

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет біології, географії та екології

Кафедра біології людини та імунології

Фітотестування як засіб визначення температуропротекторних  
властивостей похідних спірокарбону

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

Виконала: студентка 4 курсу 411 групи

Спеціальності: 091 Біологія

Освітньо-професійної програми: Біологія

Божонок Вікторія Сергіївна

Керівник: д.п.н. проф. Сидорович М. М.

Рецензент: к.б.н. доцентка, провідна

наукова співробітниця НПП

»Нижньодніпровський» Павлова Н.Р.

Херсон – 2021

## Зміст

<b>Вступ.....</b>	<b>3</b>
<b>Розділ 1. Температурний чинник як абіотичний фактор довкілля.....</b>	<b>5</b>
1.1. Зміни в життєдіяльності рослин в умовах температурної нестабільності довкілля.....	5
1.2. Регулятори росту рослин.....	9
1.3. Хімічні і біологічні властивості нового класу синтетичних регуляторів росту похідних спірокарбону.....	15
<b>Розділ 2. Динаміка біометричних показників проростків, сформовані в умовах комбінованої дії температурного і антропогенних чинників.....</b>	<b>20</b>
2.1. Матеріал і методи.....	20
2.2. Розроблення температуропротекторної моделі з використанням фітотестів однодольних.....	20
2.3. Визначення криопротекторних властивостей похідного спірокарбону засобами фітотестування .....	24
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>27</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>29</b>

## ВСТУП

Чимало ефектів, що спричинені дією низьких позитивних температур на культурні рослини, можна розглядати як ознаки неспецифічної стресової реакції. До них, зокрема, відносять зменшення рН, яке пов'язане з гальмуванням роботи протонних pomp, і вмісту основних рістстимулюючих гормонів [12]. Сільське господарство на сучасному етапі нестабільності кліматичних умов потребує захисту врожаїв від вказаного абіотичного чинника довкілля. Ураховуючи вище вказане і доведену раніше наявність протекторних властивостей стосовно промислової стічної води (з масло-сир заводу) в нового класу синтетичних регуляторів росту рослин – похідних спірокарбону [14;15], можна припустити, що ці препарати мають і криопротекторні властивості. Тому **метою дослідження** стало вивчення температурного впливу на процес формування проростку однодольних і спроможності в таких умовах похідного спірокарбону – його комплексу з бурштиновою кислотою (СБ) – захистити цей процес.

**Об'єкт дослідження** – біотестування синтетичних хімічних речовин.

**Предмет дослідження** – захисні властивості синтетичних регуляторів росту рослин.

### **Завдання дослідження:**

1. На основі аналізу наукової літератури охарактеризувати вплив температурного чинника на життя рослин і можливості регуляторів їх росту захистити від дії цього чинника.

2. Розробити засобами фітотестування загальну схему визначення впливу низької позитивної температури на процес формування проростку однодольних.

3. Оцінити засобами фітотесту «пророщене насіння однодольних» вплив позитивної низької температури на процес формування проростку і з'ясувати наявність захисних можливостей від дії цього абіотичного чинника на вказаний процес у синтетичного регулятора росту - похідного спірокарбону .

Дані **апробовані** на:

1. Всеукраїнській науково-практичній конференції «Сучасні хімічні технології: екологічність, інновації, ефективність» (Херсон, 2019);

2. Всеукраїнській студентській науково-практичній конференції “STEM освіта як напрям модернізації методик навчання природничо-математичних дисциплін у середніх і вищих навчальних закладах”, (Херсон, 2019).

**Публікації:**

1. Боженок В.С., Сидорович М.М. Спосіб визначення криопротекторних властивостей синтетичного регулятора росту стосовно процесу формування проростку ячменю: зб.тез всеукраїнської студентської науково-практичної конф., м. Херсон, 18-19 квітня 2019. С.68-70.

2. Сидорович М.М., Речицький О.Н., Боженок В.С. Застосування похідних спірокарбону в сучасному агросекторі: зб.тез всеукраїнської студентської науково-практичної конф., м. Херсон, 3-4 жовтня 2019.С. 63-64.

## РОЗДІЛ 1

### ТЕМПЕРАТУРНІ ЧИННИКИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА В ЖИТТІ ВИЩИХ РОСЛИН

#### **1.1. Зміни в життєдіяльності рослин в умовах температурної нестабільності довкілля**

За рахунок досліджень , які пов'язані із стійкістю рослин до несприятливих чинників було з'ясовано, що деколи цю властивість визначають як здатність рослин переносити без шкоди для себе, або без зниження урожаю вказаний згубний фактор. Такий підхід не завжди є правильним, тому що стійкість рослин до екстремальних умов середовища може бути різноманітною: високою, середньою чи низькою [16]. Тобто, при достатньо високій стійкості шкода для рослин буде мінімальною, а при низькій стійкості вона буде максимальною. Таким чином, стійкість рослин – це їх здатність переносити дію конкретного фактора навколишнього середовища [23].

Холодостійкість рослин є одним з різновидів вказаного феномену. Холодостійкість – це здатність рослин витримувати тривалий проміжок часу вплив низьких позитивних температур від 1° до 10 °С [21]. «До холодостійких належать яра пшениця, ячмінь, овес, горох.» Несприятлива дія низьких температур впливає передусім на стан цитоплазми, тобто відбувається підвищення густини, проникності мембрани, порушення обміну нуклеїнових кислот, білків, а також структури мітохондрій і хлоропластів в цілому, що призводить до погіршення аеробного дихання, і як результат пригнічення фотосинтезу [30].

Підвищення стійкості до низьких температур пов'язане з запобіганням або усуненням вказаних вище причин пошкодження і загибелі рослин [47]. Мембрани стійких рослин більш стабільні, ніж

нестійких, тому втрати кальцію і порушення їх проникності менше. Запобігання від дезінтеграції мембран досягається, насамперед, тривалим підтриманням ненасиченості жирних кислот у фосфоліпідів, це може бути наслідком активації або підтримки активності десатураз жирних кислот [33].

Для оцінки холодостійкості рослин використовують різні методи діагностики (прямі і непрямі) [1]. Це холодний метод пророщування насіння, ранні посіви в сирий і непрогрітий ґрунт, вимір темпів зростання, накопичення маси, вмісту хлорофілу, співвідношення кількості електролітів в надземній і підземній частинах рослини, оцінка мінливості ізоферментного складу [44].

Морозостійкість рослин – один з різновидів їх холодостійкості. Вказане поняття охоплює здатність рослин переносити негативні температури [48]. Дворічні і багаторічні рослини, що ростуть в помірній смузі, періодично піддаються впливу низьких негативних температур. Різні рослини мають неоднакову стійкість до цього впливу.

Тривалий час існувала думка, що основною причиною відмирання рослинних тканин завдяки фактору низької позитивної температури є порушення клітинних стінок внаслідок утворення кристалів льоду в клітині. Проте пізніше було встановлено [40], що причина цього явища полягає в зміні стану цитоплазми, тобто ступеню її коагуляції [24]. Це є наслідком явища, при якому кристали льоду, що утворюються в міжклітинних просторах, відтягують воду з клітин наслідком цього є підвищення концентрації клітинного соку і зневоднення цитоплазми [5]. Разом з цим поверхневий шар протопласта відчуває тиск від кристалів льоду. Кінцевим результатом таких подій є незворотна коагуляція колоїдних частин цитоплазми та білків [23].

У холодний період рослини, крім прямого впливу морозу, зазнають ще цілий низці несприятливих впливів. Особливо чутливими

до них є трав'янисті багаторічні та однорічні рослини [18]. Наприклад, пшениця може загинути від дуже великого снігового покриву, тобто відбувається випрівання рослини. Пов'язано це з тим, що температура під снігом дещо підвищується (стає близько 0), тому процеси дихання активно збільшуються. В результаті відбувається втрата цукрів, і як наслідок рослини можуть загинути від виснаження [17]. Крім того, озимі культури дуже легко зазнають такої хвороби, як снігова пліснява, що також може призвести до загибелі. У зв'язку з цим для районів з теплими зимами і дуже глибоким сніговим покривом, який лежить 2-3 місяці, необхідно виведення сортів з підвищеним вмістом вуглеводів [49].

Дія низьких температур на рослину не є єдиною небезпекою. Крім прямої дії морозу, рослини впродовж зими піддаються дії інших несприятливих факторів [24]. У ході перезимівлі сильні морози нерідко змінюються короткочасними і тривалими відлигами. Взимку часто бувають снігові бурі, а в безсніжні зими - і суховії. Ці чинники постійно змінюються, що призводить до виснаження рослини [39].

Але вони виходять після перезимівлі сильно ослабленими. Деревні породи в морозні зими пошкоджуються сильніше, ніж озимі рослини. До основних несприятливих факторів, що викликають пошкодження рослин відносяться випрівання, вимокання [44].

Дамо коротку характеристику цим несприятливим факторам.

Випрівання - таке явище відбувається в нехолодні зими з товстим сніжним покривом. Перебуваючи під шаром мокрого снігу при температурі близько нуля, рослини досить інтенсивно дихають, витрачаючи при цьому запаси цукрів [8]. Кількість цукрів знижується з 20-25% до 2-4%, тому морозостійкість знижується, рослини стають схильні до грибкових захворювань [33].

«Вимокання відбувається під час довготривалих відлиг, внаслідок цього на поверхні ґрунту знаходиться велика кількість води, яка може

затоплювати посіви, погіршувати газообмін у рослин, послаблювати анаеробне дихання, токсичні продукти якого викликають отруєння і загибель її» [13].

«Якщо після відлиги настають морози, то утворюється льодова кірка, яка може бути навислою над посівом або контактною. Навислі кірки легко руйнуються і рослини вивільнюються. Якщо ж кірка контактна, то рослини вмерзають у лід, в результаті аерація припиняється. За умови вимерзання лише вузли кущіння, а листки залишаються на поверхні, то повітря від листків до кореневої системи проникає по міжклітинниках, і рослини виживають» [34]. «Рослини, що виходять з-під снігу весною при низьких температурах повітря і ґрунту, стійкі до затоплення. З підвищенням температури їхня стійкість різко знижується» [30].

Отже, зимостійкість - це здатність рослин протистояти цілому комплексу несприятливих факторів зовнішнього середовища в зимовий час. З метою визначення зимостійкості рослин використовують різні методи, перш за все метод діагностики стану зимуючих рослин в монолітах [41]. До лабораторних методів відноситься визначення стійкості рослин по реакції на фарбування цитоплазми клітин конуса наростання: із збільшенням ступеня пошкодження в клітинах конуса наростання зростає спорідненість до барвників. Нежиттєздатні рослини інтенсивно фарбуються [44].

«Чимало ефектів, спричинюваних дією низьких позитивних температур на теплолюбні рослини, можна розглядати як ознаки неспецифічної стресової реакції. До таких ефектів, зокрема, належать зменшення цитоплазматичного рН, яке пояснюють пригніченням роботи протонних pomp, а також зменшення вмісту основних рістстимулюючих гормонів» [12].



«За допомогою позитивної плюсової температури відбувається фазовий перехід мембран клітин теплолюбних рослин, але не холодостійких, тобто із еластичної рідинно-кристалічної форми в твердо-гелеву структуру» [7]. Це спричинює суттєві зміни саме властивостей мембран, а також активності мембранозв'язаних ферментів [22].

Адаптацією рослин до дії низьких позитивних температур є один із головних способів підвищення стійкості рослин до несприятливих температур, як через погодні, так і експериментальні умови, цей процес має назву – загартування [31]. Здатність до цього способу належить не всім, але більшості видів рослин і представляє собою, як важлива конститутивна ознака [40]. «При цьому стійкість не є сталою ознакою рослини, а змінюється у досить широких межах залежно від об'єкта (генотипу) і умов середовища» [38].

Отже, адаптація рослин до низьких температур складний і ресурсовитратний процес, при якому зміни відбуваються на клітинному рівні. Після цього рослинам потрібен певний період часу на адаптацію до більш високих температур. У деяких регіонах з особливо низькими температурами намагаються розповсюджувати рослини, які є більш стійкими до екстремального клімату.

## **1.2. Регулятори росту рослин: властивості природних і синтетичних хімічних речовин**

Фітогормони – органічні речовини, які синтезуються в рослинах і регулюють їх ріст і розвиток. Вони мають відносно невелику молекулярну масу, в невеликих кількостях необхідні для активації і регуляції фізіологічних, а також морфогенетичних програм рослин [32].

Фітогормони беруть участь у процесах формування статі, старіння і переходу до стадії спокою, в транспорті речовин між органами, у

передачі сигналів про зміну параметрів зовнішнього середовища та адаптації до стресових впливів, в регуляції процесів синтезу органічних сполук і їх розпаду. Незважаючи на те, що кожен фітогормон поліфункціональний і здатний впливати на більшість фізіологічних процесів, дія кожного з них специфічна [19]. Водночас, в регуляції одного процесу може брати участь кілька регуляторів. «Вони здатні утворювати неактивні комплекси, що зберігаються тривалий час в тканинах. Необхідно також враховувати фізіологічні ефекти, що надаються фітогормонами, залежать від їх концентрації і умов зовнішнього середовища, в яких мешкає рослина» [26].

Розрізняють природні і синтетичні сполуки, що мають властивості фітогормонів. Серед перших видокремлюють такі групи фітогормонів : ауксини, гібереліни, цитокініни, абсцизини, етилен [2].

Дамо їм коротку характеристику

Ауксини – можуть стимулювати ріст клітин та їх поділ, а саме, видовження ізольованих колеоптилів, а також частини стебла, (стимулюють утворення бічних коренів, індукують ріст безнасінневих плодів та утворення етилену). Природний ауксин є похідною індолу, що утворюється з триптофану [26].

Ауксини виконують в рослинному організмі низку функцій. Так, вони стимулюють всі три фази росту клітин [9]. За допомогою них утворюються корені, відбувається активація камбіальної активності і формується калус, особливістю є розростання зав'язі партенокарпічних плодів. Ауксин регулює формування провідних пучків, зумовлює явища фото- і геотропізму, що пов'язані з несиметричністю його поділу. «Транспорт ауксину до тіньового чи нижнього боку стебла підсилює її ріст, що призводить до згинання.» Рослини у геотропізмі кореня, окрім ауксину, значну роль відіграють також інгібітори, синтезовані у кореневому чохлаку кореню. «Ауксин регулює рухову реакцію листя,

квіток і вусиків рослин.» Він визначає апікальне домінування – у верхівка пагона ,що пригнічується пробудження і ріст пазушних бруньок. Ауксин стимулює ризогенез і потовщення бічних коренів; при цьому утворення бічних коренів є наслідком активації ауксином поділу клітин перициклу [25].

«Ауксин стимулює утворення коренів на листових і стеблових черешках, регулює цвітіння, ріст і дозрівання плодів. Водночас він гальмує перехід до цвітіння короткоденних рослин і стимулює – довгоденних. У огірка при обробці ауксином зростає число жіночих квіток, збільшується врожай плодів і насіння» [32]. Цей гормон регулює опадання листя, зав'язей і плодів. З цією метою ауксини застосовують при пересадженні деревних і овочевих рослин, під час старінні листя, поганому запиленні квіток, утворенні зайвого числа зав'язей і плодів. Найбільша кількість ауксину синтезується в молодих бруньках та листі, квітках, камбії, насінні [23].

Гібереліни — клас речовин, подібних до органічних кислот, дітерпенові полі циклічні кислоти, які відносяться до карбонових кислот. Вказана речовина спричиняє ріст і розвиток рослин, а також проростання насіння. Ця сполука має широку фізіологічну дію. Вони сприяють лінійному росту стебел, активуючи як поділ клітин меристематичних зон, так і їх розтягнення в цілому. При проведенні дослідження було встановлено, що на біохімічному рівні гібереліни здатні викликати синтез генів, а саме амілази та інших ферментів в алейроновому шарі ендосперму при проростанні насіння злаків. Вони індукують утворення квітконосів і цвітіння у багатьох розеткоподібних довгоденних рослин. «Важливу роль гібереліни відіграють під час формування плодів і насіння, крім того, активізують проростання насіння, бульб та цибулин. У багатьох однодомних і дводомних рослин гібереліни сприяють формуванню чоловічих квіток» [11]. Ці гормони

затримують старіння листків у багатьох рослин. «Вплив великої кількості ретардантів, тобто речовин, що сповільнюють ріст рослин в довжину заснована на блокуванні тих чи інших стадій біосинтезу гіберелінів в рослинах. Обробка гіберелінами сприяє отриманню партенокарпічних (безнасінних) плодів і стимулює їх появу у винограду, цитрусових і груші. Гібереліни застосовують також для підвищення виходу волокна у льону та конопель, при виробництві солоду, для збільшення вегетативної маси кормових культур та інших цілей.»

Синтезуються гібереліни в молодих тканинах рослин, які активно розвиваються (незріле насіння, плоди). Інша частина гіберелінів утворюються у листках, які ще не закінчили ріст, але у меншій кількості [28].

Цитокініни отримали свою назву завдяки здатності стимулювати цитокинез. Цитокініни – первинний фактор індукції клітинних поділів, і росту клітин у довжину, насамперед у дводольних рослин. Фактори, що індукують поділ клітин, були знайдені в кокосовому молоці, екстрактах дріжджів, солоді [26]. Попередниками цитокінінів є мевалонат і пурин. «Вони формують бруньки і ріст пагонів, але можуть пригнічувати ріст коренів, викликають перехід до цвітіння деяких рослин в умовах несприятливого фотоперіодичного чи температурного режимів. За допомогою цитокінінів корені рослини активують ріст надземних органів». «Цитокініни, впливаючи на структурний і функціональний стан клітинних мембран, підвищують здатність тканин і органів, у тому числі плодів, насіння і бульб, які формуються. Вони затримують старіння листя» [46]. Синтез цитокінінів головним чином відбувається у коренях та пасивно транспортується ксилемою до надземних органів. Найбільше їх у насіннях та плодах, що розвиваються, меристематичних тканинах, особливо апікальні меристеми коренів [23].

Абсцизова кислота(АБК) – провідний регулятор росту рослин. Вона прискорює дозрівання і старіння рослини, призводить до обпадання листя і плодів, готує рослини до стану спокою перед холодами і посухою. «Вона впливає на формування, а також процес проростання насіння. На пізніх стадіях ембріогенезу в клітинах підвищується вміст АБК, специфічних РНК і білків.» Ці білки пізнього ембріогенезу впливають на стійкість рослин при зневодненні. Обробка насіння АБК підвищує вміст цих речовин. «На пізніх етапах ембріогенезу АБК відіграє суттєву роль в регуляції транспорту асимілянтів з насінневої оболонки до зародка.» Доведено, що АБК є одним з ключових регуляторів розвитку насіння,сплячих бруньок, бульб [20]. «Серед функцій АБК найбільш відомими є контроль закривання продихів, стимуляція дозрівання зародка і періоду спокою насіння, інгібування його проростання. Вона є одним з центральних регуляторів адаптації рослин до абіотичних стресів - висихання, засолення і низька температура» [6].

Абсцизова кислота як фітогормон - інгібітор росту широко використовується в сучасних технологіях сільського господарства.

Особливо багато абсцизину синтезується в старому листі, зрілих плодах, бруньках та насінні, що перебувають у стані спокою.

Етилен – гормональний фактор. «Етилен найбільше синтезується з метіоніну. Найближчий попередник етилену – 1-аміноциклопропан-1-карбонова кислота (АЦК). Етилен гальмує поділ клітин, подовження проростків, зупиняє ріст листків (у дводольних), змінює напрямок росту клітин з подовжнього на поперечний, що призводить до зменшення довжини і потовщення стебла (на цьому основане застосування ретардантів-етиленпродуцентів)» [10]. «Етилен, сприяючи старінню тканин, прискорює опадання листків і плодоеlementів; прискорює дозрівання плодів.» У багатьох видів рослин етилен прискорює

проростання пилку, насіння, бульб і цибулин. «Етилен змінює співвідношення жіночих і чоловічих квіток у деяких сортів огірка, сприяє його підвищенню урожайності. Для підвищення концентрації етилену в тканинах рослин їх обприскують розчином етрелу (етиленпродуцент). Найбільш інтенсивно етилен синтезується у старіючих або дозріваючих тканинах покрито- та голонасінних рослин, папоротей, зелених водоростей, мохів, деяких видів грибів та бактерій» [23].

Етилен широко застосовується в сільському господарстві . Особливість етилену полягає в тому, що він активно прискорює дозрівання великої кількості городніх і садових плодів ( наприклад, кавуни, яблука, помідори, груші, лимони ) . Завдяки вказаній особливості плоди транспортують ще коли вони зелені, а потім доводять їх до їстівного стану на місці споживання, вводячи в повітря складських приміщень невеликі кількості етилену [42].

Поряд з природними фітогормонами для підвищення ефективності врожайності та інших показників застосовують синтетичні інгібітори росту рослин. Застосування синтетичних препаратів дозволяє найбільш повно реалізувати потенційні можливості рослини, що закладені в геномі природою та селекцією, регулювати строки дозрівання, поліпшувати якість і збільшувати продуктивність рослин. Широке застосування таких препаратів швидко розвивається у світовій практиці рослинництва [30].

Виходячи з цього, можна зробити висновок, що фітогормони – невід’ємна частина організму рослин. Вони цілком регулюють передачу спадкової інформації, розмноження і весь період життя рослини. Деякі види фітогормонів також активно застосовуються людьми, частіше за все в сільському господарстві, та медицині[43].

Аналіз літературної інформації щодо властивостей природних фітогормонів, яка наведена вище, дозволяє відокремити серед них наявність певних захисних або протекторних властивостей. Так, зокрема, природні регулятори впливають не тільки на ріст стебла рослини, її листя та квітів, але й захищають від низьких температур взимку. Природні фітогормони виробляються в рослинах у кількості, достатній для її розвитку, збереження життєдіяльності фізичних властивостей. Вони є цілком безпечні для рослини.

Опис аналогічних протекторних властивостей синтетичних регуляторів росту рослин у науковій літературі не досить чисельний. Проте відомо, що їх використання значно підвищує розвиток та остаточне формування рослини. Частіше за все, синтетичні регулятори росту використовують в сільському господарстві, коли необхідно за короткий час досягти зрілості плоду, захистити від шкідників тощо. Проте їх надмірне використання призводить до негативних змін у хімічних та фізичних властивостях рослин, наслідком чого стають отруєння овочами та фруктами, які підверглись обробці синтетичними регуляторами росту.

Отже, регулятори росту рослин або фітогормони можуть мати протекторні властивості. Проте вказана проблема розроблена недостатньо.

### **1.3. Хімічні і біологічні властивості нового класу синтетичних регуляторів росту похідних спірокарбону**

Хіміки Херсонського державного університету синтезували новий клас синтетичних регуляторів росту рослин – похідних спірокарбону. Ці препарати мають сільськогосподарське значення щодо підвищення урожайності культурних рослин і покращення їх властивостей. Дано коротку характеристику базовій речовині цих препаратів – спірокарбону.

Головною особливістю спірокарбону є те, що він складається з двох гетероциклів, кожен із яких містить два атоми Нітрогену та чотири атоми Карбону, один із яких є спільним для обох циклів. Крім того, кожне кільце містить карбонільний Оксиген та по два металних замісники. Цикли можуть перебувають у транс-конфігурації відносно спільного атома Карбону у зв'язку зі стеричними перешкодами та взаємним відштовхуванням неподілених пар електронів атомів Нітрогену при спільному атомі Карбону.

Спірокарбон досить добре розчинний у воді. Молекули похідних піролопіримідиндіонів утворені з двох конденсованих шести- та п'ятичленних нітрогеновмісних гетероциклів із арильними замісниками у положенні 4. Ці похідні піролопіримідендіонів розчиняються у воді значно гірше [36].

Хіміки ХДУ під керівництвом доцента А.Н. Речицького розпочали дослідження рiстрегулюючих властивостей похідних спірокарбону. У якості об'єкта досліджень були застосовані проростки томатів (*Lycopersicon esculentum* Mill.) та озимої пшениці (*Triticum aestivum* L.).

У статті показано, що томати, а саме дводольні рослини є більш чутливими до обробки спірокарбоном та його похідними, ніж одnodольні (озима пшениця). Спірокарбон та його комплекс з кальцій хлоридом стимулювали лише два з трьох вимірюваних біометричних показників. Більш дієвою була менша концентрація 0,01 %. «Для озимої пшениці, як і для томатів найбільший вплив досліджувані речовини здійснювали на кореневу систему.» Спостерігалось достовірне збільшення довжини кореня та кількості коренів. Автори вважали, що потрібні подальші дослідження, щоб з'ясувати біологічну активність спірокарбону та його похідних на рослинні організми [35].

Грунтовні моніторингові дослідження з вказаних вище проблем проводилися і група вчених ХДУ під керівництвом професора



М.М.Сидорович. У цих дослідженнях широко застосований метод фітотестування для вивчення біологічних властивостей комплексу спірокарбону з бурштиною кислотою. Так, засобами Allium test здійснено вивчення впливу цього препарату на процеси пророщення і росту проростку. Проведене дослідження показало, що препарат нетоксичний для рослинного організму, проте стосовно насіння цибулі ріпчастої не проявляє суттєвих рістрегулюючих властивостей [27].

Водночас інше дослідження цієї групи вказаного препарату з такою ж самою метою, але засобами іншого фітотесту – пророщення насіння пшениці озимої - продемонструвало інші результати. Так, було доведено, що:

1. Препарат впливає на три досліджувані процеси: пророщення насіння, ріст проростка і координацію росту його кореню і стебла.
2. Всі концентрації змінюють ріст стебла, водночас ріст кореню і координацію росту кореню і стебла чутливі лише до кількох з них.
3. Спрямованість впливу різних концентрацій на вказані процеси формування проростку пшениці озимої неоднакова. Тому в їх складі виокремили ріст стимулюючі та рістінгібуючі концентрації препарату.
4. Ретельний аналіз цих груп щодо довжини кореню, стебла засвідчив, що концентрації  $10^{-4}$  і  $10^{-7}$  мол/л є ріст стимулюючими, а  $10^{-5}$  мол/л – рістінгібуючою щодо росту цих органів.
5. У виокремленій тенденції впливу комплексу на процеси формування проростку пшениці озимої концентрації, що здійснюють різноспрямований вплив, чергуються. Вказане свідчить про наявність у досліджуваного препарату біостимулюючих властивостей стосовно процесів росту проростка пшениці озимої.

За результатами дослідження з високим рівнем достовірності, зроблено висновок про те, що комплекс спірокарбону з бурштиною кислотою є біостимулятором і підвищує адаптаційні властивості проростка пшениці озимої [3].

На такому самому об'єкті здійснили порівняльну характеристику біологічних властивостей двох препаратів – похідних спірокарбону. Метою дослідження у цьому випадку став опис біологічних властивостей комплексів спірокарбону з бурштиною кислотою (СБ) і спірокарбону з борною кислотою (СБор), та подальше складання порівняльної характеристики вказаних двох препаратів за допомогою батареї фітотестів. Його проведення дозволило виокремити загальні і відмінні властивості двох комплексів. А саме до перших віднесено : відсутній високий рівень токсичності; наявність видоспецифічних біологічних властивостей відносно процесу пророщення насіння і росту проростку; притаманність рістрегулюючих властивостей: обидва препарати змінюють ріст проростка. До відмінних властивостей – препаратів віднесено:

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

2. притаманна різна спроможність до біостимуляції ростових процесів; їх має лише комплекс спірокарбону з бурштиною кислотою відносно пшениці.

«Одержані результати на двох фітотестах підтверджують попередній висновок про те, що бурштинова кислота більше, ніж борна, сприяє підвищенню рістрегулюючих властивостей похідних спірокарбону. Вказане спричинено певно тим, що вона є природним регулятором росту рослин» [29].

Групою проф. М.М.Сидорович проведені дослідження, що з'ясували нові властивості: похідних спірокарбону – захисні.

Так, метою праці М.В. Баканчі і К.А. Вороной [4] стало вивчення температуропротекторних властивостей комплексу спірокарбону з бурштиною кислотою засобами фітотесту пророщене насіння пшениці озимої. Для визначення цих властивостей препарату в дослідженні була відпрацьована модель впливу низької плюсової температури на різні етапи пророщення насіння. Одержані результати дозволили констатувати:

1. Стимулююча концентрація препарату ( $10^{-4}$  моль/л) забезпечує ріст кореню при низькій плюсовій температурі (3-10<sup>0</sup>С) на рівні контролю (при  $t = 26^0\text{C}$ );

2. при цьому за даними біохімічного дослідження, токсичний вплив препарату не спостерігався. Отже, проведені дослідження засвідчили з високим рівнем достовірності, що комплекс спірокарбону з бурштиною кислотою підвищує адаптаційні властивості проростка пшениці озимої. Наведені результати попередніх досліджень щодо наявності температурнопротекторних властивостей в одного з похідних спірокарбону спричинює ґрунтовне вивчення вказаного явища.

## РОЗДІЛ 2

### ДИНАМІКА КІЛЬКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ ПРОРОСТКІВ В УМОВАХ ДІЇ ДОВКІЛЛЯ

#### 2.1. Матеріали і методи дослідження

Постановка експерименту 1. Відрахувати по 50 насінин однодольних для кожної чашки Петрі, які далі необхідно зав'язати в марлевий мішечок і замочити у воді на одну добу. «Після цього кожен порцію насіння розклали на зволожувальному фільтрувальному папері в чашки Петрі так, щоб кожна насінина лежала окремо, пророщення відбувалось у термостаті при  $t = 26^{\circ}\text{C}$ .» Після цього всі групи варіантів с термостату перемістити в холодильник, а контрольний варіант залишити в термостаті. І потім через кожні 2,4,6 годин групи варіантів доставати с холодильнику і переміщувати в термостат. В кожному варіанті визначали довжину стебла, довжину головного та бічного коренів .

Постановка експерименту 2. «Відраховали по 50 насінин однодольних для кожної чашки Петрі, які далі зав'язали в марлевий мішечок і замочили у воді (контроль) і розчині комплексу спірокарбону з бурштиною кислотою у концентрації  $10^{-2}$  моль/дм<sup>2</sup> на одну добу.» Далі послідовність дій як описано вище. Додатково обчислено енергію пророщення ( ЕП) . Чотири біометричні показники пов'язані з трьома складовими процесу формування проростку і пророщення насіння, ростом проростку та їх координацією [ 39].

«Методика виготовлення тимчасових давлених препаратів кінчиків коренів *Allium cepa* L.» [ 30].

«Для одержання давлених препаратів зафарбований фрагмент кореня дістали з фарбника і під мікроскопом знайшли на ньому кінчик. Далі на предметному склі лезом відрізували кінчик кореня довжиною 1-2

мм і крапали на нього декілька крапель молочної кислоти. Через декілька хвилин накривали відрізаний кінчик покривним скельцем і негострим кінцем олівця роздавлювали. Контроль виготовлення препарату здійснили під великим збільшенням мікроскопу.»

«Препарати аналізують під мікроскопом. Для цього при малому збільшенні знаходять ділянку, де розміщені дрібні майже квадратної форми клітини. Це молоді клітини, що активно діляться. Після того, як продивились і згадали морфологічні картини різних фаз мітозу, приступають до визначення мітотичного та фазних індексів.»

Для цього розглядають всю ділянку, де є клітини в стані поділу, послідовно на сусідніх полях зору. Щоб не враховувати двічі одну і ту ж ділянку, препарат сканують. Аналізують 3000 клітин (3 давлених препарати) з добре профарбованими ядрами, з непошкодженими клітинними стінками. Підраховують загальне число клітин, що діляться та окремо за фазами мітозу: профазою, метафазою, анафазою, телофазою. Серед клітин, що діляться виокремлюються такі, що мають хромосомні перебудови – аберації.

Методика визначення мітотичного та фазних індексів [ 30].

«Мітотичний індекс (МІ) є показником мітотичної активності тканини. МІ показує співвідношення між кількістю клітин в мітозі і загальною кількістю проаналізованих клітин, досліджених на препараті. Індекс свідчить про нормальне протікання мітозу, про пригнічення процесу поділу клітин або, навпаки, підвищення мітотичної активності тканини. Він дає можливість зробити висновок про цитотоксичну або мітозостимулюючу дію фактора, що вивчається» [ 30].

Для визначення мітотичного індексу готували «3 давлені препарати і на кожному з них аналізували по 1000 клітин (загалом 3000 клітин). При цьому відзначали стан клітин, тобто в яких фазах вони

знаходились. Підраховувавши кількість клітин у профазі, метафазі, анафазі та телофазі, дані підставляли у формулу:

$$MI, \% = \frac{(П + М + А + Т)}{N} * 100,$$

де (П+М+А+Т) – сума клітин, що знаходяться на стадії профазі, метафазі, анафазі, телофазі відповідно;

N – загальна кількості проаналізованих клітин» [ 30].

Методика визначення частоти хромосомних аберацій ана- телофазним методом [ 30].

Показником мутагенної активності фактора, що вивчається є частота хромосомних аберацій (ХА, %). Частота хромосомних аберацій показує відношення кількості клітин з хромосомними абераціями до загального числа клітин, що знаходяться на стадіях ана- і телофазі (ана- телофазний метод аналізу) [24].

Для визначення частоти хромосомних аберацій підраховували кількість клітин у ана- і телофазі, відзначаючи, скільки з них містять хромосомні перебудови. Отримані дані підставляли у формулу :

$$ХА, \% = \frac{n}{(А + Т)} * 100,$$

де n – кількість абераційних ана- і телофаз;

(А+Т) – загальна кількість ана- і телофаз.

Методика діагностики посухостійкості і жаростійкості рослин по зміні статолічного крохмалю [40 ].

Насіння пророщують на вологому фільтрувальному папері в чашках Петрі при 25<sup>0</sup>С. Для визначення стійкості рослин до посухи двох-трьох денні проростки підсушують і у головного кореня бритвою зрізають кінчики довжиною 2-3 мм і фарбують їх розчином Люголя (1% розчин йоду в йодиді калію) 30 с. Після забарвлення коріння відразу ж дивляться під мікроскопом.

За допомогою програми imagej для кожної клітини виміряли площу, яку займає запасний крохмаль. Ця площа вимірюється на 70 корінцях. Отримані дані обробили статистично.

Статистична обробка кількісних даних [ 39]. «Кількісні дані одержані на репрезентативних об'ємах вибірок з  $p=0,07$ . Статистична обробка здійснена з використанням ресурсу Excel.

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

а)  $\bar{x}\bar{x}$  - середнє значення;

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

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

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

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

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

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

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

$t_{екс} \geq 1,98$  при  $n \gg 61$ ;

$t_{st} = 1,96$  при  $n \gg 121$ ;

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

«Статистична обробка первинних даних здійснена із застосуванням ресурсу Excel і t-критерію» [ 39].

## 2.2. Розроблення температуропротекторної моделі з використанням фітотестів однодольних .

У таблиці 2.1 відображена загальна схема першого етапу створення температуропротекторної моделі.

Таблиця 2.1.

### «Загальна схема розроблення першого етапу температуропротекторної моделі з використанням проростків пшениці озимої»

Доба	Експеримент 1			Контрольний варіант
	Експериментальні варіанти			
	2Е	4Е	6Е	
1-а доба	Пророщення насіння при 26 °С протягом 7 годин, а потім помістити в холодильник.			
2 год.	Переносимо с холодильнику до термостату			Насіння пророщується в термостаті при 26°С
4 год.		Переносимо с холодильнику до термостату		
6 год.			Переносимо с холодильнику до термостату	

Таблиця 2.2 містить результати біометричних вимірів першого етапу розроблення моделі.



Таблиця 2.2

**Динаміка ростових показників пшениці озимої за дії низької позитивної температури**

<b>Варіанти</b>	<b>Довжина стебла</b>	<b>Довжина головного кореня</b>	<b>Довжина бічного кореня</b>
Контроль	11,7 ± 0,5	28,3 ± 1,4	25,4 ± 1,1
2Е	10,5 ± 0,3	26,1 ± 1,3	20,3 ± 1,1
4Е	11,4 ± 0,3	24,7 ± 1,5	22,8 ± 1,1
6Е	11,2 ± 0,3	26,4 ± 1,5	<b>20,8 ± 1,0*</b>

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

*Примітка: Контроль – насіння експонують тільки в термостаті; експериментальні варіанти – насіння оброблено препаратом.*

Виходячи з одержаних даних (табл. 2.2), проростки озимої пшениці є нечутливі до дії низької позитивної температури. Отже, необхідно змінити фітотест.

На другому етапі розроблення температуропротекторної моделі у якості фітотесту використали проростки ячменю. Загальна схема цього етапу відображена в таблиці 2.1.

У таблиці 2.3 наведені узагальнені дані змін біометричних показників модельної системи « пророщене насіння ячменю » за дії низької позитивної температури.

Таблиця 2.3

**Динаміка значень біометричних показників фітотесту  
«пророщене насіння ячменю» в умовах дії низької температури**

ЕП	Довжина кореня, стебла	Довжина стебла	Довжина кореня
Контроль		Контроль	
85,6 ± 6,8	3,3 ± 0,4	16,4 ± 0,9	44,9 ± 1,1
2К			
78,4 ± 4,7	6,0 ± 0,9*	8,6 ± 0,7*	34,9 ± 0,9*
4К			
80,0 ± 10,5	5,3 ± 0,8*	8,8 ± 0,7*	34,5 ± 1,0*
6К			
58,4 ± 9,8*	7,8 ± 1,1*	3,8 ± 0,5*	28,5 ± 1,0*

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

*Примітка: Контроль – насіння експонують тільки в термостаті;  
2Е-6Е – насіння перед пророщуванням замочували в дист. воді.*

Як свідчать дані таблиці 2.3 фітотест «пророщення насіння ячменю» краще, ніж пшениця озима реагує на досліджувальний абіотичний чинник. Всі відтестовані його експозиції можна використати для створення температуропротекторної моделі засобами вказаного фітотесту.

На третьому етапі розроблення температуропротекторної моделі засобами фітотестування створено її загальну схему, яка містить таблиця

2.4

Таблиця 2.4

**Загальна схема проведення впливу комбінованої дії температурного чинника та комплексу спірокарбону з бурштиною на формування проростку ячменю**

Годин. Експ.	Групи варіантів						
	2К	2Е	4К	4Е	6К	6Е	Контроль
	Пророщення насіння в термостаті протягом 1 доби при температурі 26 °С після цього всі варіанти ставимо в холодильник при t = 10 °С						Насіння пророщували 2 доби при температурі 26°С
2	Перенести до термостату на 1 добу і проростити при t = 26 °С						
4		Перенести до термостату на 1 добу і проростити при t = 26 °С					
6			Перенести до термостату на 1 добу і проростити при t = 26 °С				

*Примітка: Контроль – насіння експонують тільки в термостаті; 2К-6К – насіння перед пророщуванням замочували в дист. воді; 2Е-6Е – насіння перед пророщуванням замочили в комплексі (СБ).*

Модель, загальна схема якої наведена вище, була застосована для з'ясування температуропротекторних властивостей похідного спірокарбону – його комплексу з бурштиною кислотою (СБ).

На наступному етапі дослідження вказану модель використали щодо іншого фітотесту - цибулі звичайної *Allium cepa L.* Схема дослідження представлена в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5

**Загальна схема проведення впливу комбінованої дії температурного чинника та комплексу спірокарбону з бурштиною кислотою на формування проростку *Allium cepa L.***

Годин. експ.	Групи варіантів						Контроль, контроль (СБ)
	2К	2Е	4К	4Е	6К	6Е	
	Пророщення насіння в термостаті протягом 4 доби при температурі 26 °С після цього всі варіанти ставимо в холодильник при t = 10 °С						Насіння пророщували 4 доби при температурі 26°С
2	Перенести до термостату на 4 добу і проростити при t = 26 °С						
4			Перенести до термостату на 4 добу і проростити при t = 26 °С				
6					Перенести до термостату на		

			4 добу і проростити при t = 26 °C	
--	--	--	---	--

*Примітка: К – контрольні; Е- експериментальні варіанти, насіння оброблено препаратом; Контроль – насіння експонується тільки в термостаті без обробки препаратом; контроль (СБ) – тільки у термостаті з попередньою обробкою препаратом*

### 2.3. Визначення криопротекторних властивостей похідного спірокарбону засобами фітотестування.

*Фітотест «пророщене насіння ячменю». У таблиці 2.6 наведені результати змін біометричних показників цього фітотесту в умовах комбінованої дії двох чинників : температурного і антропогенного (розчину похідного спірокарбону).*

*Таблиця 2.6*

**Динаміка біометричних показників фітотесту «пророщене насіння ячменю» в умовах одночасної дії температурного чинника і похідного спірокарбону**

ЕП		Довжина стебла		Довжина кореня		Довжина кореня, стебла	
<b>Контроль</b>							
85,6 ± 6,8		16,4 ± 0,9		44,9 ± 1,1		3,3 ± 0,4	
2Е	2К	2Е	2К	2Е	2К	2Е	2К
72,0 ± 8,4	78,4 ± 4,7#	12,8 ± 1,2*	8,6 ± 0,7*#	37,3 ± 1,1*	34,9 ± 0,9*#	2,9 ± 0,2*	6,0 ± 0,9*#
4Е	4К	4Е	4К	4Е	4К	4Е	4К
82,0 ± 4,1	80,0 ± 10,5#	13,3 ± 0,8*	8,8 ± 0,7#	39,0 ± 1,0*	34,5 ± 1,0*#	2,9 ± 0,2	5,3 ± 0,8*#
6Е	6К	6Е	6К	6Е	6К	6Е	6К
81,2 ± 8,7	58,4 ± 9,8*#	14,8 ± 0,9	3,8 ± 0,5#	41,9 ± 1,1*	28,5 ± 1,0*#	2,9 ± 0,2*	7,8 ± 1,1*#

*\*достовірно відрізняється від контролю; # – К від Е з p=0,05*

В контрольній групі спостерігається гальмування росту проростку в залежності від експозиції температури. Найбільше воно спостерігається у 6-годинній експозиції контрольного варіанту.

Так як і в контрольній експериментальній групі також спостерігається гальмування росту, але найбільше воно проявляється в експозиції двох годин.

Порівнюючи групи Е і К відносно експозицій можна вказати, що експериментальна група проявляє протекторні властивості за наявності комплексу (СБ).

Таким чином, короточасна дія низької плюсової температури не суттєво впливає на ріст і координацію органів проростка. З 3-х різновидів більш чутливою до дії досліджуваного фактора була його складова – ріст органів, а також їх координація.

Аналіз даних цієї таблиці здійснювали за двома позиціями: (1) вплив температурного стресора на біометричний показник (складову процесу формування проростку) і (2) наявність протекторних властивостей СБ стосовно кожної складової вказаного процесу. Аналіз даних таблиць свідчить, що:

(1) позитивна низька  $t^0$  впливає на процес формування проростку ячменю, водночас, а) для різних складових така дія неоднакова; б) часове посилення впливу достовірно збільшує гальмування процесу росту, зокрема, стебла проростка; в) найменшого впливу зазнає пророщення насіння: достовірні зміни спостерігали лише під час 2-х год. експозиції дії чинника; г) дія низької позитивної  $t^0$  у присутності синтетичного регулятора також впливала на процес формування проростку ячменю, найбільший вплив відчувала його складова – ріст органів.

(2) порівняння двох груп варіантів (Е і К) засвідчило, що комплекс СБ має захисні властивості стосовно процесу формування проростку ячменю від низької позитивної  $t^0$ , зокрема:

- найкраще комплекс захищає процеси росту органів : збільшення часу експозиції чинника з 2 до 6 годин покращує ріст органів, хоча і не забезпечує його на рівні контролю;
- аналогічний вплив зафіксовано для іншої складової – координації росту органів.

Отже, проведені дослідження довели наявність криопротекторних властивостей одного з синтетичних регуляторів росту похідних спірокарбону – комплексу СБ стосовно формування проростку ячменю.

*Фітотест «пророщене насіння цибулі звичайної».* У таблиці 2.7. наведені результати комбінованої дії температурного і хімічного чинників на процес формування проростку у цибулі звичайної.

Таблиця 2.7

**Фітотест « пророщене насіння цибулі звичайної» в умовах одночасної дії температурного чинника і похідного спірокарбону з бурштиновою кислотою**

ЕП		Довжина стебла		Довжина кореня		Довжина кореня, стебла	
<b>Контроль (СБ)</b>							
35,0 ± 2,4		18,5±1,0		9,7±0,7		0,50 ± 0,03	
<b>Контроль (К)</b>							
45,3±6,9		20,5±2,2		9,9±1,1		0,50±0,20	
<i>E2</i>	<i>K2</i>	<i>E2</i>	<i>K2</i>	<i>E2</i>	<i>K2</i>	<i>E2</i>	<i>K2</i>
<b>51,2± 8,9*</b>	47,8 ± 5,1	<b>28,2 ± 1,5*\$</b>	26,4 ± 1,8	<b>11,9 ± 0,8*\$</b>	11,1± 0,8	<b>0,40 ± 0,07*</b>	0,50 ± 0,10

<i>E4</i>	<i>K4</i>	<i>E4</i>	<i>K4</i>	<i>E4</i>	<i>K4</i>	<i>E4</i>	<i>K4</i>
54,2± 8,5*	48,6 ± 7,3	26,6 ± 2,2 *#\\$	20,2 ± 1,6	12,0 ± 0,8 *\\$ #	9,8 ± 0,7	0,50 ± 0,10	0,50 ± 0,10
<i>E6</i>	<i>K6</i>	<i>E6</i>	<i>K6</i>	<i>E6</i>	<i>K6</i>	<i>E6</i>	<i>K6</i>
45,8 ± 9,5*	45,4 ± 5,4	28,9± 1,4*\\$	28,8 ± 2,4	13,0± 0,9*\\$ #	10,1 ± 0,9	0,40 ± 0,09*	0,40 ± 0,10

*Примітка: # - відмінність між E2 і K2 ; \*- відмінність між K(СБ) та варіантами ;\\$ - відмінність між K та варіантами*

В контрольній групі майже на всіх експозиціях не спостерігаються зміни росту органів за дії температурного чинника. Проте стимуляція росту органів в експериментальній групі порівняно з обома контролями має місце на всіх експозиціях температури без виключення порівняно з Контроль (СБ) і Контроль (К) . Порівнюючи К і Е варіанти між собою впродовж всіх експозицій було виявлено, що значення біометричних показників стосовно росту органів під впливом комплексу СБ вище, ніж у відповідних контрольних варіантах.

Аналіз одержаних даних свідчить про наявність протекторних властивостей комплексу спірокарбону з бурштиновою кислотою стосовно обох фітотестів. Проте відносно Allium test одержані дані потребують додаткової перевірки у зв'язку з тим, що ефекту температурного чинника на складові процесу формування проростку невиявлено.

Отже, результати дослідження свідчать, що комплекс спірокарбону з бурштиновою кислотою спроможний захистити процес формування проростку ячменю від короткочасної дії низької позитивної температури.



## ВИСНОВКИ

1. З'ясовано, що адаптація рослин до низьких температур складний і ресурсовитратний процес, при якому зміни відбуваються на клітинному рівні. Після цього рослинам потрібен певний період часу на адаптацію до більш високих температур. У деяких регіонах з особливо низькими температурами намагаються розповсюджувати рослини, які є більш стійкими до екстремального клімату, а також встановлено, що регулятори росту рослин або фітогормони можуть мати протекторні властивості. Проте вказана проблема розроблена недостатньо.

2. Розроблено засобами фітотестування загальну схему визначення впливу низької позитивної температури на процес формування проростку однодольних.

3. Експериментально доведено на фітотесті «пророщене насіння однодольних» (ячменю), що позитивна низька температура впливає на процес формування його проростку, водночас:

- для різних складових така дія неоднакова;
- часове посилення впливу достовірно збільшує гальмування процесу росту, зокрема, стебла проростка;
- найменшого впливу зазнає пророщення насіння: достовірні зміни спостерігали лише під час двох годинної експозиції дії чинника;
- дія низької позитивної температури у присутності синтетичного регулятора також впливала на процес формування проростку ячменю, найбільший вплив відчувала його складова – ріст органів.

4. Експериментально доведено, що похідна спірокарбону – його комплекс з бурштиною кислотою - має захисні властивості стосовно процесу формування проростку ячменю від низької позитивної температури, зокрема:

- найкраще комплекс захищає процеси росту органів і координації їх росту: збільшення часу експозиції чинника з 2 до 6 годин у присутності препарату покращує показники цих процесів, хоча і не забезпечує їх на рівні контролю.

Щодо іншого фітотесту - Allium test – одержані дані не є надійними і потребують додаткової перевірки.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Алехина Н.Д., Балнокин Ю.В., Гавриленко В.Ф. Физиология растений : учебник для студ.вузов. М.: Академия, 2005. 635 с.
2. Анішин Л. А., Пономаренко С. П., Грицаєнко З. М. Регулятори росту рослин. К.: ДП «Міжвідомчий науково-технічний центр «Агробіотех» НАН України і Міністерства освіти і науки України, 2011.40 с.
3. Баканча М. В., Гладков А.О., Сидорович М.М. Визначення біостимулюючих властивостей синтетичних хімічних речовин з класу біциклічних бісечовин засобами фітотестування : збірник наукових праць., Житомир: ПП «Рута», 2015. С. 225-228.
4. Баканча М.В., Воронова К.А. Протекторні властивості синтетичного стимулятора росту рослин з класу біциклічних бісечовин – похідних спірокарбону. Екологічна безпека держави: тези доповідей Всеук. конф. молодих учених та студентів. 2013. С. 126-127.
5. Веселова Т.В. Стресс у растений. Биофизический подход. М.: Изд-во Моск. ун-та., 1993. С. 144.
6. Войтенко Л.В., Косаківська І. В. Поліфункціональний фітогормон абсцизова кислота. 2016. № 1. С. 27- 41.
7. Генкель П.А. О сопряженной и конвергентной устойчивости растений. 1979. № 5. С. 921-929.
8. Генкель П.А. Физиология жаро- и засухоустойчивости растений: підручник. М.: Наука.1988. С. 280 .
9. Гольд В.М., Гаевский Н. А., Голованова Т. И. Физиология растений : конспект лекций. Красноярск : ИПК СФУ, 2008. 148 с.
10. Деркач Ф. А. Хімія : посібник для вступ. до вузів. Л. : Видавництво Львівського університету, 1968. 312 с.

11. Джигирей В.С. Екологія та охорона навколишнього середовища: навчальний посібник для студ. вузів.– К.: Знання, 2000. 203 с.
12. Зауралов О.А. Краткий курс физиологии и биохимии растений: учебник для студентов. Саранск: Изд-во Мордов.ун-та, 1995. 228 с.
13. Ипатова В. И. Адаптация водных растений к стрессовым абиотическим факторам среды . М. : Графикон-принт, 2005. 224 с.
14. Ковальова Є.Г., Сидорович М.М. Спосіб визначення протекторних властивостей синтетичних хімічних речовин щодо дії промислової стічної води засобами фітотестування : збірник матеріалів Всеук. студентської наук.-прак. конф., м. Херсон: Видавництво ХНТУ, 2018. С. 100-101.
15. Козюкина Ж. Т. Устойчивость растений к отрицательным факторам среды. Днепропетровск: ДГУ, 1980.104 с.
16. Колупаєв Ю.Є. Основи фізіології стійкості рослин: курс лекцій. Харків, 2010. 121 с.
17. Колупаєв Ю.Є. Стресові реакції рослин: молекулярно-клітинний рівень. Харків, 2001.171 с.
18. Коноваленко О.С., Сидорович М.М. Визначення протекторних властивостей нового регулятора росту рослин щодо впливу промислової стічної води засобами проростків ALLIUM TEST: матеріали Міжнарод. наукової конфер. молодих вчених. м. Одеса: ТЕС, 2018. С.112-115.
19. Кузнецов В. В., Дмитриева Г.А. Физиология растений: учебник. М., 2006. 742 с.
20. Лархер В. Экология растений: учебник. М.: Наука, 1978. 252-263 с.

21. Лось Д.А. Молекулярные механизмы холодоустойчивости растений. Вестник Российской Академии Наук. 2005. № 4. С. 338-345.
22. Лукаткин А.С. Холодовое повреждение теплолюбивых растений и окислительный стресс. Саранск: Изд-во Мордовского ун-та, 2002. 208 с.
23. Макрушин М. М., Макрушина М.М., Петерсон Н.В., Мельников. М.М. Фізіологія рослин: підручник. Вінниця: Нова Книга, 2006. 416 с.
24. Максимов Н.А. Избранные работы по засухоустойчивости и зимостойкости растений. Т.1. Водный режим и засухоустойчивость растений. М.: Изд-во АН СССР, 1952. 575 с.
25. Малиновский В.И. Физиология растений: учебное пособие. Владивосток: изд-во ДВГУ, 2004. 105 с.
26. Медведев С.С. Физиология растений: учебник. СПб: Изд. С-Петербур. ун-та, 2004. 495 с.
27. Мелькова Т. А., Сидорович М.М., Кот С.Ю. Порівняльна характеристика біологічних властивостей похідних спірокарбону засобами тест-об'єкту «пророщене насіння пшениці озимої» : матеріали Всеукраїнської студентської науково-практичної конференції. Херсон. 2016. С. 142-144.
28. Мещеряк В.В., Сидорович М.М., Речицький О.Н. Моніторинг біологічних властивостей комплексу спірокарбон з янтарною кислотою за допомогою ALLIUM TEST: матеріали Всеукраїнської студентської науково-практичної конференції. Херсон. 2012. С. 203-205.
29. Мусієнко М. М. Екологія рослин: підручник. К.: Либідь, 2006. 432 с.

30. Паушева З.П. Практикум по цитологии растений : для студентов сельскохозяйственных учебных заведений. М: Колос, 1974. 288 с.
31. Петренко С.Д., Петренко О.В. Фізіологія рослин з основами мікробіології: навчальний посібник.К.: Аграрна освіти, 2009. 301 с.
32. Петрова В.Е. Регуляция адаптивных реакций растений. Казань: издательство Казанского ун-та, 1990.126 с.
33. Полевой В.В. Физиология растений: ученик для вузов. М.: Высш. школа, 1989. 464 с.
34. Растение и стресс: курс лекций. Екатеринбург, 2008. 267 с.
35. Регуляция адаптивных реакций растений. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1990. 126 с.
36. Речицький О.Н., Пилипчук Л.Л., Косяк Т.А., Езиков В.І. Дослідження на рослинних об'єктах росту регулюючої активності спірокарбону та його похідних: Чорноморський бот. журнал. 2010. Т. 6. № 1. С. 89–94.
37. Речицький О.Н., Пилипчук Л.Л., Косяк Т.А., Езиков В.І. Дослідження рістрегулюючої активності спірокарбон та його похідних на рослинних об'єктах : Всеукр. наук.- практ. конф. Збірник наукових праць. Херсон. 2009. С. 66-70.
38. Сидорович М.М., Баканча М.П., Кот С.Ю. Моніторинг властивостей комплексу спірокарбону з янтарною кислотою засобами тест-системи «пророщене насіння пшениці»: збірник наукових праць. Культура здоров'я. Херсон. 2012. С.52-54.
39. Сидорович М.М., Алексєєва С.А. Первинна статистична обробка кількісних біометричних даних як засіб визначення якості насіння цибулі: збірка Міжнародної наукової конференції. Запоріжжя.2012. С.50-51.

40. Титов А.Ф., Акимова Т.В., Таланова В.В., Топчиева Л.В. Устойчивость растений в начальный период действия неблагоприятных температур. М.: Наука, 2006. 143 с.
41. Третьяков Н.Н., Карнаухова Т.В., Паничкин Л.А. Практикум по физиологии растений : для вузов агрономических специальностей. М: Агропромиздат, 1990.271 с.
42. Трунова Т. И. Растения и низкотемпературный стресс. М.: Наука, 2007. 54 с.
43. Туманов И.И. Физиология закаливания и морозостойкости растений.М.: Наука, 1979. 359 с.
44. Туманов И.И. Физиологические основы зимостойкости культурных растений. М: Наука, 1940.367 с.
45. Усманов И.Ю., Рахманкулова З.Ф., Кулагин А.Ю. Экологическая физиология растений. М.: Логос, 2001. 224 с.
46. Устойчивость растений и ее регуляция. Саранск, 1990.112 с.
47. Федулов Ю.П. Физиология и биохимия растений. Краснодар : КубГАУ, 2015. 21 с.
48. Федулов Ю.П., Котляров В.В., Доценко К.А. Устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды. Краснодар : КубГАУ, 2015. 64 с.
49. Чернядьев И.И. Влияние водного стресса на фотосинтетический аппарат растений и защитная роль цитокининов. Приклад. биохим. и микроб. 2005. № 2. С. 133-147.
50. Чиркова Т.В. Физиологические основы устойчивости растений. Санкт- Петербург, 2002. 244 с.
51. Шакирова Ф.М. Неспецифическая устойчивость растений к стрессовым факторам и ее регуляция. Уфа: Гилем, 2001.160 с.
52. Якушкина, Н.И., Бахтенко Е.Ю. Физиология растений: учеб. для студентов вузов, обуч по спец. “биология”.М.: Владос, 2004.464 с.