| Контроль         | 11,9±0,7         | 26,3±1,1         | 2,4±0,1         |
| 10 <sup>-2</sup> | <b>7,8±0,5*</b>  | <b>22,1±1,1*</b> | <b>3,0±0,2*</b> |
| 10 <sup>-3</sup> | <b>14,1±0,9*</b> | 27,5±1,5         | <b>2,1±0,2*</b> |
| 10 <sup>-4</sup> | <b>16,0±0,8*</b> | <b>29,7±1,4*</b> | <b>2,0±0,2*</b> |
| 10 <sup>-5</sup> | <b>17,6±0,8*</b> | <b>31,4±1,2*</b> | <b>1,9±0,1*</b> |
| 10 <sup>-6</sup> | <b>20,8±0,9*</b> | <b>31,7±1,3*</b> | <b>1,6±0,2*</b> |
| 10 <sup>-7</sup> | <b>18,3±1,0*</b> | <b>34,3±1,7*</b> | <b>2,0±0,2*</b> |

*\*достовірно відрізняється від контролю при p=0,05*

Таблиця 2.5

**Значення індексу Т та ІТ за біометричними показниками фітотесту  
«пророщене насіння проса»**

| Концентрація<br>препарату | Значення Т                          |                                  | ІТ   |
|---------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|------|
|                           | <b>Лпроросток<br/>Т<sub>1</sub></b> | <b>Лкореня<br/>Т<sub>2</sub></b> |      |
| 10 <sup>-2</sup>          | 34,4                                | 15,9                             | 25,1 |

Отже, фітотестування токсичності комплексу спірокарбону з борною кислотою засобами фітесту «пророщене насіння проса» показало, що абсолютна більшість концентрацій препарату володіє рїстрегулючими

властивостями щодо процесу формування проростку. Найбільша концентрація препарату гальмує ріст органів, проте володіє лише слабкою токсичною дією.

#### 2.2.4. Рапс

Як свідчать дані таблиці 2.6 щодо моніторингу біометричних показників фітотесту «пророщене насіння рапсу», комплекс спірокарбону з борною кислотою по різному впливає на ріст проростку та кореня. Препарат проявляє як гальмуючі так і стимулюючі властивості.

Так, відносно контролю всі концентрації росту проростка і найвища концентрація росту кореня є інгібуючими. Тому це свідчить про наявність у досліджуваного препарату рістрегулюючих властивостей. За даними таблиці токсична дія проявляється майже на всіх концентраціях препарату. ІТ складає 17,8%.

Таблиця 2.6

**Динаміка ростових параметрів і показника координації росту органів проростка рапсу *Brassicanapus L.* за дії комплексу спірокарбону з борною кислотою**

| Варіант/показник | <b>Лпрор.</b>   | <b>Лк.</b>       | <b>Лк /Лст</b>  |
|------------------|-----------------|------------------|-----------------|
| Контроль         | 6,2±0,4         | 26,7±1,1         | 4,8±0,4         |
| 10 <sup>-2</sup> | <b>4,8±0,4*</b> | <b>24,3±1,0*</b> | <b>5,8±0,4*</b> |
| 10 <sup>-3</sup> | <b>5,3±0,5*</b> | <b>28,7±1,2*</b> | <b>6,5±0,5*</b> |
| 10 <sup>-4</sup> | <b>5,2±0,5*</b> | <b>32,0±1,2*</b> | <b>7,6±0,6*</b> |
| 10 <sup>-5</sup> | <b>4,6±0,5*</b> | <b>30,0±1,3*</b> | <b>8,0±0,6*</b> |
| 10 <sup>-6</sup> | 5,4±0,8         | <b>32,5±1,6*</b> | <b>7,3±0,9*</b> |
| 10 <sup>-7</sup> | <b>5,0±0,9*</b> | <b>35,9±2,1*</b> | <b>8,9±1,1*</b> |

- *достовірно відрізняється від контролю при p=0,05*

Таблиця 2.7

**Значення індексу Т та ІТ за біометричними показниками фітотесту  
«пророщене насіння рапсу»**

| Показник                     | Концентрація препарату |           |           |           |           |
|------------------------------|------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                              | $10^{-2}$              | $10^{-3}$ | $10^{-4}$ | $10^{-5}$ | $10^{-7}$ |
| <b>T<sub>1</sub>(Лпрор.)</b> | 22,5                   | 14,5      | 16,1      | 25,8      | 19,3      |
| <b>T<sub>2</sub> (Лкор.)</b> | 8,9                    |           |           |           |           |
| <b>ІТ</b>                    | 17,8                   |           |           |           |           |

Отже, за результатами фітотестування токсичності комплексу спірокарбону з борною кислотою засобами фітотесту «пророщене насіння рапсу» виявлено, що препарат має рістрегулюючі властивості стосовно формування проростку: він спроможний і гальмувати, і прискорювати ріст органів, достовірно змінювати координацію росту органів. Водночас у препарату відсутня токсична дія, що свідчить про його екологічну безпеку.

### **2.2.5. Ячмінь**

У таблиці 2.5. містяться узагальнені дані щодо моніторингу біометричних показників фітотесту «пророщене насіння ячменю» в умовах формування проростку за дії спектру концентрацій комплексу спірокарбону з борною кислотою. Дані таблиці свідчать, що комплекс СБор має стимулюючі властивості стосовно росту стебло щодо всіх його концентраціях, окрім концентрації  $10^{-2}$ .

Дані щодо росту кореня свідчать, що цей показник знаходився під різностпрямованим впливом препарату за умови дії різних його



концентрацій. Данні таблиці 2.9 свідчать, що токсична дія відсутня, значення ІТ складає 16,6%.

Таблиця 2.8

**Динаміка ростових параметрів і показника координації росту органів проростка ячменя *Hordeum* за дії комплексу спірокарбону з борною кислотою**

|                  | <b>Л ст.</b>       | <b>Л к.</b>        | <b>Лк/ Лст</b>    |
|------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| Контроль         | 7,8 ± 0,9          | 34,2 ± 1,9         | 6,6 ± 1,9         |
| 10 <sup>-2</sup> | <b>6,5 ± 0,7*</b>  | 32,6 ± 1,2         | 7,4 ± 1,7         |
| 10 <sup>-3</sup> | <b>11,2 ± 0,9*</b> | 36,6 ± 1,8         | <b>4,5 ± 1,9*</b> |
| 10 <sup>-4</sup> | <b>10,1 ± 0,9*</b> | 36,5 ± 2,1         | <b>4,1 ± 1,3*</b> |
| 10 <sup>-5</sup> | <b>10,4 ± 0,9*</b> | 33,4 ± 2,1         | <b>3,9 ± 1,6*</b> |
| 10 <sup>-6</sup> | <b>13,1 ± 1,0*</b> | <b>38,8 ± 1,7*</b> | <b>3,3 ± 1,4*</b> |
| 10 <sup>-7</sup> | <b>11,3 ± 0,9*</b> | <b>39,1 ± 1,7*</b> | <b>4,3 ± 1,4*</b> |

*\*достовірно відрізняється від контролю при p=0,05*

Таблиця 2.9

**Значення індексу Т та ІТ за біометричним показником Л ст. фітотесту «пророщене насіння ячменю»**

| <b>Концентрація препарату</b> | <b>Значення Т (Лстебло)</b> | <b>ІТ</b> |
|-------------------------------|-----------------------------|-----------|
| 10 <sup>-2</sup>              | 16,6                        | 16,6      |

Отже, проведений моніторинг токсичності комплексу спірокарбону з борною кислотою засобами модельної системи «пророщене насіння ячменю» довів:

- наявність в нього рістрегуючих властивостей;

- він при найвищій концентрації достовірно гальмує, а у інших концентраціях може стимулювати ріст органів проростку;
- препарат суттєво змінює координацію росту органів;
- проте токсичністю препарат стосовно процесу формування проростку ячменю не володіє.

Для узагальнення даних стосовно визначення токсичної дії комплексу спірокарбону з борною кислотою складена таблиця 2.10. Вона містить дані щодо загальної токсичної дії препарату за біометричними показниками всіх фітотестів. Дані цієї таблиці свідчать, що препарат має не однаковий токсичний вплив відносно процесу формування проростку у одно- і

*Таблиця 2.10*

**Визначення значень середнього індексу токсичності комплексу спірокарбону з борною кислотою засобами фітотестів «пророщене насіння одно- і дводольних»**

| ІТ      | Назва виду    |       |       |        |
|---------|---------------|-------|-------|--------|
|         | Пшениця озима | Просо | Рапс  | Ячмінь |
| Ступінь | 22,8%         | 25,1% | 17,8% | 16,6%  |

дводольних рослин. Так, щодо пшениці озимої і проса препарат проявляє слабку токсичну дію. Водночас для рапсу і ячменю така дія у препараті відсутня за [45]. Одержані дані подібні тим, що продемонстрував інший препарат з групи похідний спірокарбону (комплекс спірокарбону з бурштиною кислотою) [36-41].

Проведене експериментальне дослідження засобами фітотестів «пророщене насіння одно- і дводольних» стосовно виявлення токсичності

похідного спірокарбону – його комплексу з борною кислотою встановило, що:

- у препараті відсутня або може проявлятися слабка токсична дія (для найвищої концентрації) стосовно процесу формування проростку одно- і дводольних рослин, що свідчить про його екологічну безпеку на організмовому рівні організації рослин;
- продемонстрований ефект співпадає з тим, що показано для іншого препарату з класу біциклічних біссечовин – комплексу спірокарбону з бурштиною кислотою;
- препарат може регулювати ріст рослин під час формування проростків у одно- і дводольних рослин, тобто є рістрегулюючим засобом щодо процесу формування проростків таких рослин;
- вказаний ефект не однаковий для різних рослин і не пов'язаний з їх відношенням до певних систематичних груп (класів).

### **2.3. Розроблення пізнавальних завдань, щодо використання результатів наукового пошуку щодо дії регулятору росту рослин засобами фітотестування.**

У навчальній програмі з біології 9 та 11 класів результати проведення дослідження з дії синтетичного регулятора росту засобами фітотестування, щодо визначення екологічної безпеки, можна використовувати для вивчення нового матеріалу, або на етапі мотивації, або для розроблення різноманітних завдань.

**Тема 2: «Одноклітинні організми. Перехід до багатоклітинності. Тема уроку: Середовище існування одноклітинних організмів, їхніх процесів життєдіяльності, особливості будови, роль у природі та житті людини».**

На етапі актуалізації опорних знань вчитель пропонує учням дати відповіді на наступні запитання:

1. Яку роль відігравали бактерії у прадавні роки? (утворювали корисні копалини – самородної сірки, «болотної» залізної руди та газу).
2. Що таке пробіотики? (корисні бактерії, що додаються до продуктів харчування з метою лікування або профілактики захворювань).
3. Яка найважливіша функція бактерій у природі? (очищення планети від решток інших організмів).

Завдяки кому на Землі виникла киснева атмосфера? (ціанопрокаріотам) [І. Ю. Костіков Біологія 6 клас].

**Тема 5: «Гриби. Тема уроку: Значення грибів у природі та житті людини».**

На етапі вивчення нового матеріалу вчитель пропонує пригадати будову грибів, також розглянути значення грибів у природі, розповісти яке місце гриби займають в житті рослин, тварин і людини.

На етапі узагальнення і систематизації знань учням потрібно відповісти на наступні питання:

1. Який паразитичний гриб спричиняє суху гниль дерев? (гриб трутовик).
2. Які гриби беруть участь у процесах утворення ґрунтів та підвищують їх родючість? (ґрунтові сапротрофи).
3. Які види смертельно отруйних грибів ростуть у нашій країні? (бліда поганка, білий мухомор, мухомор смердючий) [І. Ю. Костіков Біологія 6 клас].

**Тема 1: «Різноманітність тварин. Тема уроку: Тварини, їхня класифікація та значення».**

На етапі вивчення нового матеріалу вчитель формує в учнів поняття про класифікацію тварин. Ознайомлює з основними систематичними категоріями розподілу тварин на групи (царство, тип, клас, ряд, родина, рід, вид). Забезпечити засвоєння знань про значення тварин у природі і житті людини.

На етапі узагальнення і систематизації знань вчитель пропонує учням відповісти на наступні питання:

1. Яку роль тварини відіграють у природі? (грунтоутворення, розклад органічних решток, запилення квіткових рослин і поширення плодів і насіння, утворення осадкових порід, очищення води).
2. Для чого використовується біологічний спосіб з комахами-шкідниками? (для обмеження чисельності комах-шкідників).
3. Джерелом чого виступають тварини? (їжі, сировини, ліків) [В. І. Соболев Біологія 7 клас].

**Тема 1: «Біорізноманіття. Тема уроку: Роль вірусів у природі та житті людини».**

На етапі вивчення нового матеріалу вчитель продовжує формувати в учнів знання про неклітинні форми життя. Показує роль вірусів у природі та в житті людини, застосовуючи знання про процеси життєдіяльності вірусів для профілактики вірусних захворювань людини, тварин, рослин. Учні повинні розкрити поняття «епідемія», «пандемія», «патогенність».

На етапі узагальнення і систематизації знань учні мають відповісти на такі питання:

1. Як патогенність впливає на процес фотосинтезу в Світовому океані, кругообігу Карбону? (віруси регулюють чисельність своїх хазяїв).
2. Як віруси використовують у біологічних методах боротьби зі шкідливими видами? (метою біологічних методів боротьби є не повне винищення виду шкідників, а утримання його кількості на оптимальному рівні, завдяки використанню вірусів або продуктів їх життєдіяльності) [В. І. Соболев Біологія 10 клас].

**Тема 8. Надорганізміві біологічні системи. Тема уроку: Біосфера як цілісна система.**

Запропоновані нижче завдання можна використовувати на вивчення нового матеріалу або на етапі закріплення і корекції.

Карбон – основний хімічний елемент живої речовини, оскільки входить до складу різноманітних органічних речовин.

Вчитель або роздає, або заздалегідь надсилає у Вайбер або Телеграм текс і ілюстрацію з кругообігом Карбону.

Завдання 1. Розглянути малюнок, визначити послідовність процесів, що становлять основу кругообігу Карбону у біосфері. (Кругообіг карбону в екосистемах пов'язаний з двома основними процесами – фіксація вуглекислого газу в процесі фотосинтезу та його повернення в атмосферу під час дихання. Автотрофні організми здатні включати неорганічний вуглекислий газ до складу цукрів та інших органічних речовин. Виділення вуглекислого газу назад в атмосферу відбувається в процесі дихання живих організмів, розкладанням мертвої органіки та промисловими і транспортними викидами).



Завдання 2. Поясніть, як ви розумієте термін «синтетичний регулятор росту рослин»? (Синтетичні регулятори росту – низькомолекулярні речовини, які при виключно малих концентраціях у рослин суттєво змінюють процеси їх життєдіяльності).

Завдання 3. Розгляньте таблицю 2.4. «Динаміка ростових параметрів і показників координації росту органів проростка проса *Panicum* за дії синтетичного регулятора росту (комплексу спірокарбону з борною кислотою)». Проаналізуйте данні таблиці визначте як ця хімічна сполука впливає:

- на показник росту;
- на показник координації росту фітотесту.

Завдання 4. За даними таблиці 2.4. «Динаміка ростових параметрів і показників координації росту органів проростка проса *Panicum* за дії синтетичного регулятора росту (комплексу спірокарбону з борною кислотою)» і зробіть висновки про те:

- як змінюється довжина проростка і кореня (для найбільшої концентрації порівняно з контролем довжина органів зменшується, а для інших збільшується);
- як змінюється показник координації росту органів (для найбільшої концентрації показник координації росту органів зменшується, а для інших збільшується).

Для формування висновків значення для кожної концентрації порівняти з контролем.

Завдання 5. Розглянути таблиці 2.5. «Значення індексу Т та ІТ за біометричними показниками фітотесту пророщене насіння проса» і таблицю «Шкала оцінки токсичності чинників довкілля за індексом токсичності» визначити:

- який орган фітотесту вражається більше:  $L_{\text{прор.}}$  і  $L_{\text{кореня}}$  (проросток);
- середній індекс токсичності (ІТ) (25,1);
- рівень токсичності за таблицею «Шкала оцінки токсичності чинників довкілля за індексом токсичності» (слабка токсична дія).

## ВИСНОВКИ

1. Встановлено на основі аналізу наукової літератури, що біосфера не може функціонувати як замкнута екосистема, вона є високоорганізованою саморегулюючою, стабільною, відкритою екосистемою. Усі живі організми отримують із довкілля хімічні елементи (близько 80), які потім використовують для життєдіяльності. Синтетичні регулятори росту рослин складають групу антропогенних чинників довкілля, тому потребують перевірки на екологічну безпечність. Розроблено систему визначення такого показника за рівнями організації фітотесту, яка дає можливість охарактеризувати для вказаних препаратів токсичність, цито- і генотоксичність, наявність спричинювати молекулярний стрес.

2. Експериментальне дослідження щодо визначення токсичності нового регулятора росту рослин – комплексу спірокарбону з борною кислотою засобами батареї фітотестів культурних рослин встановило:

- у препараті відсутня або може проявлятися слабка токсична дія (для найвищої концентрації) стосовно процесу формування проростку одно- і дводольних рослин, що свідчить про його екологічну безпеку на організмовому рівні організації рослин;
- продемонстрований ефект співпадає з тим, що показано для іншого препарату з класу біциклічних біссечовин – комплексу спірокарбону з бурштиною кислотою;
- препарат може регулювати ріст рослин під час формування проростків у одно- і дводольних рослин, тобто є рістрегулюючим засобом щодо процесу формування проростків таких рослин;
- вказаний ефект не однаковий для різних рослин і не пов'язаний з їх відношенням до певних систематичних груп (класів).

3. Відпрацьовано методику виготовлення давленого препарату з кінчика кореня цибулі і цитологічні методики визначення цито- і генотоксичності хімічних речовин на таких препаратах.



4. Розроблено і апробовано пізнавальні завдання з біології для формування поняття «екологічна безпека антропогенного чинника» за результатами експериментального дослідження дії нового регулятора росту рослин засобами фітотестування. Вони можуть бути використані у темах навчальної програми «Біологія»:

- 6 клас: «Тема: Одноклітинні організми. Перехід до багатоклітинності. (Тема уроку: Середовище існування одноклітинних організмів, їхніх процесів життєдіяльності, особливості будови, роль у природі та житті людини); Тема: Гриби. (Тема уроку: Значення грибів у природі та житті людини)»;
- 7 клас: «Тема: Різноманітність тварин. (Тема уроку: Тварини, їхня класифікація та значення)»;
- 9 клас: «Тема: Надорганізмові біологічні системи.(Тема уроку: Біосфера як цілісна система)»;
- 10 клас: «Тема: Біорізноманіття. (Тема уроку: Роль вірусів у природі та житті людини)».

Розроблені завдання для 9 класу і апробовані під час проведення позакласного заходу з фаху (Гра-квест з теми «Біосфера як цілісна система») у академічному ліцеї ім. О. В. Мішукова при ХДУ, під час проходження педагогічної практики.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Білявський Г. О., Фурдун Р. С., Костіков І. Ю. Основи екології : підруч. для вищ. навч. закладів. К. : Либідь, 2004. 408 с.
2. Білявський Г. О., Фурдун Р. С., Костіков І. Ю. Основи екології : навч. посіб. К. : Либідь, 2006. 408 с.
3. Білявський Г. О., Фурдун Р. С., Костіков І. Ю. Основи екології : підручник 2-е вид. К. : Либідь, 2005. 408 с.
4. Вернадский В. И. Биосфера и ноосфера. М.: Наука, 1989. 148 с.
5. Вернадский В. И. Научная мысль как планетное явление. М.: Наука, 1991. 272 с.
6. Вернадский В. И. Философские мысли натуралиста. М.: Наука, 1988. 520 с.
7. Вернадський і сучасність / за ред. : Б. С. Соколова, А. Л. Яншина. М.: Наука, 1986. 232 с.
8. Гончаренко М. С., Бойчук Ю. Д., Кочубей Н. В. Екологія людини : навч. посіб. для студ. вузів. К. : Княгиня Ольга, 2005. 394 с.
9. Гончаренко А. В., Зайончковский Ю. В. Географія : навч. посіб. для школ., абіт., студ. Х. : Парус, 2005. 504 с.
10. Грицик В., Канарський Ю., Бедрій Я. Екологія довкілля. Охорона природи : навч. посіб. для студентів ВНЗ. К. : Кондор, 2018. 290.
11. Давітян Д. Л. Дослідження джерел водопостачання України з прогнозуванням можливих захворювань, викликаних споживанням води з даних джерел / Д. Л. Давітян, Н. В. Тронь // Екологічна безпека держави : зб. тез доп. всеукр. наук. - практ. конф. К. : НАУ, 2016. 263 с.
12. Докучаев В. В., Прасолова Л. І., Тюрина І. В. Перетворення природи ступенів : роботи з досл. ґрунтів і оцінки землі, вчення про зональність і класифікація ґрунтів. М.-Л. : АН СРСР, 1951. Т. 6. 596 с.
13. Дорохов В. І., Павлюк Г. В., Федішин Б.М. Біогеохімія : навч. посіб. для студ. вузів. Житомир : Полісся, 2004. 546 с.

14. Ересько В. А., Голик Г. А., Евтушенко В. П. Регулятори росту рослин. Автор.свидет. 1628255, опуб. 15.10.1990
15. Зеленська В. А. Основи екології : навч. посіб. для студ. ВНЗ. Краматорськ : ДДМА, 2011. 208 с.
16. Обрані наукові праці академіка В. І. Вернадського Т. 9. Володимир Іванович Вернадський. Щоденники (1917 - 1921). Київ, 2011. 327 с.
17. Іванов В. Г. Екологічна хімія : конспект лекції. Х. : Вид. ХНЕУ, 2013. 108 с.
18. Кефели В. І., Прусакова Л. Д. Хімічні регулятори рослин. М. : Знание, 1985. 64 с.
19. Комарова Ю.С. Шкідливий вплив автомобільного транспорту на стан навколишнього середовища/ Ю. С. Комарова // Екологічна безпека держави: зб. тез доп. всеукр. наук. - практ. конф. К. : НАУ, 2016. 262 с.
20. Корте Ф., Бахадир М., Клайн В., Лай Я. Екологічна хімія : навч. посіб. М. : Мир, 1997. 396 с.
21. Кукурудза С. І. Біогеографія : підручник. Л. : Вид. ЛНУ ім. І. Франка, 2006. 504 с.
22. Кукушкін Ю. Н. Хімія навколо нас : довід. посіб. М.: Вища школа, 1992. 192 с.
23. Кушнір А. А. Вплив об'єктів промисловості Миколаївської області на поверхні вод/ А. А. Кушнір// Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: матер. міжнар. наук. конф. Х. : ХНУ ім. В.Н.Каразіна, 2017. С. 195-197.
24. Малєєв В. О. Аналіз причин пожеж штучних лісів Херсонщини/ В. О. Малєєв , Т. С. Каменєва// Екологічна безпека держави: зб. тез доп. всеукр. наук. - практ. конф. К. : НАУ, 2016. С. 155-157.
25. Малєєв В. О. Дослідження викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря м. Херсона / В. О. Малєєв, В. С. Хохуля //Екологічна безпека держави : зб. тез доп. всеукр. наук. - практ. конф. К. : НАУ, 2017. С. 193-195.

26. Муромцев Р. С., Чканників Д.І., Куравлева О. Н. Основи хімічної регуляції росту і продуктивності рослин. М.: Агропромиздат, 1987. 383 с.
27. Мягченко О. П. Безпека життєдіяльності людини та суспільства : навч. посіб. Київ : Центр учбової літератури, 2010. 384 с.
28. Нагорна Л.Р. Екологічна безпека в галузі охорони земельних ресурсів: сучасний стан, основні проблеми та шляхи вирішення / Л. Р. Нагорна // Екологічна безпека держави : зб. тез доп. всеукр. наук. - практ. конф. К. : НАУ, 2016. 263 с.
29. Нікел Л. Дж. Регулятори росту і розвитку росли. М., 1984. 191с.
30. Нікітін Д. П., Новіков Ю. В. Зовнішнє середовище і людина. М.: Вища школа, 1980. 315с.
31. Олійник Я. Б., Шищенко П. Г., Гавриленко О. П. Основи екології : підручник. К. : Знання, 2012. 558 с.
32. Марченко М. Г. Фізіологічний вплив синтетичних регуляторів росту на процеси ризогенезу живців дейції пурпурової і жасміну садового. зб. наук. праць. Житомир: П.П. «Рута», 2015. 524 с.
33. Польовий В. В. Фізіологія рослин : підр. для вузів. М.: Вища школа, 1989. 464 с.
34. Речицький О. Н. Дослідження ріст регулюючо активності спірокарбону та його похідні на рослинних об'єктах. / О. Н. Речицький, Л. Л. Пилипчу, В. І. Єзіков, Т. А. Косяк: Зб. наук. праць. Теорія і практика сучасного природознавства. Херсон: ПП Вишемірський В. С., 2009. С. 66-70.
35. Салізков А. М. Екологічна безпека текстильної продукції та підприємств текстильної промисловості/ А. М. Слізков, Н. І. Упірова// Екологічна безпека держави : зб. тез доп. всеукр. наук. - практ. конф. К. : НАУ, 2016. 263 с.
36. Сидорович М.М. Визначення екологічної безпеки синтетичних хімічних речовин за рівнями фітотесту «проростки Allium сера L.» / М.М. Сидорович, О.Н. Речицький // Зб. наук. праць. Херсон: ФОП Вишемирський В.С., 2018. С. 56 – 63.

37. Сидорович М. М. Моніторинг біологічних властивостей комплексу спірокарбон з бурштиною кислотою засобами фітотесту «культура ряски малої *Lemna minor* L.» // М. М. Сидорович, М. В. Баканча / Екологічна безпека держави: зб. тез доп. всеукр. наук. - практ. конф. К. : НАУ, 2014. С. 180 -182.
38. Сидорович М. М. Моніторинг властивостей комплексу спірокарбон з янтарною кислотою засобами тест-системи «пророщене насіння пшениці» /М. М. Сидорович, М. П. Баканча, С. Ю. Кот // Зб. наук. праць. Культура здоров'я. Херсон : П.П. Вишемирський В. С., 2012. С. 52-54.
39. Сидорович М. М. Похідні спірокарбону і захист рослин від гіпоксичного впливу / М. М. Сидорович, О. Н. Речицький, В. С. Барсук // Сучасні хімічні технології: екологічність, інновації, ефективність : зб. тез доп. всеукр. наук. - практ. конф. Херсон : ФОП Вишемирський В. С., 2019. 100 с.
40. Сидорович М. М. Фітотестирование цитотоксичности и мутагенности производной спирокарбона – нового синтетического стимулятора роста растений/ М. М. Сидорович, О. П. Кундельчук, Ю. В., Польшченко, С. Ю. Кот // Природничий альманах. Біологічні науки, випуск 20. Зб. наук. праць. Херсон : П.П. Вишемирський В. С., 2014. 166 с.
41. Сидорович М. М. Фітотестування біологічних властивостей нового синтетичного стимулятора росту рослин – комплексу спірокарбону з бурштиною кислотою / М. М. Сидорович, О. П. Кундельчук, С. Ю. Кот // Зб. наук. праць. Херсон : П.П. Вишемирський В. С., 2016.136 с.
42. Сильвія Ж. Фізіологічні особливості застосування регуляторів росту стероїдної природи на рослини озимого ячменю. Кишинев, 2009. 100 с.
43. Славов В. П., Високос М. П. Зооекологія : підручник. – Житомир : Вид. ЖДУ ім. І. Франка, 2011. 480 с.
44. Ферсман А. Є. Життєвий шлях академіка Володимира Івановича Вернадського. 1946. С. 5–24.

45. Яковлев В. В., Мацюк С. А., Борисова Т. Ю. Біотестування природних вод Харківської області для оцінки їх токсичності. Комунальне господарство міст: науч.-техн. сб. К: Техніка, 2008. Вип. 84. С. 102-110.
46. PETERSON H. Syntheses of Cyclik Ureas by  $\alpha$ -Ureidoalkylation // International journal of synthetic organic chemistry. №5, 1973. P. 243-326.