

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
САДІВНИЦТВА

Кафедра біології

ФІЗІОЛОГІЯ АДАПТАЦІЇ РОСЛИН

Методичні рекомендації до виконання лабораторних занять
здобувачами освітнього рівня «Магістр»
спеціальності 091 – «Біологія»

Умань–2022 р.

Методичні вказівки підготував:

О.І. Заболотний, к. с.-г. н., доцент кафедри біології;

Розглянуті і затверджені на засіданні кафедри біології (протокол від 29.08.2022 року № 2).

Рецензенти:

кандидат с.-г. наук, доцент кафедри екології та безпеки життєдіяльності
А.В. Балабак;

кандидат с.-г. наук, доцент кафедри генетики, селекції рослин та біотехнології
О.П. Сержук.

Заболотний О.І. Фізіологія адаптації рослин. Методичні рекомендації до виконання практичних занять здобувачами освітнього ступеня «Магістр» спеціальності 091 – «Біологія». – Умань, 2022. – 15 с.

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА		4
Робота № 1	Визначення проникності цитоплазми за дії температури та токсичних речовин	6
Робота № 2	Визначення температурного порога коагуляції цитоплазми	7
Робота № 3	Визначення водного потенціалу рослин	8
Робота № 4	Визначення посухостійкості рослин пророщеним насінням на розчинах сахарози	9
Робота № 5	Визначення посухостійкості рослин методом крохмальної проби	11
Робота № 6	Виявлення впливу концентрації солей на динаміку проростання насіння	13
Робота № 7	Виявлення захисної дії цукрів на цитоплазму клітин при заморожуванні	21
Робота № 8	Визначення жаростійкості рослин (за Ф. Ф. Мацковим)	22
Робота № 9	Визначення виділеного тепла проростаючого насіння	
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ		23

ПЕРЕДМОВА

Фізіологія адаптації рослин вивчає процеси пристосування та адаптації рослинних організмів, відкриває можливості пізнання змін, які відбуваються в них під впливом природних і антропогенних чинників, є теоретичною основою інтенсивних технологій вирощування сільськогосподарських культур і забезпечує обґрунтований своєчасний контроль та управління ростом і розвитком рослин, формування врожаю та його якості. Тобто вона оснований на закономірностях життя рослин у зв'язку з умовами їх існування і розробляє шляхи керування ними з метою оптимізації продуктивності культурних рослин, збереження і процвітання рослинного світу планети.

Мета навчальної дисципліни – поглиблення та узагальнення інформації у галузі принципів адаптації рослин до умов довкілля з точки зору фізіології рослин, що виходять з ідеї збереження біосфери планети.

Завдання – набуття знань із загальної адаптації рослинного організму з точки зору фізіології рослин в умовах сучасної біосфери планети, причин її формування та особливостям розвитку під впливом природних та антропогенних факторів.

Місце дисципліни у структурно-логічній схемі підготовки здобувачів вищої освіти. Навчальна дисципліна «Фізіологія адаптації рослин» є обов'язковою, і вона займає відповідне місце у структурно-логічній схемі підготовки фахівців і тісно пов'язана з іншими дисциплінами, зокрема: інтегративна регуляція фізіологічних функцій, фізіологія рослин, екологія та іншими дисциплінами, знаннями яких студенти повинні оволодіти.

Інтегральна компетентність – здатність розв'язувати складні задачі і проблеми в галузі біології при здійсненні професійної діяльності або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов і вимог.

Спеціальні компетентності:

- СК01. Здатність користуватися новітніми досягненнями біології, необхідними для професійної, дослідницької та/або інноваційної діяльності.
- СК04. Здатність аналізувати і узагальнювати результати досліджень різних рівнів організації живого, біологічних явищ і процесів.
- СК07. Здатність діагностувати стан біологічних систем за результатами дослідження організмів різних рівнів організації.

Програмні результати навчання:

- ПР04. Розв'язувати складні задачі в галузі біології, генерувати та оцінювати ідеї.
- ПР06. Аналізувати біологічні явища та процеси на молекулярному, клітинному, організменному, популяційно-видовому та біосферному рівнях з точки зору фундаментальних загальнонаукових знань, і а також за використання спеціальних сучасних методів досліджень.

- ПР07. Описувати й аналізувати принципи структурно-функціональної організації, механізмів регуляції та адаптації організмів до впливу різних чинників.
- ПР16. Критично осмислювати теорії, принципи, методи з різних галузей біології для вирішення практичних задач і проблем.

РОБОТА № 1

ВИЗНАЧЕННЯ ПРОНИКНОСТІ ЦИТОПЛАЗМИ ЗА ДІЇ ТЕМПЕРАТУРИ ТА ТОКСИЧНИХ РЕЧОВИН

Матеріали і обладнання: 1) штатив з п'ятьма пробірками; 2) коркове свердло діаметром 5–7 мм; 3) лінійка; 4) піпетка на 10 мл; 5) ФЕК; 6) столовий буряк; 7) хлороформ; 8) 30%-ний розчин оцтової кислоти; 9) 50%-ний розчин етилового спирту; 10) 1М розчин KNO_3 ; 11) мікроскоп.

Основні відомості. Вибіркова проникність – властивість живої цитоплазми зберегти постійність середовища у середині клітини. При ушкодженні клітини цитоплазма втрачає цю властивість і речовини, які знаходяться в клітинному соку, вільно виходять назовні. Ступінь пошкодженості корелює з кількістю речовини, що виділилися у водне середовище. Тому інтенсивність виходу речовин із клітини служить критерієм її ушкодження.

Мета роботи. Визначити ступінь пошкодження цитоплазми клітин за кількістю виділеного бетаціаніну.

Хід роботи. Із обчищеного коренеплоду очищеного буряка корковим свердлом вирізають циліндри висотою 1–1,5 см, старанно промивають під струменем водопровідної води і вмішують по одному в кожену із п'яти пробірок, де налито по 5–10 мл різних розчинів у відповідності із схемою досліду: 1) вода кімнатної температури; 2) після кип'ятіння; 3) вода + хлороформ; 4) 30%- на оцтова кислота; 5) 50%-ний спирт.

Варіант з кип'ятінням готують таким чином: в пробірку з водою вкидають один із циліндрів і кип'ятять. Через 1–1,5 хвилини шматочок виймають, охолоджують і опускають знову в пробірку, яка містить по 10 мл холодної водопровідної води. Через 30 хвилин після початку досліду всі пробірки інтенсивно струшують і порівнюють кількість пігменту, який вийшов з клітини, в різних варіантах з допомогою фотоелектроколориметра при зеленому світлофільтрі. Показники оптичної густини дослідних розчинів записати в таблицю в робочому зошиті.

Інтенсивність забарвлення спів ставляють за показниками оптичної густини дослідних розчинів.

На основі даних спостережень роблять відповідні висновки.

РОБОТА № 2

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОРОГА КОАГУЛЯЦІЇ ЦИТОПЛАЗМИ

Матеріали і обладнання: 1) хімічні склянки, 2) пробірки, 3) піпетки, 4) водяна баня, 5) термометр, 6) нейтральний червоний, 7) 1 М цукроза, 8) цибулина.

Основні відомості. Температура, за якої рослини ростуть і розвиваються найбільш інтенсивно, є оптимальна. Відхилення від неї сповільнює ріст і розвиток рослин або й згубно діє на них. Температура, нижче за яку ріст і розвиток припиняються, називається мінімальною, а та, вище за яку припиняються ті самі процеси, – максимальною.

Хід роботи. Приготувати 12 зрізів епідерми листків. Помістити по 2 зрізи в пробірки з водою. Приготувати водяні бані з температурою 48, 50, 52, 54, 56, 58°C. Помістити у водяні бані пробірки зі зрізами й підтримувати відповідний рівень температури. Через 10 хв зрізи перемістити на предметні стекла. Якщо клітини не забарвлені, обробити зрізи нейтральним червоним.

На зрізи епідерми нанести по одній краплі 1 М цукрози. Через 15-20 хв розглянути зрізи під мікроскопом – чи спостерігається плазмоліз.

Дані занести у табл. 1, позначивши наявність або відсутність плазмолізу.

Таблиця 1

Результати визначення температурного порога коагуляції

Вид рослини	Плазмоліз Вид за температури, 0С					
	48	50	52	54	56	58

РОБОТА № 3

ВИЗНАЧЕННЯ ВОДНОГО ПОТЕНЦІАЛУ РОСЛИН

Матеріали і обладнання: 1) 1М розчин хлориду натрію, 2) дистильована вода, 3) бюретки, 4) штативи для бюретонок, 5) пробірки, 6) ніж для вирізання смужок, 7) лінійки або міліметровий папір, 8) бульби картоплі, коренеплоди моркви.

Основні відомості. Цей метод заснований на підборі зовнішнього розчину відомої концентрації, водний потенціал (Ψ_p) якого виявиться рівним величині водного потенціалу клітин тканин ($\Psi_{тк}$). При зануренні смужок досліджуваної тканини в розчин, Ψ_p якого менше $\Psi_{тк}$, довжина смужок тканини

зменшується. Якщо $\Psi_{\text{тк}}$ менше $\Psi_{\text{р}}$ розчину, то клітини поглинають воду з розчину, об'єм їх збільшується й довжина смужок тканини теж збільшується. Довжина смужок тканини залишається без зміни в тім розчині, у якого $\Psi_{\text{р}}$ дорівнює $\Psi_{\text{тк}}$.

Мета роботи – ознайомитися з методом визначення водного потенціалу тканини по Уршпрунгу.

Хід роботи. У семи пробірках готують по 10 мл розчинів хлориду натрію по мірі зменшення концентрації: 1,0; 0,8; 0,6; 0,5; 0,4; 0,3; 0,2М, у восьму наливають дистильовану воду. Для приготування розчинів користуються бюретками. Вихідний 1М розчин NaCl розводять дистильованою водою.

З органа рослини нарізають пластини товщиною 5–10 мм і ділять на однакові бруски шириною близько 5 мм і довжиною 40–70 мм, промокають їх фільтрувальним папером. Довжину кожного бруска точно вимірюють за допомогою лінійки перед його зануренням у розчин і після витримання в розчині протягом 30 хв.

Результати вимірів записують до таблиці.

Вплив концентрації розчину на довжину брусочків бульби картоплі

Концентрація розчинів, М	Початкова довжина брусочків, мм	Довжина брусочків після перебування в розчині, мм	Різниця довжини брусочків, мм
1,0			
0,8			
0,6			
0,5			
0,4			
0,3			
0,2			
Дистильована вода			

Констатують, як змінилася довжина брусочка в кожному розчині. Виявляють той розчин, у якому довжина брусочка не змінилася; $\Psi_{\text{р}}$ цього розчину виявився рівним $\Psi_{\text{тк}}$. Водний потенціал ($\Psi_{\text{р}}$) зовнішнього розчину є його осмотичний потенціал ($\Psi_{\text{осн}}$). Величину останнього розраховують, використовуючи рівняння Вант-Гоффа

РОБОТА № 4

ВИЗНАЧЕННЯ ПОСУХОСТІЙКОСТІ РОСЛИН ПРОРОЩЕНИМ НАСІННЯМ НА РОЗЧИНАХ САХАРОЗИ

Матеріали та обладнання: 1) Насіння пшениці, вівса, проса, гороху, вики, кукурудзи, ячменю, 2) 15, 20, 25%-ні розчини сахарози з осмотичним тиском відповідно 1000, 1400, 1800 кПа, 3) чашки Петрі, 5) фільтрувальний папір, 6) термостат, 7) лінійки.

Основні відомості. Здатність рослин на перших етапах розвитку мінімально використовувати вологу в умовах недостатнього водопостачання служить одним з важливих біологічних і господарсько корисних ознак сорту. Визначаючи кількість пророслих насіннь на розчинах з високим осмотичним тиском, що імітує умови фізіологічної сухості ґрунту, представляється можливим встановити на ранніх етапах онтогенезу відносну посухостійкість видів і сортів.

Мета роботи – імітувати умови фізіологічної сухості ґрунту за допомогою розчинів сахарози з різними осмотичним тиском та з'ясувати посухостійкість насіння за ступенем його проростання.

Хід роботи. У чашках Петрі на фільтрувальному папері проростити по 50 насінин у трьох повторностях. Фільтрувальний папір змочити розчином сахарози з осмотичним тиском 1000, 1400 і 1800 кПа. Підрахунок пророслих насінин просести на третій день. Чим стійкіше сортозразок, тим вище кількість пророслих насінин на більших концентраціях сахарози, тим більше довжина корінців і проростків.

Результати дослідів записати у таблицю за наведеною формою.

Варіант дослідів	Кількість насіння, що проросло на 3-й день	Кількість насіння, що проросло на 7-й день	Висновок
Сахароза 15%			
Сахароза 20%			
Сахароза 25%			

РОБОТА № 5

ВИЗНАЧЕННЯ ПОСУХОСТІЙКОСТІ РОСЛИН МЕТОДОМ КРОХМАЛЬНОЇ ПРОБИ

Матеріали та обладнання: 1) листки рослин, що розрізняються за посухостійкістю, 2) спирт, 3) розчин Люголя, 4) мікроскоп, 5) чашки Петрі, 6)

ексикатори, 7) термостат, 8) ножиці, 9) пінцет, 10) хімічна склянка, 11) секундомір.

Основні відомості. Посухостійкі рослини зберігають більше високу синтетичну здатність при дії посухи й містять більше крохмалю, чим рослини з низькою стійкістю. Пул крохмалю має велике значення в процесах репарації.

Мета роботи – визначити посухостійкість рослин методом крохмальної проби.

Хід роботи. Визначення посухостійкості виконують на листках картоплі, проса, соняшника. У дослідах порівнюють партії рослин одного виду, з різною обробкою, що змінила їхню посухостійкість.

У сонячну погоду в 11–12 год. дня, коли в листах накопичується значна кількість крохмалю, зірвати із дослідних рослин 5–20 листів одного ярусу й залишити їх у тіні на 2–3 години. Потім кожний лист або його частину (4–5 см) знебарвити спиртом і визначити вміст крохмалю за допомогою розчину Люголя. Чим більше утвориться крохмалю, тим посухостійкіший сорт. Результати (середнє арифметичне) виражають у балах: 1 – крохмалю немає, 2 – крохмаль є, 3 – крохмалю багато. Результати досліду записати у таблицю за наведеною формою.

Посухостійкість рослин залежно від кількості крохмалю в листках

Варіант досліду	Кількість крохмалю в балах	Висновок

РОБОТА № 6 ВИЯВЛЕННЯ ВПЛИВУ КОНЦЕНТРАЦІЇ СОЛЕЙ НА ДИНАМІКУ ПРОРОСТАННЯ НАСІННЯ

Матеріали та обладнання: 1) чашки Петрі, 2) фільтрувальний папір, 3) розчин формаліну (1 мл формаліну на 300 мл води), 4) хімічні стакани, 5) марлеві мішечки, 6) етикетки, 7) термостат, 8) сушильна шафа, 9) піпетки на 10 мл, 10) розчин NaCl, 11) дистильована вода, 12) насіння ячменю, кукурудзи.

Основні відомості. В умовах надмірного засолення ґрунту схожість насіння й інтенсивність росту рослин часто знижуються. При визначенні солестійкості показником стійкості служить порівняння числа пророслого насіння в розчинах солі та в дистильованій воді.

Мета роботи – визначити солестійкість рослинних зразків.

Хід роботи. Відбирають здорове насіння рослин, поміщають їх в різні марлеві мішечки з етикеткою всередині і обробляють розчином формаліну протягом 3 - 5 хв. Потім злегка просушують і розкладають по 10 - 20 зернят в кожну чашку Петрі. Заздалегідь чашки Петрі прожарюють в сушильній шафі при 150 °С протягом 1 год, на їх дно укладають фільтрувальний папір. У кожну чашку наливають по 10 мл 7 %- або 10 % розчин NaCl і 10 мл дистильованої води (контроль). Дослід проводять в триразовій повторності.

Чашки Петрі з насінням поміщають в термостат при температурі 26 °С для пророщування. На дно термостата ставлять кювету з водою. Через сім діб в кожному варіанті підраховують число пророслого насіння. Визначають відсоток схожості. Результати записують в таблицю.

Вид	Варіант досліду	Кількість пророслого насіння	Схожіть, %
Ячмінь	H ₂ O		
	NaCl, %		
Кукурудза	H ₂ O		
	NaCl, %		

На основі отриманих даних роблять висновок про солестійкість рослин

РОБОТА № 7 ВИЗНАЧЕННЯ ЖАРОСТІЙКОСТІ РОСЛИН (ЗА Ф. Ф. МАЦКОВИМ)

Матеріали та обладнання: 1) свіжі листки рослин; 2) 0,2 NHCl; 3) водяна баня; 4) термометр) 5) пінцет; 6) чашки Петрі (5 шт); 7) склянки з водою; 8) восковий олівець.

Основні відомості. Якщо подіяти на листок високою температурою, а потім занурити його в слабкий розчин соляної кислоти, то пошкоджені і мертві клітини побуріють внаслідок вільного проникнення в них кислоти, яка спричинить перетворення хлорофілу в феофітин, тоді як непошкоджені клітини залишаються зеленими. В рослин з кислим клітинним соком феофітинізація може відбутися і без обробітку соляною кислотою, так як при порушенні напівпроникності тонопласту органічні кислоти проникають з клітинного соку в цитоплазму і витісняють магній з молекули хлорофілу.

Мета роботи – на основі спостереження за побурінням листків деревних рослин, витриманих у воді різної температури, зробити висновок про їх жаростійкість.

Хід роботи. Воду у водяній бані нагрівають до 40%, занурюють в неї по 5 листків досліджуваних рослин з експозицією 30 хв, підтримуючи температуру на рівні 40° С. Потім беруть першу пробу: виймають по одному листку кожного виду рослин і поміщають їх в чашку Петрі з холодною водою (на чашці потрібно зробити відповідний надпис). Піднімають температуру у водяній бані до 50 °С і через 10 хв після цього витягують з бані ще по одному листку і переносять їх в нову чашку з холодною водою. Поступово доводять температуру до 80° С, беручи проби через кожні 10 хв при підвищенні температури на 10°С.

Замінивши воду в чашках 0,2N соляною кислотою, через 20 хв вираховують ступінь пошкодження листка за кількістю утворених бурих плям. Результати записують в таблицю, позначивши відсутність побуріння знаком "-", слабе побуріння – "+", побуріння більше 50% листка – "++" і суцільне побуріння – "+++".

Об'єкт	Ступінь пошкодження листків при T °С				
	40	50	60	70	80

РОБОТА № 8 ВИЯВЛЕННЯ ЗАХИСНОЇ ДІЇ ЦУКРІВ НА ЦИТОПЛАЗМУ КЛІТИН ПРИ ЗАМОРОЖУВАННІ

Матеріали та обладнання: 1) коренеплід червоного буряка; 2) 0,1 та 0,5 М розчин сахарози; 3) сніг та лід; 4) кухонна сіль; 5) лопатка для перемішування снігу; 6) термометр до – 25°С; 7) скальпель; 8) коркове свердло діаметром 5–6 мм; 9) бритва; 10) фарфорова чашка; 11) пробірки (3 шт.); 12) склянка; 13) восковий олівець; 14) шматочки фільтрувального паперу; 15) ФЕК.

Основні відомості. При замерзанні рослинних тканин в міжклітинниках утворюються кристали льоду, які відтягують воду з цитоплазми. Якщо цитоплазма недостатньо морозостійка, то вона, не витримавши зневоднення, а також механічного тиску кристалів льоду, коагулює і клітина гине. Про ступінь пошкодження цитоплазми можна робити висновок за її здатністю утримувати клітинний сік. Стійкість колоїдів, цитоплазми може бути підвищена захисними речовинами, серед яких важлива роль належить розчинним цукрам.

Мета роботи – за інтенсивністю виходу клітинного соку з пошкоджених при замерзанні зразків у різних розчинах зробити висновок про захисну дію цукрів на цитоплазму.

Хід роботи: З поперечного зрізу червоного столового буряка завтовшки 0,5 см за допомогою коркового свердла роблять висічки. Ретельно споліскують їх водою і розміщують в три пробірки по три-чотири висічки в кожную. В першу пробірку наливають 5 мл дистильованої води, в другу 5 мл – 0,5 М розчину сахарози, а в третю – 5 мл 1М розчину сахарози. На пробірки наклеюють етикетки і на 20 хв занурюють в охолоджуючу суміш, що складається з трьох частин льоду або снігу і однієї частини кухонної солі. Потім пробірки виймають з охолоджуючої суміші, розморожують в склянці з водою кімнатної температури і визначають інтенсивність забарвлення рідини за допомогою ФЕКа при зеленому світлофільтрі (напроти дистильованої води).

Результати записують в таблицю.

Варіант	Забарвлення зовнішнього розчину	Оптична густина розчину
Вода		
Сахароза 0,1 М		
Сахароза 1 М		

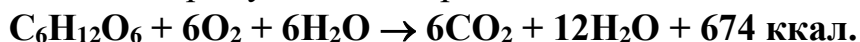
У висновках пояснюють різницю між варіантами, відмітивши значення цукру як захисної речовини.

РОБОТА № 9

ВИЗНАЧЕННЯ ВИДІЛЕНОГО ТЕПЛА ПРОРОСТАЮЧОГО НАСІННЯ

Матеріали та обладнання: 1) плоди каштану, дуба, ліщини, що накільчилися; 2) концентрований розчин КОН; 3) термоси (3 шт.); 4) термометри з поділками до 0,1⁰С (4 шт.); 5) стакани на 50 мл (3 шт.); 6) марля.

Основні відомості. Утворена у процесі фотосинтезу органічна речовина і нагромаджена у ній хімічна енергія не можуть безпосередньо використовуватися клітиною. Окислювальний розпад складних органічних сполук до проміжних та найпростіших кінцевих продуктів, вуглекислоти і води з виділенням доступних форм енергії відбувається у процесі дихання. Схематично дихання зображують таким рівнянням:



Отже, суттю дихального процесу, якщо він відбувається до кінця, є пов'язане з окислювальним розпадом органічних речовин здобування енергії. Тому найважливішою, хоча і не єдиною, функцією біологічного окислення вважають постачання організму доступною для використання формою енергії – АТФ. Іншою формою хімічної енергії, що може легко утилізуватися, є відновний потенціал типу НАДН чи НАДФН. Саме АТФ і НАДН у ході метаболічних процесів перетворюються в інші форми хімічної енергії і лише у відпрацьованому вигляді виділяються як теплова енергія.

Однак до цього часу сумарний енергетичний ефект від біологічного окислення різних органічних речовин вимірюють не кількістю синтезованих молекул АТФ і НАДН, а тепловим ефектом, що виникає при спалюванні цих речовин у калориметричній бомбі. Для глюкози це становить 4 ккал/г, білка – 5,7, жиру – 9,2 ккал/г. Загальна закономірність така: чим більше входить до складу молекули водню і менше кисню, тим калорійність вища.

Проте у живому організмі не весь водень перетворюється в універсальну форму енергії. Так, кількість молів АТФ на 1 г глюкози становить 0,21, на 1 г білків – 0,18, жирів – 0,51. Очевидно, різниця в енерго- і теплоємності різних речовин виявляється у різній зміні температури матеріалу, то дихає.

Мета роботи – виміряти кількість тепла, яке виділяється при диханні пророслого насіння різних видів рослин.

Хід роботи. У термоси місткістю 250 мл ставлять по стакану розчином КОН і закривають марлею. Потім у термоси засипають по 50–100 г насіння пшениці, гороху і соняшнику, що проростає. Термоси закривають корковими пробками, в які вставлені термометри. Кульки термометрів повинні бути занурені у насіння. Порівнюючи показники термометрів, що вмонтовані у термоси, з показником зовнішнього термометра, встановлюють кількість тепла, яке виділяється насінням, що проростає.

Результати спостережень записують у таблицю:

Об'єкт	Температура		Підвищення температури, град.	Переважаючий тип запасних речовин
	зовнішня	у термосі		
Пшениця				
Горох				
Соняшник				

Зробити висновки про залежність дихання насіння різних видів рослин від типу запасних речовин.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Казаков Є.О. Методологічні основи постановки експерименту з фізіології рослин. К.: Фітосоціоцентр, 2000. 272 с.
2. Колупаєв Ю.Е., Карпець Ю.В. Формування адаптивних реакцій рослин на дію абіотичних стресорів. К.: Основа, 2010. 352 с.
3. Мусієнко М. М. Фізіологія рослин: Підручник для вузів 2-е видання, доповнене і перепрацьоване. К.: Либідь, 2005. 808 с.
4. Большакова М.О., Мусатенко Л.І. (2010) Адаптивні особливості листків ксерофітів. К.: Фітон. 104 с.

5. Колупаєв Ю.Є. Стресові реакції рослин: молекулярно-клітинний рівень. Харків, 2001. 171 с.
6. Косаківська, І.В. Фізіолого-біохімічні основи адаптації рослин до стресів. К.: Сталь, 2003. 191 с.
7. Скляр В. Г. Екологічна фізіологія рослин: підручник; за заг. ред. Ю. А. Злобіна. Суми: Університетська книга, 2015. 271 с.
8. Колупаєв, Ю. Є. Фізіолого-біохімічні механізми формування адаптивних реакцій рослин: роль активних форм кисню та іонів кальцію. К.: ІФРГ, 2008. 320 с.
9. Юрчак, Л.Д. Алелопатія в агробіогеоценозах ароматичних рослин. К.: Фітосоціоцентр, 2005. 411с