

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет біології, географії та екології
Кафедра біології людини та імунології

**Використання результатів дослідження чинників довкілля засобами
фітотестування в шкільному курсі біології**

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

Виконала: студентка 4 курсу 412 групи
Спеціальності 014.05 Середня освіта (Біологія)
Освітньо-професійної програми Середня освіта
(Біологія)

Барсук Єлизавета Андріївна

Керівник д.п.н. проф. Сидорович М. М.

Рецензент народний вчитель-методист,
завідувач кафедри природознавства та
фізичного розвитку Херсонський академічний
ліцей ім. О.В. Мішукова Херсонської міської
ради при Херсонському державному
університеті Ігнатюк Л.М.

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1. Наукові засади формування поняття «дія чинників довкілля».....	6
1.1. Загальна характеристика регуляторів росту рослин.....	6
1.2. Хімічні речовини як стресори і протектори різноманітного впливу на рослинний організм	14
1.3. Гіпоксичний вплив як стресор рослинного організму.....	19
1.4. Особливості впливу НВЧ на процес пророщення насіння..	23
1.5. Відображення проблеми дії чинників довкілля різної природи у навчальній програмі «Біологія».....	25
РОЗДІЛ 2. Фітотестування комбінованого впливу абіотичних чинників і синтетичних регуляторів росту рослин для розроблення завдань дослідницької спрямованості щодо навчання біології у закладах загальної середньої освіти.....	29
2.1. Матеріал і методи	29
2.2. Розроблення моделей впливу абіотичних чинників на фітотест «пророщене насіння однодольних»	29
2.3. Динаміка біометричних показників фітотесту «пророщення насіння ячменю» в умовах дії абіотичних чинників	33
2.3.1. Гіпоксичний вплив.....	33
2.3.2. Вплив НВЧ.....	34
2.4. Визначення комбінованої дії гіпоксії та похідних спірокарбону на біометричні показники фітотесту «пророщення насіння ячменю» ..	38
2.5. Розроблення завдань дослідницької спрямованості, щодо використання результатів дослідження з дії абіотичних чинників довкілля засобами моделювання рослинних систем.....	43
ВИСНОВКИ	45
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	46

ВСТУП

Поступовість формування загальноєкологічних понять – провідна риса навчальної програми «Біологія». Такі поняття складаються з групи часткових понять, до якої входить поняття «абіотичні чинники», зокрема гіпоксія та НВЧ. Останні розглядаються як провідні абіотичні чинники довкілля. Затоплення спричинює гіпоксичний вплив, що є потужним стресором для рослин. Умови кисневої недостатності виникають при тимчасовому або постійному перезволоженні, заболочування ґрунту, утворенню крижаної кірки на посівах озимих культур. Завдяки високому ступеню чутливості до дії довкілля найсильніше потерпає від дії будь-якого чинника, процес формування проростку. Він складається з процесів пророщення насіння, росту проростку і координації росту його органів. Ще одним абіотичним чинником довкілля є надвисокочастотне (НВЧ) випромінювання. У експериментальних дослідженнях доведено, що насіння яке оброблювали НВЧ випромінюванням перед пророщуванням, надалі починає швидше проростати, утворює більш потужну кореневу систему за рахунок достатньої кількості вологи у ґрунті і через це має кращу здатність переносити несприятливі умови. Водночас питання комбінованої дії абіотичних і антропогенних чинників на організм залишається не доопрацьованим. У якості виміру такого впливу ефективним може бути фітотестування, зокрема, засобами модельних систем «пророщене насіння». Результати таких досліджень можна використати для розроблення засобів навчання щодо підвищення ефективності формування розуміння дії гіпоксії та НВЧ на організм підчас навчання біології.

Тому **метою дослідження** є розробки завдань дослідницької спрямованості для розвитку поняття «абіотичні чинники довкілля» на основі результатів експериментального пошуку дії вказаних чинників.

Об'єкт дослідження – освітній процес з біології.

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

Мета, об'єкт і предмет дослідження зумовили формулюванням його завдань.

Завдання дослідження:

1. Проаналізувати наукову літературу з проблеми впливу абіотичних і антропогенних чинників на організм, для розроблення наукових засад формування поняття антропогенних чинників довкілля.

2. Розробити моделі впливу абіотичного чиннику на фітотест «пророщене насіння однодольних» і провести експериментальне дослідження її використання.

3. Експериментально визначити дію гіпоксії та НВЧ на біометричні показники фітотесту «пророщення насіння культурних рослин». Оцінити комбіновану дію гіпоксії та похідних спірокарбону – комплексів з бурштиновою і борною кислотами.

4. Розробити і апробувати пізнавальні завдання на уроках біології для формування понять «абіотичні чинники», розроблені на основі результатів експериментального дослідження дії гіпоксії та НВЧ засобами модельної системи «пророщене насіння культурних рослин».

Дані апробовані на:

1. Всеукраїнська науково-практична конференція «Сучасні хімічні технології: екологічність, інновації, ефективність» (Херсон, 2019).

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

3. Національний науковий круглий стіл та II всеукраїнська науково-практична конференції «Екологічна безпека: сучасні проблеми та пропозиції» (Харків, 2019).

Публікації:

1. Сидорович М.М., Речицький О.Н., Барсук Є.А. Похідні спірокарбону і захист рослин від гіпоксичного впливу // Сучасні хімічні технології: екологічність, інновації, ефективність: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції, 3–4 жовтня 2019 р., м. Херсон. – Херсон : книжкове вид-во ФОП Вишемирський В.С., 2019. С. 65 – 66.

2. Барсук Є.А., Сидорович М.М. Порівняння впливу абіотичних чинників на процес пророщення насіння однодольних // 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. 66.

РОЗДІЛ 1

ПРИРОДНІ І СИНТЕТИЧНІ ПРОТЕКТОРИ ВІД ДІЇ АБІОТИЧНИХ ЧИННИКІВ ДОВКІЛЛЯ

1.1. Загальна характеристика регуляторів росту рослин

«Регулятори росту рослин активують основні процеси життєдіяльності рослин – мембранні процеси, поділ клітин, ферментні системи, фотосинтез. Такі процеси як дихання та живлення сприяють підвищенню біологічної активності рослин, зниженню вмісту нітратів, іонів важких металів і радіонуклідів у продукції, зменшують мутагенну дію гербіцидів. Екологічна роль регуляторів росту на ґрунт обумовлена як прямим впливом на мікробні згрупування, так і впливом через коріння рослин, розвиток яких на 15 % посилюється під впливом регуляторів росту рослин» [35].

Регулятори росту рослин - це органічні сполуки, що викликають (у досить низьких концентраціях) стимуляцію або пригнічення росту і морфогенезу рослин [11]. До *природних* регуляторів росту рослин відносяться фітогормони (ауксини, гібереліни, цитокініни, етилен, абсцизова кислота), та інгібітори негормональної природи (деякі феноли, похідні сечовини і т. д.). До *синтетичних* - стимулятори типу ауксинів (індолилмасляна, індолілоцтова, нафтілолоцтова кислоти) і *синтетичні інгібітори* (морфактіни, ретарданти, дефоліанти та ін.). Застосування регуляторів росту рослин призводить до зрушень в обміні речовин, аналогічні тим, які виникають під впливом потужності зовнішніх умов (тривалість дня, температура та ін.), до прискорення утворення генеративних органів, посилення або гальмування зростання [31].

Фітогормони – це сполуки, за допомогою яких здійснюється взаємодія клітин, тканин і органів, і які в малих кількостях необхідні для

запуску і регулювання фізіологічних і морфогенетичних програм рослин [34].

Їх вивчення дає ключ до розуміння росту і розвитку, а також багатьох інших процесів в житті рослин. Дослідження властивостей фітогормонів лягло в основу нового напрямку фізіології рослин – культури ізолюваних клітин, тканин і органів. Фітогормони знаходять суттєве застосування в сільському господарстві і біотехнології. Нові досягнення в галузі вивчення механізму дії фітогормонів привели до відкриття деяких їх рецепторів, які поставили питання про систему рецепції і передачі гормональних сигналів в клітинах рослин. Це потрібно як для розробки теоретичних основ регуляції життя рослин, так і для практичного застосування наукових результатів в генній інженерії, біотехнології та сільському господарстві. [25].

А зараз дамо коротку характеристику кожній групі окремо. Природні регулятори росту рослин відносять до провідних хімічних речовин рослинного організму.

Природні регулятори росту рослин.

Ауксин. Хімічна структура першого відкритого гормону рослин - ауксину була встановлена в 1934 р. Цей фітогормон активує ріст клітин, викликає утворення коренів і регулює безліч інших процесів. Його здатність викликати корнеутворення широко використовується для вкорінення живців. У рослині ауксин утворюється у верхівці стебла і рухається в розташовані нижче частини, досягаючи кореневої системи, де він забезпечує нормальний ріст коренів. На своєму шляху донизу рослин ауксин затримує ріст бічних бруньок, розташованих в пазухах листків. Якщо зрізати верхівку стебла, надходження ауксинів до пазушні бруньки припиниться і почнеться їх зростання. При цьому сформується рослина з бічними пагонами [25].

Цитокінін. Природний цитокінін було виділено в 1964 році Д.Літамом в Австралії. Щоб виділити 1 мг речовини і встановити його

структуру, переробили 60 кг насіння кукурудзи в стадії молочної стиглості. В цей час насіння особливо багаті цитокінінами. Наведений приклад демонструє, наскільки малі концентрації природних гормонів містяться в клітинах рослин. Саме в край низьких концентраціях гормони і здійснюють свою регуляторну дію. Якщо діяти фітогормонами на рослинні тканини або органи, які його не синтезують і тому дають на нього чітку відповідь, легко з'ясувати, що вловити дію гормону вдається в межах його концентрації 10^{-7} - 10^{-8} М, а іноді навіть 10^{-10} М. Пропорційне збільшення реакції рослин на гормон зазвичай виявляється в межах концентрації гормону від 10^{-8} М до 10^{-5} М. [24].

Цитокініни активують ріст листя і сім'ядоль дводольних рослин, стимулюють формування хлоропластів, затримують старіння листя [27]. Якщо розчином цитокініна обприскати одну половину листя, це затримає її пожовтіння і старіння, тоді як інша половина пожовтіє. Цитокініни викликають приплив поживних речовин до місця їх нанесення. У рослині цитокініни синтезуються в зростаючих кінчиках коренів, а потім по судинах ксилеми надходять разом з пасоком (розчином, котрий з коріння нагнітає в пагони) в надземні органи, де і беруть участь в регуляції різних фізіологічних процесів [25].

Гібереліни. Дослідження хвороби рису, що викликається грибом *Gibberella fujikuroi*, привело до виділення речовини, за допомогою якої грибок посилює ріст стебла зараженої рослини. Структура цієї речовини, названої гібереліном встановила в 1955р. Б.Кросс. Було доведено, що гіберелін є гормонами рослин, які активують ріст стебла і викликають цвітіння. З їх допомогою можна викликати пробудження зі стану спокою бульб і насіння рослин. Паразитичний грибок, синтезуючий гібереліни у загальній кількості, використовує його для цілей щодо ураження хворої рослини.

Як з'ясувалося, гібереліни відіграють вкрай важливу роль в переході рослин до цвітіння, або, як прийнято говорити, в індукції цвітіння у

рослин, які називаються довго денні, тому що навесні в умовах короткого дня вони не зацвітають навіть при настанні теплих днів [36]. Ці рослини вміють "визначати" довжину дня і "відраховувати" кількість довгих днів, після яких переходять до цвітіння. Це пристосування виникло еволюційно як захист квіток і розвиваючихся плодів від весняних заморозків. Теплі дні можуть змінитися холодними, а подовження дня з переходом від зими до літа абсолютно стабільний фактор. Тому еволюційний добір щодо рослин, які зацвітають тільки після певного числа довгих днів, забезпечив північним рослинам стабільне відтворення потомства [26].

А. Ланг (в США) і М. Х. Чайлахян, довели, що перехід довгоденних рослин до цвітіння викликає гіберелін. Саме його синтез в листі рослин затримується в умовах короткого дня і відбувається в умовах довгого дня. Гібереліни, що утворилися в листі, транспортуються у верхівку і викликають ріст стебла і формування квіток. В умовах короткого дня такі рослини залишаються в формі розетки, але якщо на їх верхівку капати розчином гібереліну, почнеться зростання стебла, а потім формування квіткових зачатків, і рослина зацвітає [44].

Абсцизова кислота (АБК) виділена в 1963 р одночасно і незалежно Б.Мілборроу, Ф.Еддікотом і К.Окумой з молодих коробочок бавовнику і Ф.Уорінгом з листя берези і явора [41], її формула була встановлена в 1965 р Дж. Корнфордом і К.Окумой. Доведено, що АБК пригнічує ріст рослин яке викликано ауксином, цитокініном і гібереліном, також вона гальмує диференціювання хлоропластів, які активуються цитокініном. Також АБК викликає спокій бульб, насіння, бруньок рослин. Саме її накопичення в дозріваючому насінні, нирках дерев восени і в бульбах рослин забезпечує стан спокою їх клітин впродовж зимового періоду. Зниження вмісту АБК умова їх пробудження і росту з настанням весни [26].

Фітогормони регулюють не тільки ріст і диференціювання нових органів у рослин, але також і багато інших фізіологічних процесів, що не мають відношення до зростання. Наприклад, за допомогою АБК можна закрити продихи рослин – це спеціалізовані отвори, через які листя рослин здатні випаровувати воду і здійснювати газообмін. Відкриті продихи забезпечують надходження CO_2 в листя, необхідне для фотосинтезу, а також підтримують випаровування води (транспірацію), що забезпечує її пересування вгору по рослині і надходження з коренів в пагони елементів мінерального живлення і різних органічних речовин, синтезованих в корінні, включаючи цитокиніни. У регуляції руху продихів, як і в багатьох інших фізіологічних процесах, у рослин чітко простежується антагонізм двох гормонів: АБК закриває продихи при нестачі води і тим самим зберігаючи її резерв в рослині, а надходження з коріння цитокинінів при відновленні водопостачання викликає відкривання продихів [27]. АБК має важливе значення у відповіді рослин на стресові впливи такі як зневоднення, засолення, та дію низьких температур.

У відповідь на перелічені дії в рослинах починається посилений синтез АБК, яка в свою чергу різко змінює експресію генетичних програм в клітинах спочатку вона пригнічує синтез мРНК і відповідних їм білків, характерних для нормальних умов, а відкриті продихи забезпечують надходження CO_2 в листя, необхідне для фотосинтезу. Також підтримують випаровування води (транспірацію), що забезпечує її пересування вгору по рослині і надходження з коренів в пагони елементів мінерального живлення і різних органічних речовин, синтезованих в корінні, включаючи цитокиніни, після цього індукує роботу генів і синтез специфічних білків, які називаються білками відповіді на АБК [24].

Етилен відкритий Д.Н. Нелюбовим в 1901 році в Санкт-Петербурзькому університеті. Він показав, що світильний газ (в який

входить етилен) надає певну дію проростки гороху: пригнічує ріст стебла, викликає його потовщення і змінює орієнтацію стебла в просторі.

Далі було показано, що рослини синтезують етилен, встановлений шлях цього біосинтезу [34]. Етилен викликає вкорочення і потовщення стебла, змінюючи напрямок росту клітин. Це властивість етилену вкрай важливо для боротьби з поляганням хлібів. У районах з родючим ґрунтом і вологим кліматом стебло не витримує ваги колоса і лягає на землю. Це завдає величезної шкоди сільському господарству.

Отримання низькорослих сортів, зокрема, пов'язано зі зміною гормональних характеристик рослин, що забезпечують формування короткого, міцного стебла [26].

Етилен викликає опадання листя і плодів рослин. Обробка етилен-продуцентами допомагає видалити листя бавовнику для подальшого машинного збору дозрілих коробочок. Етилен викликає старіння листя і прискорює дозрівання плодів. Цим пояснюється той факт, що загорнуті плоди помідорів або бананів швидше дозрівають, ніж які знаходяться на повітрі. Причина в тому, що вони виділяють етилен, який зберігається в штучно створеному папером середовищі. В ньому плоди прискорюють своє дозрівання. Вирощування томатів в умовах короткого літа засноване на зборі зелених плодів і їх подальшій обробці етилен-продуцентами [25].

Синтетичні регулятори росту рослин

Використання синтетичних регуляторів росту рослин це один з головних напрямів одержання високих і стабільних урожаїв в світі. Це такі сполуки, які в дуже малих кількостях здатні активно впливати на обмін речовин в рослинах, і такий вплив призводить до певних видимих змін в процесі росту та розвитку. В сільському господарстві широко використовуються синтетичні регулятори росту рослин наприклад, ретардант, хлорхолінхлорид, тур, кампозан, гідрелом та ін. [29].

«Ретарданти - це синтетичні регулятори росту інгібіторного типу, які здатні уповільнювати ріст рослин і не викликати в них при цьому аномальних відхилень». Різноманітні види ретардантів мають різну хімічну будову, але проявлення дії завжди один – це зменшення швидкості поділу та розтягування клітин яке призводить до гальмування росту. Головним чинником для інтенсивного застосування ретардантів до рослинництва стає боротьба з поляганням хлібних злаків.

Виявлено, що ретарданти впливають не лише на уповільненням лінійного росту. Доведено, що ретарданти вагомо збільшують стійкість рослин до: посухи та морозу, різноманітного впливу патогенних мікроорганізмів та ін.. факторів, які визначають продуктивність сільськогосподарських рослин [34].

Хлорхолінхлорид застосовують для запобігання вилягання озимої пшениці, збільшення насіння багаторічних мятликових трав, поліпшення якості та приживлюваності розсади томатів, прискорення початку плодоношення яблунь, для обмеження зростання вусів суниці і підвищення її врожайності. Збільшуючи загальний потенціал життєздатності рослин, хлорхолінхлорид підвищує стійкість до надлишку солей, низьких і високих температур, до захворювань кореневими гнилями, а також сприяє більш економного витрачання рослинами вологи з ґрунту [14].

Ефективним синтетичним регулятором росту, що підвищує морозо- і посухостійкість і попереджає вилягання озимої і ярової пшениці, є *тур. Етілен* продукуючий ретардант, кампозан використовують для боротьби з поляганням озимого жита, ячменю, льону-довгунця. *Гідрелом* – використовують для запобігання проростання бульб картоплі, підвищення дружності досягання плодів томата тощо[40].

Новий регулятори росту рослин *морфонол* прискорює дозрівання коробочок бавовнику і тим самим скорочує термін перебування на полях цієї культури. Після її збирання висіваються трави на зелений корм, що в

умовах Азії сприяє поліпшенню структури ґрунту і підвищення врожайності слід, покоління бавовнику [31].

Спірокарбон та його похідні. У Херсонському державному університеті під керівництвом доцента Речицького О.Н. синтезований новий спектр синтетичних регуляторів росту рослин – *похідних спірокарбону* [37]. Спірокарбон є спіросполукою, що складається з двох гетероциклів кожен з яких містить два атоми Нітрогену та чотири атоми Карбону, один з яких є спільним. Кожне кільце містить карбонільну групу. Цикли перебувають в транс конфігурації відносно спільного атома карбону у зв'язку із стеричними перешкодами та взаємним відштовхуванням неподілених пар електронів атомів Нітрогену при спільному атомі Карбону. У ХДУ синтез спірокарбону здійснили двома шляхами. Кожен з них ґрунтувався на взаємодії сечовини з кетонами або їх похідними у присутності сильної мінеральної кислоти. В основі методу А лежить взаємодія сечовини з ацетоном у співвідношенні 2:3 в присутності концентрованої сульфатної кислоти. В результаті реакції одержується сульфатнокисла сіль спірокарбону. Спірокарбон одержують нейтралізацією його сульфатнокислої солі концентрованим розчином луґу із подальшою перекристалізацією з води. Спірокарбон також одержали методом Б, який ґрунтується на взаємодії сечовини з формоном (2а) у співвідношенні 2:1 в присутності концентрованої сульфатної кислоти [49].

Бурштинова кислота (бутандіова кислота, етан -1, 2 – дикарбонових кислот) $\text{HOOC-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$ – двохосновна гранична карбонова кислота. Безбарвні кристали, розчинні у воді і спирті. Міститься в невеликих кількостях у багатьох рослинах і бурштині. Розглядають як природний фітогормон який стимулює ріст і підвищує врожай рослин, прискорює розвиток кукурудзи. У промисловості бурштинову кислоту отримують головним чином гідруванням малеїнового ангідриду. В перше ця речовина отримана штучно в XVII

столітті перегонкою бурштину. У комплексі в процесі органічного синтезу спірокарбон утворив з бурштиною кислотою єдину хімічну речовину [37].

Отже, існує значна кількість природних і синтетичних регуляторів росту рослин, що спроможні як пригнічувати так і стимулювати життєдіяльність рослин в умовах дії довкілля.

1.2. Хімічні речовини як стресори різноманітного впливу на рослинний організм

В природі та в штучних умовах рослини зазнають різноманітний вплив чинників навколишнього середовища, який не є сталий, а постійно змінюється. До них належать: абіотичні, біотичні та антропогенні чинники. До перших відносяться: світло (висока, низька інтенсивність); температура (висока, низька, охолодження); гідратація (посуха, затоплення); магнітне поле (гравітація); радіація; солі, важкі метали, кислотність середовища, газоподібні токсиканти, гербіциди, вітер, тиск, пошкодження тощо. За рахунок стресових чинників рослина здатна до переходу від фізіологічно нормального до стану стресу [30].

У природних і штучних умовах рослини відчують вплив факторів середовища, які практично постійно змінюються. Такі зміни часто досягають небезпечних амплітуд. Несприятливі фактори здійснюють на рослинний організм подвійний ефект: дратівливий та ушкоджувальний [42]. Ймовірно, саме через це існує неоднозначність в тлумаченні таких базових понять в фізіології стресу і адаптації рослин, як «стрес», «стресова реакція», «адаптаційний синдром».

Адаптація (лат. *adaptio* - пристосування) - це генетично детермінований процес формування захисних систем, що забезпечують підвищення стійкості і протікання онтогенезу в раніше несприятливих для цього умовах. Адаптація включає в себе всі процеси (анатомічні, морфологічні, фізіологічні і ін.) від найменшої реакції організму на

зміну зовнішніх або внутрішніх умов, яка сприяє підвищенню стійкості, до виживання конкретного виду.

Процес адаптації рослин проходить в два етапи:

- 1) первинна відповідь (швидкий етап);
- 2) формуванням нових ізоензимів або стресових білків, які забезпечують протікання метаболізму в умовах, що змінилися (довгий етап) [23].

Стрес-реакція – це швидка первинна реакція рослини на певну шкідливу дію, а наступна фаза – це спеціалізована адаптація. Якщо відбувається припинення дії стресора на рослину, тоді вона переходить до стану відновлення. А в тому випадку коли стресовий вплив перевищує захисні можливості рослини, тоді відбувається пошкодження всього організму і настає смерть [30].

Ці дві фази відповідають за різні біологічні функції. Так стрес-реакція відповідає за короткочасний захист рослини від смерті за рахунок утворення та функціонування швидких захисних механізмів, і таким чином дає більше часу на утворення більш ефективних та надійних спеціалізованих механізмів стійкості.

Таким чином для стрес-реакції характерна наявність певних елементів ушкодження і робота захисних аварійних систем, а для другої фази спеціалізованої адаптації характерна наявність нових більш ефективних та надійніших механізмів захисту, які відповідають за нормальний перебіг онтогенезу під час тривалої дії стресору [47].

З медичної науки у фізіологію рослин був перенесений такий термін як «стрес», який міцно закріпився в лексиці фізіології стійкості. Г. Сельє який є автором концепції стресу, вважав, що «*стрес* – це загальна неспецифічна реакція організму на будь-яку вимогу» [38]. Фактори, що спричиняють стан стресу, за Сельє – це стресори, а всі зміни які відбуваються через вплив стресору називається – адаптаційний синдром. Г. Сельє виділяє три фази: тривога, адаптація та виснаження.

Цей поділ на фази вважається умовним. Виділення якогось одного явища, сукупність яких і складає сам стрес, ускладнюється за рахунок того, що під час дії стресорів відбувається:

1) пошкодження які утворюються на всіх рівнях як структурної так і функціональної організації рослин: порушення напівпроникності мембран, нагромадження токсичних метаболітів в клітинах, денатурація білків та інше;

2) відбуваються реакції-відповіді, які надають можливість рослинам пристосовуватись до інших умов існування. Ці реакції супроводжуються певними змінами в метаболізмі, експресії генів та фізіологічних функціях рослин. Процеси, що пов'язані як з пошкодженням, так і з адаптацією, можуть відбуватися одночасно, але на різних етапах стресової реакції співвідношення між ними можуть змінюватися. [38].

За уніфікованою концепцією стресу, вона охоплює оригінальну концепцію стресу Г.Сельє з доповненнями, у відповідях рослин виділяють чотири фази:

1. Фаза відповіді - реакція тривоги (початок стресу). Вона проявляється у відхиленнях від функціональних норм та зниженні життєздатності рослин.

2. Фаза відновлення, що включає в себе процеси адаптації, відновлення і як результат досягнення підвищеної стійкості.

3. Фаза виснаження. Виникає, якщо інтенсивність стресу занадто висока, перевищує адаптаційні можливості. Це призводить до хронічної хвороби або смерті.

4. Фаза регенерації - повне або часткове відновлення фізіологічної функції після припинення впливу стресорів і за умови, що пошкодження не було занадто сильним [21].

Також потрібно вказати, що єдиного універсального визначення стресу яке було б прийнято усіма біологічним співтовариством досі немає.

Поширена точка зору, згідно з якою стрес розуміється як комплекс змін у клітині, що забезпечує підтримання природності в той час, коли зовнішні впливи такі, що гомеостатичних механізмів перестає бути в достатній кількості для підтримки життєдіяльності, а нові адаптації ще не завершені через їх повільну реалізацію [21]. Тобто пропонується розглядати стан системи як стресовий на момент переходу до нового стаціонарного стану.

Досі немає однозначної думки, чи необхідно вважати стрес проявом адаптаційного акту клітини (організму) чи, навпаки, адаптаційні перебудови в клітці спрямовані на захист від стресу. Незрозумілим залишається зміни на рівні клітини і цілого організму є ознаками стресу, а які відображають нормальну фізіологічну реакцію. Вважається, що стресова реакція закріпилася в ході еволюції і постійно вдосконалюється. За її допомогою організм адаптується до змін в навколишньому середовищі. Збиток організму завдає не стрес, а несприятливі зміни умов існування, що перевищують ресурси організму [13].

Стресові реакції передують змінам у експресії генів, що забезпечують довгострокову (або відносно тривалу) адаптацію. Сукупність стресових і адаптаційних реакцій визначається періодом аклімації. Під час процесу аклімації рослина набуває стійкості до дії стресора. Аклімація відбувається протягом життя організму і не передається у спадок. Водночас воно (аклімація) здійснюється на основі тих можливостей, які притаманні генотипу (тобто в межах спадково визначеної амплітуди можливих змін у реалізації генотипу). Наприклад загартування рослин, а саме до низьких або високих температур [8].

Перехід від стресу до власне адаптивних (аклімації) реакцій слід розуміти як відбувається зміна експресії генів, яка проявляється в пригніченні активних генів, які в нормі контролюють зростання, розвиток, фотосинтез і інші функції рослинного організму.

Одночасно система генів активізується, забезпечує пристосованість організмів до існування в несприятливих (інших) умовах. Наприклад, гени для білків стресу та гени, які контролюють синтез специфічних адаптогенів та протекторів. Ця фізіологічна та біохімічна перебудова закінчується структурними змінами або морфологічними проявами адаптації. Адаптаційні морфологічні зміни проявляються від початкового рівня клітин і тканин (форма та розміри клітин, структура тканин, їх спеціалізація тощо) до рівня цілісного організму [41].

Нормальна реакція рослини на стресові фактор виникає, якщо рослина «розпізнає» стресор на початковому клітинному рівні. Первинні сигнали після їх розпізнавання рецепторами за допомогою різних сигнальних систем викликають реакцію із сторони геному клітини, яка проявляється в репрограмуванні експресії генів. Таким чином, сигнальні системи в поєднанні з гормонами регулюють роботу головного сховища інформації тобто молекул ДНК. З іншого боку, усі ці системи знаходяться під контролем генома. Безпосередньо в результаті перепрограмування геному в ньому відбуваються певні метаболічні (біохімічні) зміни, які, призводять до морфологічної та фізіологічної адаптації (акліматизації) [17].

Як вже було сказано, рівень стійкості певного організму не є постійним. Він може як збільшуватися під впливом загартовування, так і зменшуватися під час початкової реакції на стресор. Нерівна стійкість під час онтогенезу. Рівень стійкості рослини низький під час проростання насіння, потім він піднімається, коли закладаються вегетативні органи, і знову падає, коли формуються генеративні органи.

При короткочасному інтенсивному впливі (наприклад, нагріванні) з реєстрацією ефекту відразу після нього визначається первинна стабільність. Це стабільність, до якої не входять механізми відновлення (репарації) пошкоджених структур і функцій. У разі вимірювання стійкості в тривалих експериментах або інтенсивності їх росту через

деякий час після дії стресора, то мова йде про загальну стійкість. Таким чином можна сказати, що загальна стійкість - це сукупність механізмів, що забезпечують первинну стабільність і усунення пошкоджень (репарацію) [2].

Будь яка стійкість рослин до несприятливих факторів існування забезпечується комплексом специфічних та неспецифічних адаптаційних реакцій. Реакції називаються неспецифічними, природа яких не залежить від природи діючого стресора. Конкретні зміни залежать від природи стресора. Для того, щоб зрозуміти біологічну доцільність у поєднанні специфічних та неспецифічних реакцій клітин та організмів на дію стресових факторів, потрібно розглядати клітину та організм як систему (функціонування якої відрізняється від конгломерату) [19].

Конгломерат який складається з неспоріднених елементів, що розрізняються за своєю фізичною та хімічною природою, буде по-різному змінюватися під дією різних агентів, особливо якщо одні з його елементів менш стійкі до одних факторів, а інші - до інших.

Тому живим системам властива здатність реагувати на дію фізіологічних подразників (стресових факторів), поєднуючи у своїй реакції як специфічні, так і неспецифічні особливості [2].

Отже хімічні речовини впливають на рослинний організм як стресори, через що рослина може переходити від фізіологічно нормального до стану стресу, який викликає негативний вплив.

1.3. Гіпоксичний вплив як стресор рослинного організму

Вода для рослин, з одного боку, є фактором зовнішнього середовища, вплив якого має як позитивний (вона необхідна для прояву всіх процесів життєдіяльності), так і негативний характер (її надлишок зумовлює гіпоксію та енергетичний голод) [43]. В умовах кисневої недостатності часто опиняються озима пшениця, ячмінь, соя, рис, бавовник. Отже, умови гіпоксії або нестачі кисню є одним зі стресових факторів,

які діють на рослини, є умови гіпоксії (нестача кисню). Активні форми кисню (АФК) утворюються в рослинах в умовах нормального метаболізму, але при дії гіпоксії їх концентрація може різко зростати, що спричинює ушкодження і навіть загибель клітин [12].

Умови кисневої недостатності виникають при тимчасовому або постійному перезволоженні, заболочування ґрунту, утворенню крижаної кірки на посівах озимих культур, в процесі зрошувального землеробства [5]. Затоплення - один з головних абіотичних стресорів для рослин. Воно провокує серію проблем для сільськогосподарських культур, а також впливає на збереження і розподілення видів у природних популяціях [49].

В природі досить поширена здатність організмів витримувати умови гіпоксії, тобто тимчасовий дефіцит кисню. Найчастіше рослини потрапляють в умови дефіциту кисню, а саме їх корені, через перезволоження ґрунту. Приблизно 10% посівних площ у всьому світі зазнають повного або часткового затоплення [22].

У зв'язку з пригніченням дихання різко знижується поглинальна активність коренів, так як поглинання поживних речовин вимагає витрати енергії, що поставляється в формі АТФ процесом дихання. Вказане спричинює затримку росту рослин. Недостатньо ефективно поглинання корінням мінеральних елементів і їх транспорт в пагони супроводжуються посиленою реутилізацією азоту, фосфору та інших елементів [32].

Наукова література містить лише морфологічні та анатомічні пристосування рослин до умов кореневої гіпоксії. Обмежений доступ кисню до коренів спричинений в результаті перезволоження або затоплення, рослини намагаються підтримувати рівень кисню в тканинах, який необхідний для виживання. Цьому сприяють різні морфологічні, анатомічні та фізіологічні адаптації [34]. Під час обмеженої аерації ґрунтів відбуваються морфологічні зміни коренів.

Коріння вкорочується, потовщується і не утворюють достатньої кількості кореневих волосків на поверхні.

Існують певні види рослин які здатні витримувати періоди затоплення через неглибоку кореневу систему або додаткові корені, що розвиваються через загибель основних, занурених у воду коренів. Для рослин болотної флори характерні значно глибші зміни в структурі та анатомічній будові тканин - утворення суцільної системи повітряних порожнин (аренхім), через яку повітря надходить з надземних частин рослин до коренів [13]. Утворення аеренхім при недостатній кількості повітря яке доходить до коріння відбувається не тільки у водних рослин, а також і у мезофітів: пшениці, кукурудзи, ячменю. Збільшення обсягу аеренхіми можна спостерігати в придаткових коренях. А в тих видів, які стійкі до нестачі кисню, міжклітинні порожнини набагато більше, ніж у нестабільних [18].

Один з основних метаболічних шляхів адаптації рослин до гіпоксії – це якісне перебудування в процесі дихання. Цей процес спрямований на забезпечення енергетичного балансу якщо буде відбуватися пригнічення окисного фосфорилування. Головний шлях розпаду глюкози в безкисневому середовищі є гліколіз. Незважаючи на швидкість перемикання на такий спосіб, її рівень і динаміка у різних рослин різна, що контрастують з стійкості до гіпоксії. У нестійких рослин у перші години впливу гіпоксії, відбувається різке збільшення частки та активності гліколізу, але цей процес є досить короткочасним. У адаптованих рослин при більш низькій інтенсивності цей процес займає багато часу, що призводить до більш надійного отримання енергії [12].

«Під час гліколізу молекула глюкози розщеплюється на дві молекули піровиноградної кислоти. У цьому випадку утворюються дві молекули АТФ, і НАД⁺ відновлюється до НАДН. За відсутності мітохондріального дихання інтенсивність гліколізу відіграє вирішальну

роль у забезпеченні рослин відновлювальними еквівалентами та енергією» [9]. Однак посилений гліколіз спричинює підкислення клітинного середовища через накопичення піровиноградної кислоти. Стійкість рослин до гіпоксії значно залежить від інтенсивності його утворення.

Передбачається, що в умовах гіпоксії АТФ як джерело енергії може частково замінюватися пірофосфатом. Не виключено, що вакуолярна H^+ -пірофосфатаза може виконувати функцію тонопласта H^+ -АТФази по доставці протонів в вакуоль. Так, в проростках рису активність вакуолярної пірофосфатази збільшувалася в десятки раз, а пірофосфат-залежна доставка протонів до везикул тонопласта також збільшувалася. В умовах гіпоксії, а також під дією інших стресорів рослини змінюють електрофоретичний спектр білків. Саме такі зміни які були описані вище, необхідні для нормального забезпечення енергетичних потреб рослин за рахунок гліколізу, під час пригнічення аеробного дихання, а також для захисту клітинного метаболізму від надлишку активних форм кисню [19].

До фізіолого-біохімічним пристосуванням у рослин до нестачі кисню відноситься ще і здатність їх використовувати в якості кінцевого акцептора електронів не кисню (як при аеробному диханні), а інших з'єднань, наприклад нітратів або сполук, що мають подвійні зв'язки - жирних кислот, каротиноїдів. Процес перенесення електронів і протонів на NO_3^- отримав назви нітратного дихання. Таким чином, у рослин, які ростуть в умовах перезволоження, стійкість до гіпоксії досягається широким комплексом пристосувань [32].

Одним з агротехнічних заходів, що підвищують стійкість рослин до надмірного водопостачання, є обробка рослин і замочування насіння в розчинах хлорхолінхлорид, сульфату мангану і нікотинової кислоти. В умовах гіпо- і аноксії подовжують життєдіяльність рослин, здатних до нітратному диханню, підживлення нітратами [34].

Отже гіпоксичний вплив, що здійснюється на рослинний організм найчастіше шляхом суттєвого підвищення вмісту води у середовищі існування має відображення у:

- пригніченні росту рослини та їх загибелі;
- морфологічних пристосованих до навколишнього середовища;
- змінах у фізіолого-біохімічних характеристиках рослин.

1.4. Особливості впливу НВЧ на процес пророщення насіння

Обробки насіння ЕМП НВЧ дозволяє зберегти в насінні всі поживні речовини, вітаміни та мінерали, що при обробці іншими методами домогтися досить складно. Обробка насіння відбувається в результаті поглинання оброблювального матеріалу енергії електромагнітних хвиль надвисокої частоти. НВЧ енергія нагріває насіння, проникає і рівномірно розповсюджується по всьому об'єму матеріалу [15].

Підвищення проникності клітинних мембран і швидкості хімічних реакцій при обробці ЕМП НВЧ викликає збільшення волого поглинання, що в свою чергу прискорює розвиток рослини і сприяє підвищенню врожайності [16].

Дослідники В. М. Попов, В. А. Бидянов розглядаючи особливості технології передпосівної обробки насіння мікрохвильовим полем відмічають, що «для кожної культури потрібен окремий у часі режим обробки насіння» [33]. Використання мікрохвильової технології дозволяє частково вирішити певний ряд проблем у сільському господарстві, а головне – підвищує якість зернових культур.

У рослинах і біологічних об'єктах (електромагнітної енергії) ЕМЕ НВЧ приводить до оборотних і необоротних процесів, що використовуються для прискорення проростання насіння і збільшення врожайності рослин, знищення комах і їхніх личинок і так далі.

Під час обробки зерна електромагнітним полем (ЕМП) відбувається зменшення вмісту крохмалю тому, що ці зміни залежать від температури, до якої нагрівається зерно. Наприклад, якщо нагріти насіння пшениці до 60°C відбудеться незначне зменшення вмісту крохмалю [46]. Беручи до уваги, що зерно під часи опромінення мокре або вологе, тому зміна вмісту крохмалю в зерні пояснюється його гідролізом, яка і є причиною збільшення вмісту редукованих та інверсних цукрів. Також ЕМП впливає на зміну вмісту глюкози, кількість якої збільшується вже після опромінення зерна.

При аналізі впливу ЕМП на комах також в основному використовується вплив температур. Цей ефект лежить в основі теоретичних розрахунків, заснованих на певних процесах нагрівання через діелектричних втрат як в зерні, так і в тілі комахи, що залежать від кількості вологості і тому можуть мати різні значення. На цьому заснований так званий селективний нагрів. «Наприклад, для частоти в 23,7 МГц, в яких порівняльні характеристики взаємодії ЕМП із зерном і шкідниками розраховані на основі сформованих моделей, вказують на можливість ефективного знищення живих організмів в зерні [45]». Дослідники на основі отриманих розрахунків відзначають, що через різну вологості для нагріву зерна до критичної температури 55 ° С необхідний час дорівнює приблизно 900с, а для знищення живих організмів досить лише 2 с.

Жири (ліпіди) відіграють одну з головних ролей у збереженні і підтримці харчових та технологічних властивостей насіння, тощо. Їх частка становить близько 4-5% від маси зернівки. У своїй роботі [46] Г.Юсупова пропонує використовувати термічну обробку зерна енергією мікрохвильового електромагнітного поля з метою запобігання окисленню жиру, внаслідок чого можна змінювати кислотні та перекисні показники жирів. Досліди показали, якщо нагріти до температури 90°C при потужності у 600 Вт та експозицією 90с тоді відбувається

зменшення кількості жиру на 4%. А при середньому опроміненні (450Вт, 70°C, 90с) вміст жиру зменшився на 7%. Та під час мінімальної потужності (300 Вт), температурі 55°C та часу в 90с вміст жиру збільшився на 6,5%.

Ферментативна або автолітична активність білків лежить в основі всіх біохімічних процесів зерна. Цей показник вказує на життєздатність зерна і визначає енергію проростання насіння. Також це впливає на якість випічки. Проведені дослідження відображають те, що при нагріванні насіння пшениці НВЧ електромагнітним полем до такої температури як 30-60 °C то це значно покращує цей показник [48].

Отже, можна сказати, що НВЧ електромагнітне поле є ефективним фактором у боротьбі із знищенням комах-шкідників та патогенної мікрофлори у обробленому насінні. При виборі най оптимальних режимів опромінення якість насіння не знижується, а навпаки деякі показники зростають.

1.6. Відображення проблеми дії чинників довкілля різної природи у навчальній програмі з біології в ЗЗСО

Згідно із затвердженою навчальною програмою з біології, вивчення впливу дії різноманітних чинники довкілля можна розглядати у школі з 6 по 10 клас у таких темах як:

6 клас – Тема 1. Клітина. Тема уроку: Основні властивості клітин (ріст, поділ, обмін з навколишнім середовищем). Тема 3. Рослина. Тема уроку: Основні процеси життєдіяльності рослин. Тема 4. Різноманітність рослин. Тема уроку: Способи класифікації рослин (за середовищем існування).

7 клас – Тема 4. Організм і середовище існування; Тема уроку: Поняття про екосистему та чинники середовища.

8 клас – Тема 7. Виділення. Терморегуляція. Теми уроків: Значення і будова шкіри. Терморегуляція. Тема 8. Зв'язок організму людини із зовнішнім середовищем. Сенсорні системи. Теми уроків: Сенсорні системи рівноваги, дотику, температури.

9 клас – Тема 3. Принципи функціонування клітин. Теми уроків: Обмін речовин та енергії. Фотосинтез. Клітинне дихання. Тема 8. Надорганізмові біологічні системи. Тема уроку: Біотичні, абіотичні та антропогенні фактори.

10 клас – Тема 2. Обмін речовин та перетворення енергії. Тема уроку: Надходження в організм хімічних елементів, вплив на здоров'я людини.

За даною програмою ми можемо чітко сказати, що діти повинні знати та уміти використовувати набуті знання та навички. Так учні шостих класів повинні:

- називати взаємодії організму із зовнішнім середовищем, умови які необхідні для життєдіяльності рослин, умови за яких відбувається фотосинтез та дихання;
- усвідомлювати значимість безпечного здорового життєвого середовища;
- робить висновок про особливості життєдіяльності рослинних організмів як результат їхнього пристосування до умов навколишнього середовища.

Учням сьомих класів необхідно вміти:

- називати середовища існування, та різноманітні чинники середовища;
- пояснювати значення живлення, дихання, покриви тіла та органів чуття організму;
- наводити приклади пристосувань тварини до впливу різних чинників середовища існування.

Учні 8-го класу:

- оцінюють значення сенсорних систем для забезпечення процесів життєдіяльності організму та зв'язку організму із зовнішнім середовищем.

- характеризують роль шкіри у виділенні продуктів життєдіяльності та регуляції температури тіла, температурну адаптацію рецепторів шкіри

Учні 9-го класу повинні:

- називати екологічні фактори
- характеризують процес фотосинтезу та клітинного дихання;
- аналізують вплив зовнішніх факторів на протікання клітинних процесів ;

- наводити приклади адаптації організмів до умов середовища, дії екологічних факторів на різні групи організмів.

Учні 10-го класу висловлюють думку, щодо впливу на здоров'я людини різних речовин (корисних та шкідливих).

Отже, розглянувши навчальну програму з біології, встановили в яких темах є відображення проблеми дії чинників довкілля різної природи.

РОЗДІЛ 2

ФІТОТЕСТУВАННЯ КОМБІНОВАНОГО ВПЛИВУ АБІОТИЧНИХ ЧИННИКІВ І СИНТЕТИЧНИХ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН

2.1. Матеріали і методи дослідження

Постановка експерименту. Відраховали по 50 насінин однодольних для кожної чашки Петрі, які далі зав'язали в марлевий мішечок і замочили у воді (контроль) на 12 год. Після цього кожен порцію розклали на зволожувальному фільтрувальному папері в чашки Петрі так, щоб кожна насінина лежала окремо, пророщення відбувалось у термостаті при $t = 26\text{ }^{\circ}\text{C}$ 2 доби. В кожному варіанті визначали енергію пророщення (ЕП), довжину стебла ($L_{\text{ст}}$), і максимальну довжину коренів ($L_{\text{к}}$) для ячменю; для пшениці озимої ($L_{\text{ст}}$), довжину головного ($L_{\text{г.к}}$) та бічного ($L_{\text{б.к}}$) коренів. Біометричні показники пов'язані з трьома складовими процесу формування проростку: пророщення насіння, ростом органів проростку та їх координацією.

2.2. Розроблення моделей впливу абіотичних чинників на фітотест «пророщене насіння однодольних»

Гіпоксичний вплив. Розроблення системи щодо моделювання гіпоксичного впливу на процес формування проростку охоплювало низку послідовних експериментів.

Експеримент I. Для створення моделі проростили насіння пшениці озимої та ячменю як описано вище. Гіпоксичні умови створювали шляхом затоплення пророщеного насіння на різний час. Використано 4 варіанти по 3 чашки Петрі, три з яких були експериментальні, а 1 контрольна. У таблиці 2.1 наведена послідовність дій, що описані нижче.

Таблиця 2.1

**Загальна схема розроблення гіпоксичної моделі 1 засобами
фітотесту «пророщення насіння пшениці озимої»**

Доба	Експеримент 1			Контрольний варіант
	Експериментальні варіанти			
	1	2	3	
1-а доба	Пророщення насіння при 26 °С, наприкінці залити проростки H ₂ O			
2-а доба 2 год.	Злити H ₂ O залишити пророщувати			Насіння пророщується в термостаті при 26°С
4 год.		Злити H ₂ O залишити пророщувати		
6 год.			Злити H ₂ O залишити пророщувати	

Насіння пророщували 1 добу при $t = 26\text{ }^{\circ}\text{C}$, після чого кожену чашку Петрі залили по 25 мл. води. На 2 добу через кожні 2, 4, 6 год. з 1, 2 і 3 варіантів, відповідно, воду злили. Далі чашки залишили у термостаті до кінця пророщування. Експеримент з ячменем був більш вдалим. Тому далі розробляли модельну систему для його насіння.

Експеримент 2. Створення моделі комбінованої дії гіпоксії та комплексів спірокарбону з бурштиновою кислотою та борною кислотою на біометричні показники фітотесту «пророщення насіння ячменю», відбувалось шляхом затоплення насіння на різний час. Було використано 7 варіанти по 3 чашки Петрі, 3 з яких були Е (експериментальні), дія гіпоксії та похідних спірокарбону, 3 варіанти Зк які піддавались

затопленню без впливу комплексу, та 1 варіант контрольний. У таблиці 2.2 наведена послідовність дій.

Таблиця 2.2

**Загальна схема розроблення гіпоксичної моделі 2 засобами
фітотесту «пророщення насіння ячменю»**

Експеримент 2							
Доба	Варіанти						
	Зк – 1	Е – 1	Зк – 2	Е – 2	Зк – 3	Е – 3	Контроль
1-а	Насіння залили H ₂ O і залишили при 26 ⁰ С						Насіння про- рощували 2 доби
1-а .	Злити H ₂ O проростити 2 доби						
2-а			Злити H ₂ O проростити 2 доби				
3-а.					Злити H ₂ O проростити 2 доби		

Насіння у кожній чашці залили відразу 40 мл води. Через 1, 2, 3 доби з трьох груп чашок, відповідно, воду злили та розкласти насіння для пророщування 2 доби. Всі варіанти на період експерименту знаходились в термостаті при $t=26^{\circ}\text{C}$. В кожному варіанті визначали енергію пророщення (E_p), довжину стебла ($L_{ст}$), і максимальну довжину коренів (L_k).

Вплив НВЧ. Розроблення системи щодо моделювання НВЧ впливу на процес формування проростку охоплювало низку послідовних експериментів.

Експеримент 3. Створення моделі НВЧ впливу на фітотест «пророщення насіння одно- та дводольних» створювалось шляхом пророщення насіння згідно таблиці 2.3. Було використано 6 варіантів по

2 чашки Петрі, 5 з яких були експериментальні та 1 контрольний варіант.

Таблиця 2.3

Загальна схема розроблення впливу НВЧ моделі 3 засобами фітотесту «пророщення насіння одно- та дводольних»

Доба	Варіанти		
	Не обробляли НВЧ	Обробляли НВЧ	
1	Контроль	100вт	180вт
		30с.	30с.
		1хв.	1хв.
		1,5хв.	–
	Контроль та насіння після обробки замочили у воді на 12год.		
2	Насіння розклали у чашки Петрі та пророщували у термостаті 2 доби при $t=26C^0$		

Експеримент 4. Інша модель НВЧ впливу на фітотест «пророщення насіння проса» створювалась шляхом пророщення насіння згідно таблиці 2.4. Було використано 13 варіантів по 2 чашки Петрі, 12 з яких були експериментальні та 1 контрольний варіант.

Таблиця 2.4

Загальна схема розроблення впливу НВЧ моделі 4 засобами фітотесту «пророщення насіння проса»

Доба	Варіанти		
	Не обробляли НВЧ	Обробляли НВЧ	
1	Контроль	100вт	180вт
		30с.	30с.
		1хв.	1хв.
		1,5хв.	1,5хв.
		2хв.	2хв.

		2,5хв.	2,5хв.
		3хв.	3хв.
	Контроль та насіння після обробки замочили у воді на 12год.		
2	Насіння розклали у чашки Петрі та пророщували у термостаті 2 доби при $t=26C^0$		

2.3 Динаміка біометричних показників фітотесту «пророщення насіння ячменю» в умовах дії абіотичних чинників

2.3.1. Гіпоксичний вплив

У таблицях 2.5. і 2.6 показані зміна біометричних показників пророщеного насіння однодольних за дії гіпоксичного чинників.

Таблиця 2.5

Динаміка ростових показників фітотесту «пророщення насіння ячменю» в гіпоксичних умовах

Варіант	Лст	Лк
Контроль	11,9 ± 1,3	34,6 ± 1,6
Чашка А 2 год.	12,3 ± 1,7	30,5 ± 2,5*
Чашка Б 4 год.	11,8 ± 1,3	31,3 ± 1,9*
Чашка Д 6 год.	13,0 ± 1,3	26,5 ± 2,3*

* - достовірно відрізняється від еталону з $p=0,05$

Дані цієї таблиці свідчать, що гіпоксія негативно впливає на процес формування проростку, особливо на ріст кореню. При збільшенні часу затоплення тим сильніше йде пригнічення росту цього органу.

Отже, дія гіпоксичного чинника негативно впливає на процес росту органів фітотесту «пророщення насіння ячменю», а саме кореню.

У таблиці 2.6 наведенні результати динаміки біометричних показників під час формування проростків пшениці озимої за дії гіпоксичного чинника.

Таблиця 2.6

**Динаміка ростових показників фітотесту «пророщення насіння
пшениці озимої» при затопленні**

Варіант	L_{ст}	L_{г.к}	L_{б.к}
Контроль	15,7 ± 0,8	39,7 ± 2,4	33,8 ± 1,5
Чашка А 2 год.	16,9 ± 0,9	39,2 ± 2,1	33,1 ± 1,5
Чашка Б 4 год.	16,2 ± 0,9	38,9 ± 2,1	33,5 ± 1,2
Чашка Д 6 год.	16,4 ± 1,1	38,4 ± 2,2	31,3 ± 1,7*

* - достовірно відрізняється від еталону з $p=0,05$

Як свідчать данні цієї таблиці, довжина стебла та головного кореня суттєво не відрізняється від контролю, водночас у варіанті Д довжина бічного кореня зменшується. Отже, ростові показники суттєво не розрізнялися від контролю, які свідчить про те, що короткочасний гіпоксичний вплив не є шкідливим на формування проростку у пшениці.

Отже, короткочасна дія гіпоксичного чинника може впливати на ріст органів проростку, що формується. Ріст кореню ячменю підлягають більшого впливу, ніж в озимої пшениці, дії гіпоксії. Спостерігається його гальмування.

2.3.2. Вплив НВЧ

У таблиці 2.7 – 2.11. наведенні результати вимірів біометричних показників проростків пшениці озимої, проса та рапсу за дії на них НВЧ впливу.

Таблиця 2.7

**Динаміка ростових показників фітотесту «пророщення насіння
пшениці озимої» під час дії НВЧ впливу за моделлю 3**

Показники/ варіанти	L _{ст}		L _{к.г}		L _{к.б}	
	100вт	180вт	100вт	180вт	100вт	180вт
Контроль	12,9 ± 1,6		29,9 ± 2,3		28,8 ± 1,8	
30сек	12,7 ± 2,1	13,0 ± 1,5	32,5 ± 2,7	32,5 ± 2,2	27,5 ± 2,5	30,1 ± 1,9
1хв	13,6 ± 3,0	13,9 ± 2,7	29,3 ± 3,8	33,9 ± 3,6	29,0 ± 3,1	31,1 ± 2,9

1,5хв	12,5 ± 1,7	–	33,8 ± 2,7*	–	30,0 ± 2,0	–
-------	------------	---	-------------	---	------------	---

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

достовірно відрізняється 30с. – 1хв., 1хв. – 1,5хв.

Данні цієї таблиці свідчать про те, що достовірні значення зміни росту зафіксовані лише при часі дії чинника 1,5хв та потужності 100 Вт і лише в головного кореня. Отже, суттєвого впливу НВЧ на процес формування проростку пшениці не спостерігається.

Таблиця 2.8

Динаміка ростових показників фітотесту «пророщення насіння ячменю» під час дії НВЧ впливу за моделлю 3

Показники/ варіанти	Лст		Лк	
	100Вт	180Вт	100Вт	180Вт
Контроль	7,2 ± 4,9		28,4 ± 5,0	
30сек	12,3 ± 4,1	11,5 ± 4,0	39,9 ± 4,3*	37,5 ± 4,2*
1хв	–	–	–	–

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

Як свідчать данні цієї таблиці, при експозиції 30 сек ростові показники при обох потужностях НВЧ стимулюють ріст кореню проростку ячменю. А при часі 1хв насіння взагалі не проросло так як сильно прожарилось в мікрохвильовій печі.

Отже, при невеликій потужності та короткочасній дії НВЧ може позитивно впливати на ріст органів проростку ячменю. Особливо чутливо реагує на вплив НВЧ процес росту кореня. Проте одержані дані потребують подальшого уточнення.

Як свідчать данні таблиці 2.9. НВЧ позитивно впливає на ростові показники проростку проса. Але при збільшенні часу експозиції значення довжини органів проростку зменшується. Значне гальмування росту органів спостерігається при збільшенні експозиції з 1хв до 1,5хв.

Таблиця 2.9

**Динаміка ростових показників фітотесту «пророщення насіння
проса» під час дії НВЧ впливу за моделлю 3**

Показники/ варіанти	Лст		Лк	
	100вт	180вт	100вт	180вт
Контроль	15,9 ± 1,2		31,1 ± 1,8	
30сек	22,7 ± 2,6*	21,1 ± 1,6*	37,9 ± 2,6*	38,3 ± 2,1*
1хв	21,5 ± 1,2*	20,2 ± 2,8*	37,3 ± 1,6*	37,7 ± 3,1*
1,5хв	19,1 ± 1,1*#	–	34,5 ± 1,4*#	–

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

достовірно відрізняються 30с. – 1хв., 1хв. – 1,5хв.

Отже, короткочасний вплив НВЧ при невеликій потужності, позитивно впливає на ріст органів проростку проса. Вказана тенденція при збільшенні часу експозиції чинника послаблюється, хоча залишається не змінною.

Данні таблиці 2.10. вказують на те, що під час дії НВЧ у рапса при експозиції 30с. йде стимуляція росту кореню, але зі збільшенням часу ріст органів проростку рапсу пригнічується і при 1,5 хв експозиції повертається до контрольних значень..

Таблиця 2.10

**Динаміка ростових показників фітотесту «пророщення насіння
рапсу» під час дії НВЧ впливу за моделлю 3**

Показники/ варіанти	Лст		Лк	
	100вт	180вт	100вт	180вт
Контроль	7,4 ± 0,9		28,0 ± 1,7	
30сек	7,7 ± 2,0	7,0 ± 2,9	32,5 ± 2,4*	33,3 ± 3,2*
1хв	5,6 ± 2,9	7,0 ± 2,2	23,5 ± 3,2*#	27,0 ± 2,6#
1,5хв	4,6 ± 1,3 *#	–	27,6 ± 1,7#	–

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

достовірно відрізняється 30с. – 1хв., 1хв. – 1,5хв.

При потужності 100 Вт тільки при 1,5хв. експозиції йде пригнічення росту стебла проростка проса. Отже, під час короткочасного впливу НВЧ йде суттєвий негативний позитивний вплив на процес формування проростку рапсу, особливо на ріст кореню.

Застосування моделі 3 дозволило з'ясувати, що під час короткочасного впливу НВЧ (30 с) найсуттєвіше відчуває дію чинника ріст кореню: він демонструє прискорення процесу. При збільшенні часу дії НВЧ ріст кореню проростків одно- та дводольних гальмується. Стебло по-різному відчуває дію вказаного абіотичного чинника. Його ріст демонструє реакції від нейтральної до гальмування або прискорення.

Наступну частину експериментальної роботи проводили за моделлю 4, у якій застосований ширший спектр часової експозиції НВЧ. Таблиця 2.11 містять її результати стосовно формування проростку проса.

Таблиця 2.11

Динаміка ростових показників фіотесту «пророщення насіння проса» під час дії НВЧ впливу за моделлю 4

Показники/ варіанти	Лст		Лк	
	100Вт	180Вт	100Вт	180Вт
Контроль	19,4 ± 1,2		34,4 ± 1,9	
30сек	20,8 ± 1,2	18,3 ± 1,3	33,9 ± 1,6	31,9 ± 1,5*
1мин	19,6 ± 1,1	22,1 ± 1,9 *#	31,8 ± 1,5*	34,1 ± 1,5#
1,5мин	15,1 ± 5,7	22,7 ± 1,1*	32,6 ± 5,8	36,0 ± 1,8
2мин	23,5 ± 1,1 *#	18,5 ± 3,1 #	35,1 ± 1,6	37,2 ± 3,5
2,5мин	21,8 ± 1,6*	21,6 ± 4,0	32,8 ± 1,8	33,9 ± 4,2
3мин	16,4 ± 3,7	16,7 ± 11,3	31,3 ± 4,2	25,8 ± 11,4

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

достовірно відрізняється 30с. – 1хв., 1хв. – 1,5хв.

Дані цієї таблиці не співпадають з тими, що одержані вище (див.2.9). У даній моделі чутливішим до дії НВЧ був ріст стебла, ніж аналогічний процес у кореня. Водночас експеримент продемонстрував певні тенденції у реакціях ростових процесах проростків проса. Так, з'ясовано, що вплив НВЧ:

- здійснює вплив на складник процесу формування проростку в проса, зокрема, на ріст його органів;
- стимулює ріст стебла і гальмує ріст кореня;
- вказані процеси реєструються при меншій часовій експозиції при напрузі 180 вт, ніж при напрузі 100 вт;
- виходячи зі значень довірчих інтервалів збільшення часу експозиції сприяє підвищенню гетерогенності ростових процесів у обох органів;
- вказане явище краще виражено при напрузі НВЧ 180 вт.

У зв'язку з одержанням не досить надійних результатів окреслені висновки потребують подальшого уточнення.

2.4. Визначення комбінованої дії гіпоксії та похідних спірокарбону на біометричні показники фітотесту «пророщення насіння ячменю»

У таблицях 2.12. - 2.13. наведені узагальненні дані змін біометричних показників фітотесту «пророщене насіння ячменю» в експериментальних умовах., а саме комбінованої дії гіпоксичного чинника (затоплення) і комплексу спірокарбону с бурштиновою кислотою.

Таблиця 2.12

Динаміка ростових показників фітотесту «пророщене насіння ячменю» в умовах гіпоксичної дії та комплексу СБ за моделлю 2

Лст	Лкор
Контроль	
$8,7 \pm 0,5$	$36,3 \pm 0,9$

Зк-1	Е-1	Зк-1	Е-1
$12,5 \pm 0,7^*$	$12,5 \pm 0,8^*$	$52,1 \pm 1,4^*$	$42,6 \pm 1,7^* \#$
Зк-2	Е-2	Зк-2	Е-2
$6,7 \pm 1,9^*$	$11,7 \pm 4,5 \#$	$34,4 \pm 2,2$	$28,8 \pm 3,5^* \#$
Зк-3	Е-3	Зк-3	Е-3
$28,3 \pm 10,2^*$	$13,0 \pm 10,1 \#$	$43,2 \pm 7,1$	$28,2 \pm 6,6^* \#$

**достовірно відрізняється від контролю; # достовірно відрізняється від Зк. з $p=0,05$*

Як свідчить дана таблиця, 1-о добовий вплив гіпоксії сприяє стимуляції росту кореня. При збільшенні експозиції (з 2 до 3 діб) чинника ріст кореня повертається до контрольних значень. Щодо стебла ріст його також спочатку стимулюється, а потім різко гальмується при 2-х добовій експозиції. 3-х добова гіпоксична експозиція суттєво збільшу значення цього показника. Данні таблиці 2.12 свідчать про те, що комплекс СБ негативно впливає на процес формування проростку у вказаних умовах. При комбінованій дії комплекс СБ і абіотичного чинника спостерігається загальне гальмування росту органів проростка, виключення складає варіант Е-1. Це може відбуватись через наявність гетерогенності (різномірності) наявності неоднакових частин в структурі, в складі насіння.

Отже, гіпоксичній вплив забезпечує різноспрямований вплив на ріст органів проростка в залежності від часу його експозиції. Водночас вплив комплексу СБ у вказаних умовах дії абіотичного чинника сприяє загалом гальмуванню росту його органів.

У таблиці 2.13 наведені результати визначення комбінованої дії антропогенного і абіотичного чинників на два інших складника процесу формування проростку ячменю: пророщення насіння і координацію росту органів. Данні таблиці 2.13 свідчать про те, що гіпоксична дія сприяє прогресивному зниженню енергії пророщення насіння ячменю. Аналогічна тенденція спостерігається у експериментальних варіантах. Препарат не спроможне захистити процес від дії абіотичного чинника. Координація росту органів проростку ячменю змінюється лише за 2-х

добової експозиції. Присутність у середовищі комплексу СБ суттєво не змінює ситуацію порівняно з контрольними варіантами.

Таблиця 2.13

Значень енергії пророщення і координації росту органів проростків фітотесту «пророщене насіння ячменю» в умовах гіпоксичної дії і розчинів комплексу СБ за моделлю 2

ЕП		Лкор/Лст	
Контроль			
74,0 ± 10,6		5,3 ± 0,5	
Зк-1	Е-1	Зк-1	Е-1
71,0 ± 6,2	51,0 ± 25,3	5,7 ± 0,9	4,3 ± 0,7*#
Зк-2	Е-2	Зк-2	Е-2
36,0 ± 14,3*	22,8 ± 4,5*	9,6 ± 1,8*	6,5 ± 1,3#
Зк-3	Е-3	Зк-3	Е-3
18,8 ± 13,1*	12,5 ± 13,8*	6,0 ± 1,9	6,5 ± 1,7

*достовірно відрізняється від контролю; # достовірно відрізняється від Зк. з $p=0,05$

Отже, гіпоксія негативно впливає на процес пророщення насіння ячменю, а препарат СБ не спроможний захистити цей процес від дії вказаного чинника. Найменших порушень зазнає процес координації росту органів проростка. Тому певно препарат як захисний засіб стосовно нього також не є ефективним.

Аналіз даних таблиць 2.12 – 2.13. здійснювали за двома критеріями:

(1) вплив стресора на біометричний показник (складову процесу формування проростку):

- відображається у достовірній зміні процесу формування проростку ячменю загалом;
- був не однаковий щодо різних складових цього процесу;
- найсуттєвіше гальмував процес пророщення насіння: з 1 по 3 добу затоплення спостерігали достовірно і різке його посилення;
- в залежності від часу дії затоплення продемонстрував і посилення, і гальмування, і нейтральне відношення на ріст органів;

- здійснював найслабкішу дію на процес координації росту органів порівняно з іншими складовими формування проростку в ячменю.

(2) наявність протекторних властивостей СБ стосовно кожної складової формування проростку:

- такі властивості в препараті або відсутні, наприклад, стосовно пророщення насіння, або препарат пригнічує складник формування проростку в умовах затоплення, тобто підсилює його негативну дію на вказаний процес; приклад тому динаміка росту кореня.

У таблиці 2.14 наведені узагальненні дані змін біометричних показників фітотетсу «пророщене насіння ячменю» в експериментальних умовах, що забезпечуються дією гіпоксії та комплексу СБор. Експозиція гіпоксичного чинника зменшена (модель1).

Таблиця 2.14

Динаміка ростових показників фітотетсу «пророщене насіння ячменю» в умовах гіпоксичної дії та комплексу спірокарбону з борною кислотою за моделлю 1

Лст		Лк		Лк/Лст	
Контроль					
5,6±2,2		36,7±2,4		8,6±2,4	
Контроль (з СБор)					
4,5±2,9		29,4±3,1		10,5±3,0	
Е-2	Зк-2	Е-2	Зк -2	Е-2	Зк -2
4,8±4,5	6,4±2,0	29,7±4,8*	40,6±2,4*#	10,4±3,1	10,6±2,8
Е-4	Зк -4	Е-4	Зк -4	Е-4	Зк -4
3,7±5,1	7,5±6,1	28,4±5,3*	35,7±5,6#	14,6±3,6*	9,3±4,4
Е-6	Зк -6	Е-6	Зк -6	Е-6	Зк -6
5,7±9,4	6,5±2,0	30,5±9,6	33,3±2,9	9,9±4,6	8,5±2,7

*достовірно відрізняється від контролю; # достовірно відрізняється від Зк. з $p=0,05$;

Данні цієї таблиці свідчать про те, що комплекс СБор без дії на нього гіпоксичного чинника негативно впливає на пророщення насіння. Вплив комплексу СБор на формування стебла суттєво не впливає. Найсуттєвіше відчував вплив комплексу СБор процес росту кореню, зі збільшенням часу він інгібував сильніше. Але без впливу комплексу СБор, незначна гіпоксія стимулює ріст кореню, та на далі, зі збільшенням часу гіпоксія починає негативно впливати на ріст проросту фітотесту «пророщення насіння ячменю». Координація росту насіння ячменю з використанням комплексу СБор незначна, лише на 4 год. спостерігається стимулююча дія.

Отже, комплекс СБор не має протекторних властивостей щодо гіпоксичного впливу, він навпаки інгібує ріст проростку насіння ячменю.

Аналіз даних таблиці 2.14. здійснювали за такими самими критеріями, що передніх двох таблиць, і тому встановлено, а саме:

- гіпоксичний вплив сприяв достовірним змінам процесу формування проростку ячменю загалом;
- він був не однаковий щодо різних складових цього процесу;
- суттєво гальмувався ріст кореню.

2. Наявність протекторних властивостей СБор стосовно кожної складової формування проростку:

- такі властивості в препараті скоріш всього відсутні стосовно даного абіотичного чинника: як і попередній комплекс препарат пригнічує складник росту кореню в умовах затоплення, тобто підсилює його негативну дію на вказаний процес;
- вказане явище для похідного з бурштиновою кислотою має більший вираз, ніж для комплексу спірокарбону с борною кислотою.

2.5. Розроблення завдань дослідницької спрямованості, щодо використання результатів дослідження з дії абіотичних чинників довкілля засобами моделювання рослинних систем

Середовище здатне впливає на організм через різноманітні абіотичні фактори такі як: температура, вологість, світло, тиск, хімічні характеристики субстрату тощо, але організм також здатен впливати на середовище, головним чином, через зміну хімізму субстрату, виснаженням різноманітних ресурсів і зміни мікрокліматичних навколишніх умов. Таким чином у навчальній програмі з біології можна використовувати результати дослідження впливу абіотичних чинників довкілля на рослину, під час вивчення нового матеріалу, або на етапі мотивації, чи узагальнення і систематизації, а також розроблення завдань різної важкості для підвищення актуальності вивчення предмету.

6 клас. Тема 1. Клітина. Тема уроку: Основні властивості клітин (ріст, поділ, обмін з навколишнім середовищем).

Під час уроку закріплення нових знань, вчитель пропонує учням відповісти на наступні питання:

1. Від яких чинників залежить поділ клітин? (температура, достатня кількість поживних речовин, світлового режиму...).
2. Від чого залежить інтенсивність фотосинтезу? (наявність вуглекислого газу, води, сонячної енергії).
3. Який структурний елемент клітини захищає її від навколишнього середовища? (клітинна стінка).

7 клас. Тема 4. Організм як середовище існування. Тема уроку: Кругообіг речовин та потік енергії в екосистемі.

На етапі узагальнення і систематизації знань вчитель задає учням такі питання:

1. Які існують екологічні чинники? (абіотичні, біотичні та антропогені).

2. За допомогою якого фактора тварин здатні приготуватись до сезонних змін: знають коли їм потрібно готуватись до сплячки, робити запаси, перелітати у теплі місця, або коли починається пора розмноження? (тривалість світлового періоду доби; світло).

3. Здатність тварин пристосовуватись до будь чого – це (адаптація).

8 клас. Тема 5. Виділення. Терморегуляція. Тема уроку: Терморегуляція.

На етапі узагальнення знань, для більш різностороннього кругозору вчитель задає учням наступні питання:

1. До чого призводить сонячний удару у людини? (головна біль, нудота, блювання, загальна слабкість, запаморочення).

2. Яка галузь медицини лікує шкірні захворювання? (дерматологія)

3. Які захворювання у людини спричинює (УФ) ультрафіолетове випромінювання? (опіки, меланоми, рак шкіри, пришвидшує старіння і появу зморшок).

9 клас. Тема 8. Надорганізмові біологічні системи. Тема уроку: Біотичні, абіотичні та антропогенні фактори.

На етапі актуалізації учням пропонується таке завдання:

Закінчить речення та оберіть правильний рисунки для відповіді (роздруковані рисунки роздаються вчителем).

1. Затоплення водою певної ділянки землі може спричинити у рослин (гіпоксію, або кисневе голодування, рис.1).

2. Речовини які здатні пригнічувати, або стимулювати ріст рослини – це (регулятори росту, рис 2).

3. Регулятори росту рослин бувають (природні та синтетичні, рис 3).



Рисунок 1



Рисунок 2



Рисунок 3

9 клас. Тема 3. Принципи функціонування клітин. Теми уроків: Обмін речовин та енергії. Фотосинтез. Клітинне дихання.

Запропоновані нижче завдання можна використовувати на етапі закріплення та корекції знань.

Завдання 1. Розгляньте табл. 2.5 «Динаміка ростових показників фітотесту «пророщення насіння ячменю» в гіпоксичних умовах».

Завдання 2. На основі експериментальних даних цієї таблиці зробіть висновки:

- про дію нестачі кисню на проростки;
- про те як така дія впливає на ріст різних його органів (табл. надається вчителем). Висновки обґрунтувати.

Динаміка ростових показників фітотесту «пророщення насіння ячменю» в гіпоксичних умовах

Таблиця 2.5

Варіант	Лст	Лк
Контроль	11,9 ± 1,3	34,6 ± 1,6
Чашка А 2 год.	12,3 ± 1,7	30,5 ± 2,5*
Чашка Б 4 год.	11,8 ± 1,3	31,3 ± 1,9*
Чашка Д 6 год.	13,0 ± 1,3	26,5 ± 2,3*

**достовірно відрізняється від контролю;*

Завдання 3. Розгляньте табл. 2.9 «Динаміка ростових показників фітотесту «пророщення насіння проса» під час дії НВЧ впливу за моделлю 3».

Завдання 4. На основі даних розглянутої таблиці зробіть висновки:

- про те як НВЧ впливає на рослину;
- про те як таке випромінювання впливає на ростові показники рослини (табл. надається вчителем). Висновки обґрунтувати.

**Динаміка ростових показників фітотесту «пророщення насіння
проса» під час дії НВЧ впливу**

Таблиця 2.9

Показники/ варіанти	L _{ст}	L _к
Контроль	15,9 ± 1,2	31,1 ± 1,8
Потужність	100вт	
30сек	22,7 ± 2,6*	37,9 ± 2,6*
1хв	21,5 ± 1,2*	37,3 ± 1,6*
1,5хв	19,1 ± 1,1*	34,5 ± 1,4*

**достовірно відрізняється від контролю;*

10 клас. Тема 2. Обмін речовин та перетворення енергії. Тема уроку: Надходження в організм хімічних елементів, вплив на здоров'я людини.

На етапі узагальнення та систематизації знань, вчитель може задати учням наступні питання:

1. Яке значення неякісної питної води для людини? (багато вірусів і бактерій у воді здатні призводять до спалахів епідемій, інфекційних захворювань)

2. Про що свідчить наявність у великої кількості людей певної місцевості ендемічних захворювань, наприклад Зоб? (нестача йоду у їжі, воді).

3. Як перезволоження ґрунтів впливає на ріст і розвиток рослин? (спричинює нестачу кисню, задуху, гниття).

Отже, були розроблені різноманітні завдання дослідницької спрямованості з використанням результатів власних експериментальних досліджень з дії абіотичних чинників довкілля засобами моделювання рослинних систем.

ВИСНОВКИ

1. Встановлено на основі аналізу наукової літератури, що на організм рослин суттєво впливають як абіотичні, так і антропогенні чинники. Так, зокрема, гіпоксичний вплив, який найчастіше проявляється у суттєвому підвищенні вмісту води у середовищі існування, пригніченню росту рослини та їх загибелі; змінам фізіолого-біохімічних характеристиках рослин. Інший антропогенний чинник НВЧ, що ефективно знищує патогенну мікрофлору насіння, може при певних оптимальних режимах дії підвищувати якість насіння.

2. Розроблено спектр модельних систем щодо здійснення гіпоксичного і НВЧ впливу засобами на фітотест «пророщене насіння культурних рослин».

3. Короткочасна дія гіпоксичного чинника впливає на ріст органів проростку. Ріст кореню ячменю підлягають більшого впливу, ніж в озимої пшениці, та відбувається гальмування його росту. Вплив НВЧ не одноманітний, при невеликій потужності та часу дії опромінення відбувається підвищення швидкості росту органів рослин. При великій потужності та довготривалій дії НВЧ йде сповільнення росту рослини.

4. Експериментально встановлено, що комбінована дія гіпоксії та похідних спірокарбону – комплексів з бурштиноюю і борною кислотами впливає на біометричні показники фітотесту «пророщення насіння ячменю», а саме:

- комплекс спірокарбону з бурштиноюю кислотою сприяє підсиленню гальмувального ефекту стосовно росту органів проростку ячменю в наслідок дії гіпоксичного чинника;
- інший препарат з меншою силою, але також гальмує ріст органів проростку;
- похідні спірокарбону не можуть захистити процес формування проростку ячменю від впливу вказаного абіотичного фактора, тобто не

володіють протекторними властивостями проти дії гіпоксичного чинника.

4. Розроблено пізнавальні завдання з біології щодо використаних результатів експериментального дослідження дії абіотичних чинників довкілля засобами фіто тестування, для тем навчальної програми «Біологія»:

6 клас – Тема 1. Клітина. Тема уроку: Основні властивості клітин (ріст, поділ, обмін з навколишнім середовищем).

7 клас – Тема 4. Організм і середовище існування; Тема уроку: Поняття про екосистему та чинники середовища.

8 клас – Тема 7. Виділення. Терморегуляція. Теми уроку: Значення і будова шкіри. Терморегуляція.

9 клас – Тема 3. Принципи функціонування клітин. Теми уроків: Обмін речовин та енергії. Фотосинтез. Клітинне дихання. Тема 8. Надорганізові біологічні системи. Тема уроку: Біотичні, абіотичні та антропогенні фактори.

10 клас – Тема 2. Обмін речовин та перетворення енергії. Тема уроку: Надходження в організм хімічних елементів, вплив на здоров'я людини.

Розроблені завдання для 9 класу були апробовані на уроках біології у академічному ліцеї ім. О.В. Мішукова при ХДУ під час проходження педагогічної практики.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Агаджанян Н. А. Елфимов А. И. Функции организма в условиях гипоксии и гиперкапнии. М.: Медицина, 1986. 272 с.
2. Александров В. Я. Реактивность клеток и белки. Л.: Наука, 1985. 318с.
3. Бахтенко Е. Ю. Аутэкологический подход к физиологическому ответу растений на затопление и засуху: Регуляторные аспекты. Вологда: Наука, 2001. 386 с.
4. Варнер Дж. Развитие и прорастание семян. В кн.: Биохимия растений. М.: Мир, 1968. С. 465-483.
5. Вартапетян Б. Б. Учение о гипоксическом и аноксическом стрессах растений – новое направление в экологической физиологии, биохимии и молекулярной биологии растений: Вестн. РФФИ, 2007. Т. 5. №55. С. 28-57.
6. Войцековская С. А. Влияния корневой гипоксии на рост, развитие и метаболизм фотосинтезирующих листьев *Amaranthus tricolor* L.: Вестник ТГПУ, 2010. 3 (93). 106 с.
7. Генкель П. А. Физиология стійкості рослинних організмів. В кн.: Физиология сільськогосподарських рослин. М.: 1967. Т. 3. С. 87-184.
8. Григорюк І. П. Водний і високотемпературний стреси. Молекулярні та фізіологічні механізми стійкості рослин. Физиология рослин в Україні на межі тисячоліть. К.: Фітосоціоцентр, 2001. Т. 2. С. 118–129.
9. Гринева Г. М. Регуляция метаболизма у растений при недостатке кислорода. М.: Наука, 1975. 279 с.
10. Долгачева В. С. Растениеводство. М.: Академия, 1999. 368 с.
11. Ерьсько В. А., Голик Г. А., Евтушенко В. П. Регуляторы роста растений.: Автор. свидет. 1628255, опуб. 15.10.1990.

12. Ершова А. Н. Метаболическая адаптация растений к гипоксии и повышенному содержанию диоксида углерода. Воронеж: Изд-во ВГУ, 2007. 264 с.
13. Жук О. І., Григорюк І. П., Гродзинський Д. М. Клеточный рост растений за умов водного стрессу. Физиология и биохимия культ. растений., 1999. Т. 31, № 2. С. 83–92.
14. Кефели В. И., Прусакова Л. Д. Химические регуляторы растений. М.: Знание, 1985. 64 с.
15. Козирський В. В., Савченко В. В., Синявський О. Ю. Вплив магнітного поля на водопоглинання насіння: науковий вісник НУБіП України.: 2014. Вип. 194. Ч.1. С. 16-20.
16. Козырский В. В. Савченко В. В., Синявский А. Ю. Влияние магнитного поля на диффузию молекул через клеточную мембрану семян сельскохозяйственных культур.: вестник ВИЭСХ, 2014. №2 (15). С. 16–19.
17. Колупаев Ю. Є., Косаківська І. В. Роль сигнальних систем і фітогормонів у реалізації стресових реакцій рослин: укр. ботанічний журнал. – 2008. – №3. – 13 с.
18. Колупаев Ю. Є. Основи фізіології стійкості рослин. Харків: 2010. – 121 с.
19. Колупаев Ю. Є., Карпець Ю. В. Формування адаптивних реакцій рослин на дію абіотичних стресорів. Київ: Основа, 2010. – 352 с.
20. Кононюк Г. А. Физиологические процессы у яровой пшеницы при затоплении и применении хлорхолинхлорида. Ленинград, 1983. – 251 с.
21. Кордюм Е. Л., Сытник К. М., Бараненко В.В. Клеточные механизмы адаптации растений к неблагоприятным воздействиям экологических факторов в естественных условиях. Киев: Наукова думка., 2003. – 277 с.

22. Кошкин Е. И. Физиология устойчивости сельскохозяйственных культур: учебник. М. : Дрофа, 2010. 638 с.
23. Кузнецов В. В., Дмитриева Г. В. Физиология растений. М.: Высш. шк., 2005. 736 с.
24. Кулаева О. Н. Гормональная регуляция физиологических процессов у растений на уровне синтеза РНК и белка. М.: Наука, 1982. 230 с.
25. Кулаева О. Н. Как регулируется жизнь растений. Соросовский Образовательный Журнал. 1995. – № 1. – С. 20–27.
26. Кулаева О. Н. Физиология растений. 1962, Т.9.–229с.
27. Кулаева О. Н. Цитокинины, их структура и функции. М.: Наука, 1973. 264 с.
28. Майор В. С. Вплив гіпоксії на життєздатність насіння та фізіологічний стан проростків озимої пшениці різних сортів.: К., 2000. 18 с.
29. Муромцев Р. С. Чканников Д. И., Куравлева О. Н. Основы химической регуляции роста и продуктивности растений. М.: Агропромиздат, 1987. 383 с.
30. Недуха Е. М. Факторы устойчивости растений в экстремальных природных условиях и техногенной среде: Материалы Всероссийской научной конференции Иркутск, 10-13 июня 2013г., М., Берлин: Директ-Медиа, 2015. С. 165-167
31. Никелл Л. Дж., Регуляторы роста и развитие растений. М., 1984 – 191с.
32. Новикова Н. Е., Зотиков В. И. Физиологические основы устойчивости сельскохозяйственных растений: Учебное пособие. Орел: Издво ООО Полиграфическая фирма «Картуш», 2015. 176 с.
33. Полевик Н. Д., Попов В. М., Бидянов В. А. Влияние предпосевной СВЧ обработки семян голозерных сортов ячменя на их продуктивность. Хранение и переработка зерна. М.: 2011. №9. С. 22–24.

34. Полевой В. В. Физиология растений. М.: Высш. шк., 1989. 464 с.
35. Пономаренко С. П., Николаенко Т. К., Троян В. М. Регуляторы роста растений на основе N-оксидов производных пиридина. Физико-химические свойства и механизм действия. Регуляторы роста растений. К.: 1992. С. 28–55.
36. Пономаренко С. П. Українські регулятори росту рослин. Елементи регуляції в рослинництві: зб. наук. праць / під ред. В.П. Кухаря. К.: ВВП «Компас», 1998. С. 10–16.
37. Речицький О. Н. Пилипчу Л. Л., Єзіков В.І., Косяк Т.А Дослідження ріст регулюючо активності спірокарбону та його похідні на рослинних об'єктах.: зб. наук. праць. Теорія і практика сучасного природознавства. Херсон: ПП Вишемірський В. С., 2009. С. 66-70.
38. Селье Г. На уровне целого организма. М.: Наука, 1972. 122с.
39. Сидорович М. М., Кундельчук О. П., Воронова Е. А. Определения уровня экологической безопасности комплекса спирокарбон с янтарной кислотой при помощи фитотестов. Сборник научных трудов Sword. Выпуск 3. Том 43. Иваново: Маркова А. Д., 2013. С. 46-54.
40. Сильвия Ж. Физиологические особенности применения регуляторов роста стероидной природы на растения озимого ячменя: диссертация доктора биол. наук. Кишинев, 2009. 100 с.
41. Уоринг Ф., Филлипс И. Рост растений и дифференцировка. М.: Мир, 1984. 128 с
42. Урманцев Ю. А., Гудсков Н. Л. Проблема специфичности и не специфичности ответных реакций на повреждающие воздействия.: журнал общей биологии. 1986. Т.47. С. 337-349.
43. Христова Т. Є., Пюрко О. Є. Питання водного режиму рослин у працях вітчизняних фітофізіологів: історично-функціональний аспект: *Вісник Дніпропетровського університету*. 2007. Вип 15(1). С. 11.

44. Чайлахян М. Х. Регуляция цветения высших растений. М.: Наука, 1988. 560 с.
45. Черепнев А., Черепнев И., Ляшенко Г. Использование импульсного электромагнитного излучения для обеззараживания зерновой смеси.: зб. наук. праць ХУПС. 2008. Вип. 2. №17. С.53–55.
46. Юсупова Г. Г. Методология комплексной системы обеззараживания зерна и продуктов его переработки: дис. докт. биолог. наук: 03.00.16. Красноярск, 2004. 239 с.
47. Якушина Н. И., Бахтенко Е. Ю. Физиология растений. М.: Владос, 2005. 463 с.
48. Goldblith, S.A., and D.I. C. Wang. 1967. Effect of microwaves on *Escherichia coli* and *Bacillus subtilis* // *Appl. Environ. Microbiol.* 15:1371–1375.
49. Jackson M.B., Colmer T.D., Response and adaptation by plants to flooding stress // *Ann Bot.* – 2005 – Vol. 96. P. 501-505.
50. PETERSON H. Syntheses of Cyclik Ureas by α -Ureidoalkylation // *International journal of synthetic organic chemistry.* – №5, 1973. – P. 243-326.
51. Selye H. The general adaptation syndrome and the diseases of adaptation // *J. Clin. Endocrinol.* – 1946. – V. 6. – P. 117-230.