

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

КАФЕДРА ПОВБХ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ З КУРСУ
„ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН”

для студентів денної форми навчання
спеціальності 201 “Агрономія” і
203 «Садівництво та виноградарство»
СВО «Бакалавр»

МЕЛІТОПОЛЬ – 2017

Колесніков М.О. Методичні вказівки до лабораторних занять з курсу «Фізіологія рослин» для студентів денної форми навчання спеціальності 201 «Агрономія» і 203 «Садівництво та виноградарство» СВО «Бакалавр» – Мелітополь: ТДАТУ, 2017. – 49 с.

Рецензент: доцент, к.б.н. Вельчева Л.Г.

(Мелітопольський державний педагогічний університет)

Розглянуто та перезатверджено на засіданні кафедри хімії та біотехнологій.

Протокол № 5 від «23» грудня 2017 року.

Розглянуто та перезатверджено на засіданні методичної комісії факультету АТЕ ТДАТУ і рекомендовано до друку.

Протокол № ____ від „____” _____ 2017 року.

ВСТУП

Сучасна *фізіологія рослин* - це міждисциплінарна інтегративна наука про функціональну активність рослинних організмів і механізми процесів рослинних систем різних рівнів їх організації. Фізіологія рослин вивчає закономірності життя рослин і розробляє шляхи керування ними з метою оптимізації продуктивності культурних рослин, збереження і процвітання рослинного світу планети. Основні фізіологічні процеси, що відбуваються в рослинах, цілком підкоряються законам фізики і хімії. Усю сукупність хімічних процесів, які складають життєдіяльність рослин, вивчає *біохімія рослин*.

Дані методичні вказівки прикликані допомогти студентам при самостійній підготовці і виконанні лабораторних робіт з курсу фізіології та біохімії рослин та сприяти засвоєнню студентами загальних закономірностей життєвих функцій рослин, формуванню уявлень про структурно-функціональну організацію рослинних систем.

Методичні вказівки складені у відповідності до програми з фізіології рослин для підготовки бакалаврів в аграрних вищих навчальних закладах II – IV рівнів акредитації за спеціальністю „Агрономія”.

Методичні вказівки охоплюють всі основні розділи курсу фізіології та біохімії рослин. Кожна лабораторна робота містить мету, перелік необхідних реактивів та устаткування, опис дослідів, контрольні питання за темою. Для оформлення результатів приводяться таблиці та формули для розрахунків. До всіх робіт пропонується робити науково обґрунтовані висновки. Перед початком проведення лабораторних робіт студенти ознайомлюються з технікою безпеки в лабораторії. В ході заняття студенти оформлюють роботу за схемою:

1. Тема заняття.
2. Назва та номер лабораторної роботи.
3. Мета роботи.
4. Порядок проведення дослідів.
5. Опис та обговорення результатів.
6. Висновки.

Після проведення лабораторних дослідів викладач проводить опитування по темі заняття за контрольними запитаннями. Результати оцінювання заносяться до журналу обліку успішності викладача.

В результаті проведення лабораторних занять студенти повинні уміти:

- сформулювати мету експерименту;
- провести підготовчі і основні операції під час проведення фізіологічного або біохімічного експерименту;
- самостійно провести спостереження, пояснити їх та зробити обґрунтовані висновки;
- використати знання і навички, отримані на лабораторних заняттях для рішення дослідницьких та виробничих задач, а також для розробки заходів оптимізації умов використання рослинами факторів їх життя та ресурсів господарства.
- на основі отриманих знань вміти контролювати продукційний процес посіву, прогнозувати хід та управляти формуванням врожаю за допомогою біохімічних та фітометричних показників посіву.

ТЕМА: ФІЗИОЛОГІЯ ТА БІОХІМІЯ РОСЛИННОЇ КЛІТИНИ

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

Порівняння проникності клітинних мембран для різних речовин. Стійкий і тимчасовий плазмоліз.

Виборча проникність мембран забезпечує проходження через них молекул води, перешкоджає проникненню розчинених у воді речовин і обумовлює явище плазмолізу при дії на клітину гіпертонічного розчину. Якщо ж молекули розчиненої речовини через мембрану проходять, але повільніше, ніж молекули води, то плазмоліз, що почався, потім зникає. Деплазмоліз відбувається в результаті поступового проникнення розчиненої речовини в клітину, зміни водного потенціалу зовні й усередині, а також надходження води в клітину із зовнішнього розчину по градієнту водного потенціалу.

Мета роботи: визначити ступень плазмолізу за дії розчину сахарози та карбаміду.

Матеріали й устаткування. Мікроскоп, предметні стекла, 1М розчин сахарози та 1М розчин карбаміду, лист елодеї.

Порядок виконання роботи

На два предметні стекла наносять по краплі розчину: на одне - 1М розчин сахарози, на інше - 1М розчин карбаміду. У кожену краплю поміщають лист елодеї, накривають покривним склом і розглядають під мікроскопом спочатку при малому (об'єктив х8), потім при великому збільшенні (об'єктив х40). Знаходять ділянки листа, у яких добре видні плазмолізовані клітини. Відзначають час початку плазмолізу (початок спостереження), замальовують плазмолізовані клітини й залишають препарати на 30 - 60 хв, потім знову їх розглядають. У розчині сахарози плазмоліз у клітинах зберігся, а в розчині карбаміду відбувся деплазмоліз. У розчині сахарози спостерігається стійкий плазмоліз, а в розчині карбаміду - тимчасовий. Причиною деплазмолізу в розчині карбаміду є проникність клітинних мембран для його молекул. Тому що проникність для карбаміду менше, ніж для води, то вода із клітини виходить швидше, ніж до неї входить карбамід. Це й викликає плазмоліз, що потім зникає при проникненні в клітину карбаміду й надходженні води.

Завдання: описати роботу, замальовати плазмолізовані й деплазмолізовані клітини й сформулювати висновки.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

Вплив іонів калію й кальцію на форму плазмолізу.

В ході плазмолізу форма плазмолізованого протопласта змінюється. Спочатку протопласт відстає від клітинної стінки лише в окремих місцях, найчастіше в куточках. Плазмоліз такої форми називають *кутовим*. Потім протопласт продовжує відставати від клітинних стінок, зберігаючи зв'язок з ними в окремих місцях, поверхня протопласта між цими крапками має ввігнуту форму. На цьому етапі плазмоліз називається *ввігнутим*. Поступово протопласт відривається від клітинних стінок по всій поверхні й приймає округлу форму. Такий плазмоліз зветься *опуклим*. А якщо у протопласта зберігається зв'язок з клітинною стінкою в окремих місцях, то при подальшому зменшенні об'єму в ході плазмолізу протопласт здобуває неправильну форму. Такий плазмоліз називають *судорожним* (див. малюнок). Час, протягом якого ввігнутий плазмоліз переходить в опуклий, дозволяє оцінювати ступінь в'язкості цитоплазми.

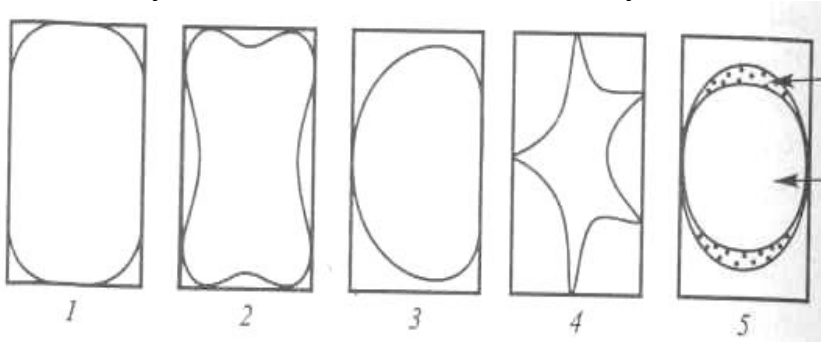


Рис. 1. Форми плазмолізу:

1 — кутовий; 2 — увігнутий; 3 — опуклий; 4 — судорожний; 5 — ковпачковий {а — цитоплазма; б — вакуоль}

При порівнянні в'язкості цитоплазми в розчинах солей калію й кальцію можна відзначити, що іони калію, проникаючи в цитоплазму, підвищують її гідрофільність, зменшують в'язкість і сприяють її швидкому відриву від клітинної стінки. Тому в розчинах солей калію плазмоліз швидко приймає форму опуклого. Іони кальцію, навпаки, підвищують в'язкість цитоплазми, збільшують сили зчеплення її з клітинною стінкою, і плазмоліз приймає форму судорожного плазмолізу.

Мета роботи: спостерігати різні форми плазмолізу клітин епідермісу під впливом йонів калію та кальцію.

Матеріали й устаткування. Мікроскоп, предметні стекла, леза, 0,7М розчин нітрату кальцію, 1М розчин нітрату калію, цибуля.

Порядок виконання роботи

На одне предметне скло наносять краплю 1М розчину нітрату калію, на інше - 0,7 М розчину нітрату кальцію. В обидві краплі поміщають по шматочку епідерми цибулі, знятої з увігнутої поверхні однієї й тієї ж луски цибулини,

накривають покривними стеклами. Через 5 - 10 хв препарати розглядають під мікроскопом.

Завдання: замалювати форми плазмолізу, описати роботу й зробити висновки.

Контрольні питання до лабораторних робіт № 1, 2.

1. Предмет та завдання дисципліни фізіологія рослин з основами біохімії.
2. Методи дослідження в фізіології.
3. Клітина як елементарна структура багатоклітинного організму.
4. Поясніть, чому структурна організація клітини є основою її біохімічної активності та функціонування як цілісної живої системи
5. В чому полягає різниця між рослинною та тваринною клітинами. Що в їхніх функціях відповідає структурним особливостям клітин?
6. Що таке компартментація клітинного метаболізму, його каталітичних систем і метаболітичних фондів?
7. Перелічіть основні структурні компоненти рослинної клітини.
8. Наведіть приклади функціональної взаємодії різних органел клітини.
9. Дайте порівняльну характеристику будови хлоропластів і мітохондрій. Яка будова і функція апарату Гольджі, ендоплазматичного ретикулума, вакуолей? В чому їх принципова відмінність від мітохондрій та хлоропластів?
10. Хімічний склад рослинної клітини.
11. Клітинна стінка, її організація, властивості та роль.
12. Перелічіть загальні особливості будови та спільні властивості і мембран. У чому різниця між мембранами різних органел? Назвіть одно- та двомембранні органели рослинної клітини.
13. Поясніть функцію мембран у регуляції й інтеграції метаболізму і клітині.
14. Транспорт через плазматичну мембрану.
15. Плазмоліз і деплазмоліз.
16. Чим пояснити той факт, що найчастіше мембрани проникні для певних речовин лише в одному напрямку?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

Якісні реакції на білки.

Мета роботи: ознайомитися з різними якісними реакціями визначення білків у рослинних тканинах.

Матеріали й устаткування. розчин білкової витяжки з рослинного матеріалу, піпетки, пробірки, спиртівка. 10% розчин їдкого натру, 1% розчин сульфату купруму, концентрована нітратна кислота, концентрований розчин аміаку, 5% розчин оцтовокислого свинцю, реактив Мілона.

Порядок виконання роботи.

Біуретова реакція. Дана реакція обумовлена наявністю пептидних зв'язків у молекулі білку, завдяки яким у лужному середовищі з солями купруму утворюється кольорова комплексна сіль.

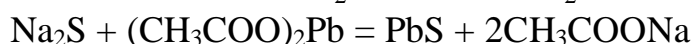
До 1 мл розчину білку додають 1 мл 10% розчину їдкого натру та 1-2 краплі 1% розчину сульфату купруму. Утворюється фіолетове забарвлення.

Ксантопротеїнова реакція. Дана реакція базується на здатності ароматичних амінокислот (тироzinу, триптофану, фенілаланіну) утворювати з концентрованою нітратною кислотою при нагріванні жовтозабарвлені нітросполуки.

До 1 мл розчину білку наливають під тягою 0,5 мл концентрованої нітратної кислоти. Випадає осад, який при нагріванні приймає жовте забарвлення. Після охолодження до пробірки додають 1 мл концентрованого розчину аміаку і жовте забарвлення переходить до помаранчевого внаслідок перетворення нітропохідних циклічних амінокислот до солей хіноїдної структури.

Реакція з оцтовокислим свинцем. Базується на утворенні сульфїду свинцю внаслідок взаємодії оцтовокислого свинцю з сірковмісними амінокислотами (цистеїн, цистін).

До 1 мл розчину білку додають подвійний об'єм 10% розчину їдкого натру, перемішують, кип'ятять 2-3 хв., потім додають 1-2 краплі 5% розчину оцтовокислого свинцю і продовжують нагрівання до випадіння чорного осаду PbS. Реакція відбувається за наступними рівняннями:



Реакція Мілона. Обумовлена наявністю в молекулі білка амінокислоти тирозину.

До 1 мл розчину білку додають 1 мл реактиву Мілона. Утворюється білий осад, який при нагріванні приймає рожево-червоне забарвлення.

Завдання. Спостерігати явища, що відбуваються. Записати рівняння хімічних реакцій.

Контрольні питання.

1. Амінокислоти, їх класифікація, властивості та роль.
2. Загальна характеристика рослинних білків.
3. Первинна, вторинна, третинна та четвертинна структури білків.
4. Які принципи покладено в основу класифікації білків.
5. Схарактеризуйте основні фізико-хімічні властивості білків.
6. Назвіть методи видалення та визначення білків у рослинних тканинах.
7. Етапи біосинтезу білка.
8. Регуляція біосинтезу білків.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

Якісне визначення вуглеводів в рослинних тканинах.

Мета роботи: провести якісні реакції на різні класи вуглеводів з рослинних об'єктів.

Матеріали й устаткування. Коренеплід моркви, буряк, крохмаль, розчин йоду на йодиді калію, фелінгова рідина, 10% розчин хлориду натрію, 1% розчин сульфату міді, 10% спиртовий розчин α -нафтолу, сірчана та соляна кислоти, пробірки, терка, фарфорова ступка, лійки, спиртівка, сірники, фільтровальний папер, ножиці, мірні піпетки, марля, піпетки, звичайні, водяна баня, шпателя.

Порядок виконання роботи.

Для отримання **моносахариду** глюкози з моркви, натираємо моркву та вносимо до пробірки наполовину розтерту масу і заливаємо водою до $2/3$ об'єму пробірки.

Пробірку нагріваємо над спиртовкою 3 хвилини та після фільтруємо до чистої пробірки. Фільтрат розділяємо на дві пробірки.

Проба Троммера.

До фільтрату однієї з пробірок додаємо 1 мл їдкого натру та розчин сульфату міді до появи блакитного забарвлення. Після пробірку нагріваємо протягом 2 хвилин. Спостерігаємо за зміною забарвлення розчину.

Завдання. Записати рівняння реакцій, що спостерігаються, якщо глюкоза перетворюється до глюконової кислоти.

Проба Моліша.

До фільтрату другої пробірки прилити 2-3 краплі 10% розчину а-нафтолу та 2-3 мл концентрованої сірчаної кислоти. Спостерігати появу на границі розподілу рідин червоно-фіолетового кільця, що утворюється в результаті реакції метилфурфурола з а-нафтолом.

Завдання. Зробити висновок та вказати, що реакція з а-нафтолом є загальною для всіх гексоз.

Для отримання **дисахаридів** коренеплід сахарного буряка розтираємо та до чашки додаємо води у співвідношенні 2:5 та витримуємо протягом 20-30 хвилин. Після віджати через марлю сік та розділити його на дві пробірки (по 3 мл).

До першої пробірки вносимо 5 мл фелінгової рідини та нагріваємо до кипіння.

До другої вносимо 2 краплі сірчаної кислоти, яка гідролізує сахарозу та протягом 30 хвилин нагріваємо на киплячій водяній бані. Після нейтралізуємо кислоту 1 мл 10% розчину карбонату натрію. Провести реакцію з фелінговою рідиною.

Завдання. Спостерігати в обох пробірках утворення червоного осаду оксиду купруму (I). Порівняти кількість утвореного осаду в пробірках та зробити необхідні висновки.

Для вивчення властивостей **полісахаридів** вносимо 0,5г крохмалю до пробірки, наливаємо 5 мл води, ретельно струсити вміст та дати відстоятися. Спостерігати швидку седиментацію крохмалю та зробити висновок про розчинність крохмалю у холодній воді.

Долити до пробірки з крохмалем гарячої води до $\frac{3}{4}$ її об'єму та кип'ятити до моменту коли рідина стане прозорою. Спостерігати утворення гелю.

До чистої пробірки налити крохмальний розчин та внести 2-3 краплі розчину йоду.

Завдання. Зробити висновки про розчинність крохмалю у холодній та гарячій воді, вказати на забарвлення, що утворюється при реакції йоду на крохмаль.

Контрольні питання.

1. Класифікація вуглеводів.
2. Роль вуглеводів у рослинному організмі.
3. Основні шляхи синтезу вуглеводів.
4. Порівняйте крохмаль із целюлозою. В чому вони подібні та чим відрізняються за хімічною структурою, функціями, локалізацією в клітині?
5. Поясніть, чому целюлоза існує у вигляді довгих волокон, тоді як крохмаль — у вигляді округлих зерен.
6. Методи якісного визначення вуглеводів у рослинних тканинах.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

Визначення активності каталази у рослинних тканинах.

Каталаза здійснює перетворення пероксиду водню за рівнянням:



Метод базується на обліку пероксиду водню, що залишився після дії каталази шляхом титрування розчином перманганату калію.

Мета роботи: визначити активність каталази в рослинних тканинах методом перманганатометрії.

Матеріали й устаткування. терези, термостат, мірні колби (50 мл), бюретки, колби конічні (100 мл), піпетки (5 та 20 мл), лійки, паперові фільтри, фарфорові ступки, кварцовий пісок, скляні палички. Розчини: пероксиду водню (1%), перманганату калію (0,1н.), сірчаної кислоти (2н.), фосфатний буфер (0,1М, рН 6,8). Замочені квасоля, горох, або зелені листя рослин.

Порядок виконання роботи.

У фарфоровій ступці розтирають 5 г рослинного матеріалу з кварцовим піском і 5 мл фосфатного буферу. Гомогенат кількісно переносять до мірної колби та буфером доводять до об'єму 50 мл. Суміш перемішують і ставлять до термостату при 37 С на 15 хв., після суміш фільтрують.

До двох конічних колб вносять 20 мл фільтрату. До першої контрольної колби вливають 5 мл 2н. розчину сірчаної кислоти для інактивації ферменту, потім до обох колб приливають 20 мл води і 3 мл 1% розчину пероксиду водню, перемішують і залишають у термостаті при 37 С на 15 хв.

Після визначеного часу до дослідної колби додають 5 мл 2н. сірчаної кислоти, перемішують і титрують вміст обох колб 0,1н. розчином перманганату калію до появи слабо-рожевого забарвлення, яке не зникає протягом 1 хв.

Активність каталази розраховують за формулою:

$$\text{Активність} = \frac{(B - A) \cdot K \cdot C}{m \cdot C_1 \cdot t}$$

де
А і В - кількість перманганату калію, що витрачена на титрування відповідно дослідної та контрольної проб, мл.

К - поправка до титру 0,1н. розчину перманганату калію,

С - об'єм суміші, мл.

С₁ - об'єм взятий для визначення, мл.

m - маса наважки рослинного матеріалу, г.

t - час, год.

Завдання. За результатами розрахунків зробити висновки про активність каталази.

Контрольні питання.

1. Поняття про ферменти як біологічні каталізатори.
2. Механізм ферментативного каталізу. Який механізм дії ферментів? Від чого залежить швидкість і напрям ферментативних реакцій?
3. Хімічна природа і будова ферментів.
4. Кінетика ферментативних реакцій та фактори впливу.
5. Інгібітори та активатори ферментів. Типи регуляції ферментативної активності.
6. Ізоферменти.
7. Назвіть одиниці виміру активності ферментів.
8. Сучасна класифікація та номенклатура ферментів.

ТЕМА: ФОТОСИНТЕЗ

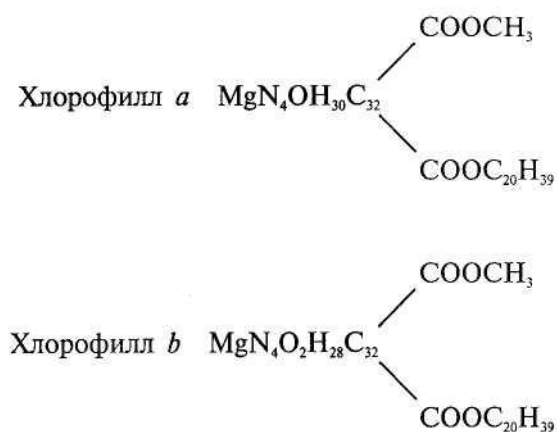
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

Одержання спиртового розчину (витяжки) пігментів.

Пігменти фотосинтезу перебувають у мембранах тілакоїдів. У вищих рослин це хлорофіли *a* й *b*, каротин, ксантофіл, феофітин. Хлорофіл *a* — головна функціональна частина пігментної системи рослин. Він здатний, поглинувши квант світла, передавати його енергію на компоненти електронно-транспортного ланцюга. За їх участі відбувається перетворення енергії електронного збудження хлорофілу в хімічну енергію АТФ і НАДФН₂.

Хлорофіли по своїй хімічній природі є складними ефірами дикарбонової кислоти хлорофіліну й двох одноатомних спиртів — високомолекулярного фітолу C₂₀H₃₉ОН і метилового спирту CH₃ОН. Хлорофіл *a* відрізняється від хлорофілу *b* тим, що у третього вуглецевого атома в другому пірольному кільці

його молекули метильна група замінена на альдегідну.



Звичайно пігменти з рослинної тканини екстрагують полярними розчинниками (етиловий спирт), які руйнують зв'язок хлорофілів і ксантофілів із протеїдами пластид і тим самим забезпечують їхнє повне екстрагування. Неполлярні розчинники (петролейний ефір, гексан, бензин і ін.) не порушують зв'язку цих пігментів з білками й тому не можуть їх витягти зі свіжих листів.

Із сухого рослинного матеріалу екстракцію ведуть із додаванням води, щоб порушити зв'язок з молекулами білка. Неполлярні розчинники (гексан, петролейний ефір і ін.) не порушують зв'язку цих пігментів з білками й тому не можуть їх екстрагувати зі свіжих листів.

Всі хлорофіли - речовини нестійкі. Витягнуті з листа, вони легко окисляються на повітрі.

Мета роботи: ознайомитися з методами екстракції пігментів і з їхніми хімічними властивостями.

Матеріали й устаткування. Листи кропиви, етиловий спирт, вода. Конічні колби на 200мл із пробками, Водяна лазня, зворотний холодильник.

Порядок виконання роботи.

Для одержання витяжки пігментів використовують як сирий, так і сухий матеріал. В останньому випадку висушені листи попередньо обробляють гарячою водою, щоб полегшити наступний витяг пігментів. Сухі листи кропиви поміщають у конічну колбу на 200 мл і ошпарюють окропом, потім воду зливають.

У колбу доливають 100 мл етилового спирту, закривають її корковою пробкою зі зворотним холодильником і ставлять на лазню з киплячою водою для екстрагування пігментів. Після п'ятихвилинного кип'ятіння вміст колби прохолоджують і розчин обережно зливають декантацією через лійку зі складчастим паперовим фільтром. Відфільтрований розчин використовують у наступних досвідах. Зберігати розчини пігментів треба в темряві в холодильнику.

Завдання. Записати хімічні формули хлорофілів, вказати на можливі розчинники для їх екстрагування.

Контрольні питання.

1. Сонячне випромінювання охоплює широку амплітуду довжин хвиль — від ультракороткохвильових до радіохвиль. Який діапазон займає фотосинтетично активна радіація?
2. Поясніть суть і значення фотосинтезу.
3. Напишіть загальне рівняння фотосинтезу.
4. Розкажіть, як формувалися уявлення щодо природи фотосинтезу, чому його називають унікальною в фізико-хімічному та загально-біологічному відношеннях функцією зеленої рослини.
5. Схарактеризуйте морфологію та структуру фотосинтетичного апарату рослин. Що означають терміни: ламела, строма, грана, тилакоїд?
6. Докажіть, що фотосинтез складається з низки реакцій різної природи (фотофізичних, фотохімічних, ензиматичних).
7. Перелічіть фотосинтетичні пігменти рослин. У чому полягає їхнє значення у фотосинтезі?
8. Що являє собою хромофорна група хлорофілу, фікобілінів? Чим зумовлена здатність хлорофілу до зворотних окисно-відновних реакцій?
9. Чому в процесі еволюції рослини набули зеленого забарвлення?
10. Поясніть функціональне та екологічне значення спектрально різних форм пігментів у фотосинтезуючих організмів.
11. Назвіть основні етапи біосинтезу хлорофілів.
12. Назвіть можливі електронно-збуджені стани хлорофілів і шляхи дезактивації.
13. Дайте визначення реакційного центру та фотосинтетичної одиниці. Що таке фотосистема?
14. Встановлено, що квантовий вихід фотосинтезу можна збільшити якщо замість неперервного освітлення вмикати світло короткими спалахами з темновими проміжками. Чим це пояснюється?
15. Назвіть компоненти електронно-транспортного ланцюга фотосинтезу й альтернативні шляхи транспортування електронів.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

Одержання відбитків на листах за допомогою крохмальної проби.

Дослід наочно показує, що при фотосинтезі на світлі в листі утворюється органічна речовина у вигляді крохмалю, а також доводить необхідність світла в цьому процесі. Роботу можна проводити в умовах відкритого ґрунту або на кімнатних рослинах.

Мета роботи: показати, що в листах на світлі в процесі фотосинтезу синтезується крохмаль.

Матеріали й устаткування: етанол, розчин йоду в йодиді калію (розчин Люголя), водяна лазня, газовий пальник або електроплитка, колба конічна на 2 л зі зворотним холодильником, біла тарілка, лампа на 100 - 200 W, щільний папір, фольга, канцелярські скріпки, скляна банка, скляні пластинки (2 шт.), нитки, фотонегативи, трафарети з вирізаними фігурами, пінцет, клейка стрічка.

Рослини: гортензія, пеларгонія, колеус, герань, примула, соняшник, красоля, тютюн, сахалінська гречка, кульбаба й т.д.

Порядок виконання роботи

При підготовці листів до досліду необхідно помістити рослини в темряву, щоб відбувся відтік вуглеводів із клітин листа або щоб вони були витрачені на процеси метаболізму. Кімнатні рослини переносять у темну шафу на двоє діб (не забуваючи про полив), а в ґрунтових рослин на той же строк листи закривають щільним папером по обидва боки.

У жаркий сонячний день папір варто замінити фольгою, що відбиває світло й перешкоджає перегріву листа. До того ж не треба використовувати скріпки. Їх можна замінити стрічкою, що клеїться, тому що вона менше травмує лист.

Через добу папір заміняють трафаретом з вирізаним отвором. Трафарет роблять зі складеного вдвічі листа щільного паперу або фольги з якою-небудь вирізаною фігурою (див. малюнок). Накладаючи його на лист, треба стежити, щоб обриси фігури на верхній і нижній сторонах листа збігалися, потім трафарет обережно прикріплюють.

Замість паперового трафарету на верхню сторону листа можна накласти чіткий фотографічний негатив, тоді з нижньої сторони лист ретельно закривають чорним папером. Під лист підкладають дощечку, негатив кладуть емульсією нагору. Експозиція на світлі може тривати від 2 до 8 годин (залежно від виду рослини й інтенсивності освітлення). Узимку в приміщенні як джерело світла встановлюють лампу 100 - 200 W на відстані 60 - 70 см від листа.

По закінченні експозиції на світлі листи зрізують, знімають із них трафарет, занурюють на 2 - 3 хв в окріп, а потім у гарячий спирт для екстракції пігментів. Колбу зі спиртом і листами поміщають у водяну лазню з киплячою водою й витримують у гарячому спирті до повної екстракції пігментів з листів і їхнього знебарвлення.

У спирті відбувається сильне зневоднювання листа, він стає твердим і легко ламається. Тому спирт зливають, а в колбу наливають воду, лист стає м'яким, потім його переносять у кювету або в білу тарілку з розчином йоду в йодиді

калію. Поступово на ділянках листа, що освітлювалися, з'являється темна фігура, що відповідає трафарету.

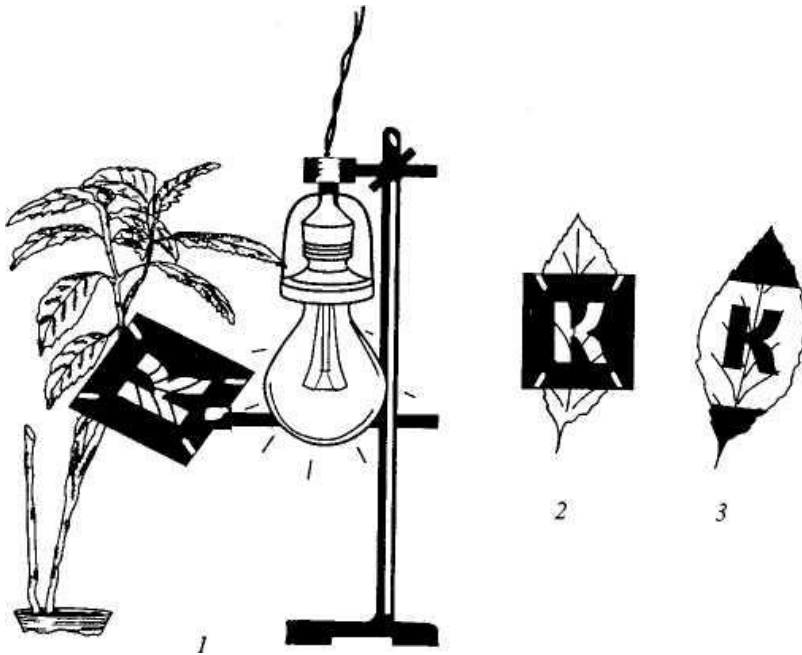


Рис. 9. Одержання відбитків на листах за допомогою крохмальної проби: 1 — освітлена рослина; 2 — лист, закритий трафаретом; 3 — відбиток (крохмальна проба) на листі

Якщо на листах отримані гарні відбитки, їх можна зберегти на тривалий строк. Для цього беруть два стекла, які по розмірах більше листа. Одне скло підводять під лист, що лежить у розчині йоду в йодиді калію, і розправляють його. По краях скла із двох сторін укладають по тонкій лучинці. Зверху накривають другим склом, і обидва скла скріплюють між собою. Лист виявляється в камері між двома стеклами. У такому виді його опускають до банки з розчином йоду в йодиді калію, що щільно закривають кришкою. Препарат зберігають у темному місці, тому що на світлі йод і відбиток на листі швидко знебарвлюються. Час від часу розчин йоду заміняють свіжим. Якщо при тривалому зберіганні відбиток знебарвився, викидати його не треба. Новий розчин йоду відновить зображення.

Варто помітити, що в різних рослин процес витрати крохмалю триває 24-120 ч. Так, наприклад, листи квасолі, красолі повністю обескрахмаливаються лише протягом 96 ч, а в листах примули крохмаль частково залишається й після цього строку. У соняшника обескрахмалювання відбувається за 24 ч, а в герані, сої, тютюну й сахалінської гречки через 72 ч.

Критерієм вибору об'єкта для цієї роботи може бути порівняно короткий строк зникнення крохмалю при затіненні, швидка й легка екстракція пігментів і міцність листів, що забезпечує їхнє тривале зберігання.

Використання для описаного вище досвіду кімнатної рослини колеус, у якої на листі є крім зелених ділянок білі й пофарбовані антоціаном, буде його вигідно відрізняти.

Лист колеусу закривають смужкою чорного паперу, і рослину поміщають під лампу. Через 48 ч лист зрізують і виконують процедури, описані вище.

Затемнена ділянка листа, а також білі ділянки залишаються знебарвленими, а зеленим, освітленим світлом, дають темне фарбування, що свідчить про наявність крохмалю. Дослідний лист із відбитком порівнюють із живим листом на рослині.

Завдання: описати дослід і методику прояву «відбитків», замалювати листи, зробити висновок про те, у якій частині листа відбувся синтез крохмалю.

Контрольні питання.

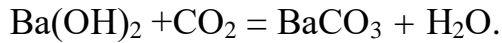
1. Схарактеризуйте первинні процеси фотосинтезу.
2. Що таке фотосинтетичне фосфорилування?
3. Як кооперативна взаємодія електронів і протонів створює умови для синтезу АТФ у процесі фотосинтезу?
4. Схарактеризуйте структурну організацію ФС I і ФС II, проміжної ланки зв'язку між ними та АТФ-азного комплексу.
5. Назвіть основні продукти світлової стадії фотосинтезу.
6. Що таке темнова стадія фотосинтезу?
7. У рослинах присутні два важливих ферменти — рибулозобіфосфат-карбоксилаза та фосфоенолпіруват-карбоксилаза. Опиши і реакції, в яких бере участь кожний із цих ферментів, та схарактеризуйте їхній функціональний взаємозв'язок.
8. Який зв'язок існує між світловою і темною стадіями фотосинтезу?
9. Схарактеризуйте основні етапи циклу Кальвіна.
10. Що таке C₄-тип фотосинтезу?
11. За яких умов фермент рибулозобіфосфат-карбоксилаза функціонує як оксигеназа?
12. Чому рослини C₄-типу фотосинтезу характеризуються більш високою продуктивністю та посухостійкістю?
13. Що таке фотодихання?
14. Схарактеризуйте особливості фотосинтезу сукулентів (САМ-метаболізм).
15. Як впливають зовнішні фактори (температура, світло, концентрація CO₂ тощо) на інтенсивність фотосинтезу?
16. Від яких параметрів фотосинтетичного процесу залежить продуктивність сільськогосподарських рослин?
17. Яке значення має теорія продукційного процесу в розвитку рослинництва?
18. Назвіть шляхи збільшення коефіцієнта корисної дії використання енергії сонячних квантів у процесі фотосинтезу.

ТЕМА: ДИХАННЯ

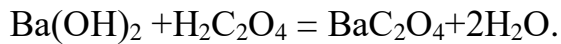
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8

Визначення інтенсивності дихання насіння у закритій судині

Метод полягає в обліку кількості CO_2 , що виділяється насінням при диханні. Процес поглинання диоксида вуглецю баритом можна записати у вигляді наступного рівняння:



Надлишок бариту, який не прореагував із CO_2 , відтитрують щавлевою кислотою:



Мета роботи: визначити інтенсивність дихання пророслого насіння шляхом обліку кількості вуглекислоти, що виділяється. Виявити залежність інтенсивності дихання від температури.

Матеріали й устаткування. насіння пшениці, що проростає, 0,1 н. розчин бариту, 0,1 н. розчин щавлевої кислоти, 1% розчин фенолфталеїну. Терези з важками, конічні колби на 250 мл із пробками та трубкою з натронним вапном, марлеві мішечки.

Порядок виконання роботи.

У марлевий мішечок поміщають 4 г пророслого насіння пшениці. У дві конічні колби за допомогою бюретки наливають по 10 мл 0,1 н. $\text{Ba}(\text{OH})_2$ і закривають колби пробками. Варто пам'ятати, що барит отрутний. Його не можна залишати відкритим, тому що він легко поглинає CO_2 з повітря. В одну колбу, відкривши її, швидко підвішують на гачок пробки мішечок з насінням (див. малюнок), іншу колбу залишають як контроль. Витримують обидві колби 1 год при кімнатній температурі (20°C).

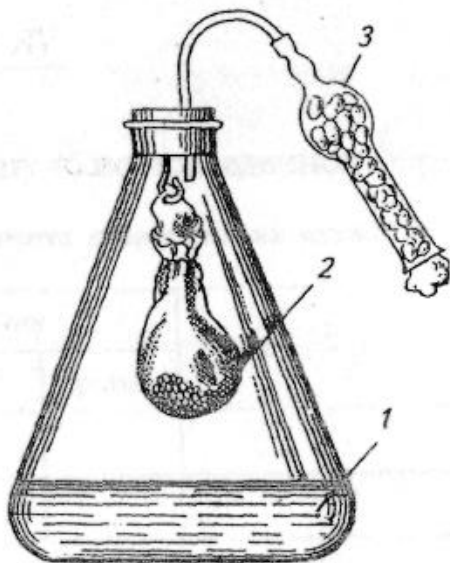


Рис. Колба для визначення інтенсивності дихання насіння:

- 1-розчин бариту;
- 2-марлевий мішечок;
- 3-поглинач із натроного вапна

Під час досліду періодично обережно помішують колби, щоб зруйнувати плівку BaCO_3 , що утворюється на поверхні бариту й перешкоджає повноті поглинання вуглекислоти. Потім виймають із колби мішечок з насінням, додають три краплі фенолфталеїну й відтитровують барит 0,1 н. щавлевою кислотою до слаборожевого забарвлення, що зникає від однієї краплі кислоти. Так само відтитровують барит у контрольній колбі. При титруванні колбу закривають пробкою, через яку проходить кінчик піпетки, приєднаний до пляшки з баритом. Інтенсивність дихання, $\text{мг CO}_2/(\text{г-год})$ розраховують по формулі

$$I = \frac{(a - b) \cdot K \cdot 2.2}{n}$$

де a та b - кількість 0,1н щавлевої кислоти, витраченої на титрування бариту відповідно в контрольному та дослідному варіантах, мол; K - виправлення до титру 0,1н розчину щавлевої кислоти; 2,2 - кількість CO_2 мг, що відповідає 1 мол 0,1н розчину щавлевої кислоти; n - маса сухого насіння, м.

Паралельно визначають дихання насіння при температурі повітря 30С. Результати досліду записують до таблиці за наведеною формою.

Таблиця - Визначення інтенсивності дихання насіння

Температура повітря, С	Наважка насіння, г	Вологість насіння, %	Маса сухого насіння, г	Об'єм бариту, мл	Кількість щавлевої кислоти, витраченої на титрування, мл		Інтенсивність дихання, мг CO_2 на 1м сухого насіння за 1 год.
					контроль	дослід	

Завдання. Записати ход досліду та реакції, що відбуваються, розрахувати інтенсивність дихання пророслого насіння та прослідкувати як вона змінюється при збільшенні температури.

Контрольні питання.

1. Схарактеризуйте дихання та бродіння.
2. Доведіть, що дихання – це окисно-відновний процес. У чому полягає функція дихання?
3. Дайте визначення дихального коефіцієнта.
4. Схарактеризуйте каталітичні системи дихання.
5. Чому аеробне дихання ефективніше порівняно з анаеробним?
6. Назвіть шляхи окиснення органічних речовин у клітині.
7. Які основні шляхи дисиміляції вуглеводів?
8. Схарактеризуйте процес гліколізу. Яка його функція в конструктивному обміні клітини? На яких етапах гліколізу й за рахунок енергії яких реакцій синтезується АТФ? Що є кінцевим продуктом гліколізу?
9. Чому дихання являє собою не пряме окиснення глюкози, а є процесом, який

- складається з багатьох етапів?
10. Схарактеризуйте основні стадії циклу Кребса.
 11. Схарактеризуйте електронно-транспортний ланцюг мітохондрій зокрема структурну організацію, основні компоненти, їх окисно-відновні потенціали.
 12. Що є джерелом енергії для функціонування дихального ланцюга. Чому для функціонування електронно-транспортного ланцюга необхідний кисень?
 13. Що таке окиснювальне фосфорилування? Назвіть спільні та відмінні риси фотосинтетичного та окиснювального фотофосфорилування.
 14. В якій формі енергія, що виділяється в процесі дихання, може бути використана рослинним організмом?
 15. Яка кількість АТФ утворюється в разі розпаду однієї молекули глюкози в анаеробну та аеробну фази дихання?
 16. Назвіть основні риси пентозофосфатного шляху дихання.
 17. Схарактеризуйте гліоксилатний цикл.
 18. У чому полягає фізіологічне значення альтернативних шляхів дихання?
 19. Які фактори впливають на інтенсивність процесу дихання?
 20. Назвіть подібні та відмінні риси процесів фотосинтезу й дихання.
 21. Поясніть, чому дихання є центральним механізмом, який поєднує між собою різні групи важливих органічних сполук, а саме обмін вуглеводів, органічних кислот, жирів і білків.
 22. Які реакції необхідні, щоб одержати з молекули глюкози, фруктози, етиловий спирт, одну з жирних кислот, аспарагінову кислоту?
 23. З якого проміжного продукту дихання утворюються жирні кислоти? Чим можна пояснити парну кількість атомів вуглецю в молекулі жирних кислот?
 24. Наведіть приклади механізмів регуляції процесів дихання.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 9

Визначення вмісту води та сухої речовини у рослинному матеріалі.

Мета роботи: визначити кількісно вміст води та сухої речовини в рослинах методом гравіметрії.

Матеріали й устаткування. П'ятнадцятиденні рослини соняшника або кукурудзи. Аналітичні ваги, сушильна шафа, бюкси, ексікатор, щипці.

Порядок виконання роботи.

Кількість води й сухої речовини в листах визначають ваговим методом. Дослід ставлять у двох варіантах, для чого використовують листи верхнього й нижнього ярусів. Беруть тільки нормально розвинені, зелені, що не мають явних слідів ушкодження й підсихання листи. Кожне визначення виконують у трикратній повторності при наважці сирих листів не менш 5 г. Варто точно встановити, які по рахунку листи відносити до нижнього, а які до верхнього ярусів, і дотримуватися встановленого порядку на всіх дослідних рослинах.

Спочатку визначають масу абсолютно сухого бюкса. Для цього чисто вимитий бюкс із кришкою, поставленою вертикально, поміщають на полицю сушильної шафи при температурі 100 - 150°C. Через 1 год. бюкс беруть тигельними щипцями й ставлять відкритим до ексікатору на 30 хв. для охолодження, потім закривають кришкою й зважують на аналітичних вагах. Повторно бюкс ставлять у сушильну шафу на 20-30 хв, прохолоджують в ексікаторі й знову зважують. Якщо маса бюкса не зміниться, то в нього можна поміщати пробу.

Бюкс із рослинним матеріалом зважують на аналітичних вагах, ставлять на 5 год. у шафу, нагріту до 105°C. Потім прохолоджують в ексікаторі (бюкс повинен бути відкритий) і знову зважують. Однак 5 годин для видалення всієї вологи з рослини буває недостатньо, тому бюкси після зважування відкривають і поміщають у сушильну шафу при тій же температурі. Потім охолоджені в ексікаторі бюкси знову зважують. Так повторюють доти, поки маса бюкса з матеріалом не буде постійної або наступна маса не стане трохи більше попередньої.

При роботі необхідно дотримувати наступні правила. Сирий матеріал повинен лежати в бюксі нещільно. Не можна тримати його в шафі без перерви довше 5 год.. Бюкс із наважкою потрібно ставити в шафу, нагріту до 105 °C. Температура в різних частинах шафи непостійна, тому бюкси бажано поміщати на одному рівні з кулькою термометра. Не слід розташовувати бюкси близько до стінок шафи, тому що тут температура може бути більш високою, чим показує термометр. Брати бюкси треба щипцями, на кінці яких надіти каучукові кільця, тому що через дотик пальцями до бюкс може змінитися маса.

Віднімаючи з маси вихідного рослинного матеріалу масу висушеного матеріалу, одержують масу води в узятій наважці.

Результати досліду записують у таблицю за наведеною формою.

Культура	Ярус листів	Повторність	Номер бюксу	Маса бюкса, м			Сира маса, м	Суша маса, м	Вміст води		
						Г			% сирої маси	% сухої маси	
				порожнього	с сирим матеріалом	с сухим матеріалом					

Завдання. Розрахувати вміст води у відсотках сирої й сухої маси матеріалу, зробити висновок про залежності вмісту води в листах від розташування їх на рослині.

Контрольні питання.

1. Яке значення має вода в життєдіяльності рослинного організму?
2. Які особливості структури молекул води визначають її фізичні та хімічні властивості?
3. Охарактеризуйте стан і фракційний склад води в рослині.
4. Типи ґрунтової води.
5. Якими методами визначають вільну та зв'язану воду в рослинних тканинах.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 10

Визначення осмотичного тиску клітинного соку методом плазмолізу.

Вода рослинними клітинами поглинається за законами осмосу. Переміщення молекул води із зовнішнього середовища в клітину, а також від клітини до клітини відбувається по градієнту рівня вільної енергії молекул води, що визначається *хімічним потенціалом* (μ_w). Крапкою відліку рівня вільної енергії молекул води береться її рівень у молекул чистої води в стандартних умовах (μ_w^0). Хімічний потенціал води у водяних розчинах і клітинах менше, ніж у чистої води. Ця різниця, називана *водним потенціалом* (ψ), показує здатність води в даній системі здійснювати роботу в порівнянні з роботою, що за тих самих умов робила б чиста вода. Водний потенціал розраховується по рівнянню:

$$\psi = \frac{\mu_w - \mu_w^0}{V_w},$$

де V_w — парціальний мольний обсяг води.

Водний потенціал визначає здатність молекул води дифундувати, випаровуватися або поглинатися. Він має розмірність енергії, поділеної на об'єм, що збігається з розмірністю тиску (атмосфери, бари).

Молекули розчинених у воді речовин знижують рівень вільної енергії молекул води. Це зниження вимірюється осмотичним потенціалом ($\psi_{осм}$). *Осмотичний потенціал* — компонент водного потенціалу розчину, що визначається присутністю розчинених речовин, що знижують хімічний потенціал води.

Тому $\psi_{осм}$ завжди величина негативна. Якщо два розчини з різними концентраціями розділити напівпроникною мембраною, що пропускає тільки молекули води, але не пропускає молекули розчинених у ній речовин, то молекули води будуть переміщатися по градієнту ψ — з розчину з меншою концентрацією, у якому $\psi_{осм}$ вище (тобто менш негативна величина), у розчин з більшою концентрацією, у якому $\psi_{осм}$ нижче (тобто більше негативна величина).

У молекул води, що перебувають під тиском, рівень вільної енергії підвищується. Тому величина водного потенціалу розчину або клітини збільшується при підвищенні в них гідростатичного (тургорного) тиску. Водний потенціал, залежний від гідростатичного тиску (величина завжди позитивна), називається *потенціалом тиску* ($\psi_{давл}$).

Загальний водний потенціал клітини ($\psi_{кл}$) залежить від осмотичного потенціалу ($\psi_{осм}$) і потенціалу тиску ($\psi_{давл}$):

$$\psi_{кл} = \psi_{осм} + \psi_{давл}$$

При вміщенні клітини до чистої води остання буде входити в клітину доти, поки $\psi_{осм}$ у клітині не буде врівноважено $\psi_{давл}$, що збільшується. Збільшення $\psi_{давл}$ відбувається через опір клітинної стінки зростанню обсягу протопласту при надходженні до нього води.

Якщо клітину помістити у водяний розчин, $\psi_{осм}$ якого буде більш негативним, чим $\psi_{кл}$, то вода буде виходити із клітини в цей зовнішній розчин. При цьому $\psi_{кл}$ буде зменшуватися через зменшення в клітині як $\psi_{осм}$, так і $\psi_{давл}$. Вихід води із клітини буде відбуватися доти, поки ψ у клітині й у зовнішнього розчину не зрівняються.

Мета роботи. Визначити самостійно та розрахувати осмотичний тиск клітинного соку луку.

Матеріали й устаткування. Лук синій, 1н. розчин хлориду натрію, мікроскопи, препарувальні ігли, піпетки (10мл), фільтровальний папір, скляні палички.

Порядок виконання роботи.

З вихідного 1н розчину хлориду натрію зробити 5 робочих розчинів по 10 мл кожного у наступних концентраціях - 0,5н, 0,4н, 0,3н, 0,2н, 0,1н. Для отримання робочих розчинів скористатися таблицею.

Пробірки поставити у штатив в порядку зменшення концентрацій. До кожної пробірки внести шматочок забарвленого епідермісу луку. Пробірки зачинити пробками для запобігання випаровування води.

Концентрація розчинів	Кількість мл на 10 мл робочого розчину	
	води	1н р-ну NaCl
0,5	5	5
0,4	6	4
0,3	7	3
0,2	8	2
0,1	9	1

Через 30 хвилин зрізи витягнути скляною паличкою та покласти на предметне скло у краплю тогож розчину покрити покривним склом та розглянути під мікроскопом. Визначити ізотонічну концентрацію, яка знаходиться між концентрацією, що викликає плазмоліз і концентрацією, що вже не викликає плазмоліз.

Результати занести до таблиці.

Концентрація розчинів	Ступінь плазмолізу*	Малюнок плазмолізу
0,5		
0,4		
0,3		
0,2		
0,1		

* - записувати словами „сильний”, „середній”, „слабкий”, „дуже сильний”, „дуже слабкий”.

Розрахувати осмотичний тиск клітинного соку за формулою.

$$\Psi_{\text{осм}} = -RTCi,$$

де R — газова постійна $0,0821$ (л*атм)/(град*моль); T — абсолютна температура, градуси; C — концентрація в молях; i — ізотонічний коефіцієнт, що характеризує ступінь гідролітичної дисоціації розчиненої речовини і для неелектролітів рівний 1. Для перекладу величини водного потенціалу, розрахованого в атмосферах, у кілопаскалі отриманий результат потрібно помножити на 101,3.

Завдання: визначити величину осмотического тиску в клітинах епідерми луски цибулини плазмолітичним методом. Зробити висновок та вказати величину ОТ клітинного соку луку.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 11

Визначення водного потенціалу рослинних тканин методом Уршпрунга.

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 $\psi_{тк}$ менше ψ_p 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 ψ_p дорівнює $\psi_{тк}$.

Мета роботи: познайомитися з методом визначення водного потенціалу тканини по Уршпрунгу.

Матеріали й устаткування: 1М розчин хлориду натрію, дистильована вода, бюретки, штативи для бюретонок, пробірки, ніж для вирізання смужок тканини, лінійки або міліметровий папір. **Рослини:** бульби картоплі, коренеплоди ріпи, моркви.

Порядок виконання роботи

У сімох пробірках готують по 10 мл розчинів хлориду натрію помірні 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.

Таблиця - Вплив концентрації розчину на довжину брусочків бульби картоплі

Концентрація розчинів, М	Початкова довжина брусочків, мм	Довжина брусочків після перебування в розчині, мм	Зміна довжини брусочків, мм
1,0			
0,8			
0,6			

Констатують, як змінилася довжина брусочка в кожному розчині. Виявляють той розчин, у якому довжина брусочка не змінилася; ψ_p цього розчину виявився рівним $\psi_{тк}$. Водний потенціал (ψ_p) зовнішнього розчину є його

осмотичний потенціал ($\psi_{\text{осн}}$). Величину останнього розраховують, використовуючи рівняння Вант-Гоффа (див роботу № 7).

Завдання: Звернути увагу на пружність тканин картоплі, що знаходилися у воді та у розчині солі та зміну розмірів, записати висновки та пояснити зміну розмірів зразків. Визначити величину водного потенціалу тканин бульби картоплі методом Уршпрунга.

Контрольні питання до лабораторних робіт № 10, 11.

1. Дайте визначення поняттям дифузія та осмос. Від чого залежить напрям дифузії?
2. Яке значення мають явище осмосу та процеси гідратації для рослинної клітини?
3. Що таке водний потенціал? Перелічіть його складники.
4. Від чого залежить надходження води в клітину?
5. В якому стані клітини водний потенціал дорівнює осмотичному потенціалу, а в якому — нулю?
6. Що є рушійною силою пасивного транспортування йонів у клітину?
7. Яка з наведених величин водного потенціалу вища: -2000 кПа чи -1000 кПа?
8. Який зв'язок між осмотичним тиском і водним потенціалом у умовах нормального атмосферного тиску?
9. Чому підживлення посівів мінеральними добривами під час посухи не лише неефективне, а й шкідливе?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 12

Явище тургору.

Надходження води в рослинну клітину, поміщену в чисту воду, обмежено клітинною стінкою, розтягання якої не нескінченно. У клітині підвищується гідростатичний (тургорний) тиск. Це збільшує вільну енергію молекул води до рівня вільної енергії молекул чистої води, і водний потенціал клітини ($\psi_{\text{кл}}$) стає рівним нулю. Це повністю насичені водою клітини. Якщо клітини помістити не у воду, а в розчин якого-небудь осмотика (поварена сіль, сахароза й ін.), то вода виходить із клітин і вони втрачають тургор. Порівняння клітин тургоресцентних і втративших тургор зручно провести в досліді з коренеплодом моркви.

Мета роботи. продемонструвати явище тургору на прикладі надходження й виходу води в клітинах коренеплоду моркви.

Матеріали й устаткування. склянки, насичений розчин хлориду натрію, вода, ніж. Рослини: коренеплод моркви.

Порядок виконання роботи

Із середини коренеплоду моркви вирізують, починаючи з кінчика кореня, поздовжню смугу тканини шириною 8 - 12 мм і видаляють її. Дві частини кореня залишаються з'єднаними приблизно 1/5 всієї його довжини (див. малюнок). Обидві частини коренеплоду поміщають у дві склянки, що знаходяться поруч, в одному - насичений розчин хлориду натрію, в іншому - вода.

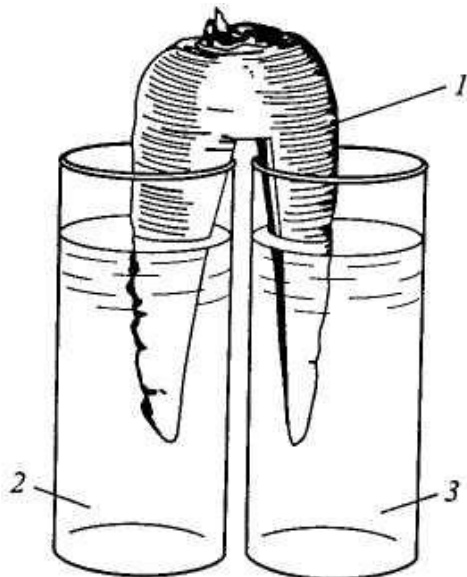


Рис. Поглинання й вихід води з клітин коренеплоду моркви:

- 1 — коренеплод моркви;
- 2 — склянка з водою;
- 3 — склянка з розчином повареної солі.

Через 1,5 - 2 год. корінь витягають зі склянок, порівнюють розмір і тургор тканин у його половинах і роблять висновок про те, в якій зі склянок відбувся вихід води з тканин кореня, що привів до втрати ними тургору.

Завдання: зробити малюнок коренеплоду моркви й сформулювати висновок про стан обох його частин.

Контрольні питання.

1. Поясніть явище тургору. Тургорний тиск.
2. Підсисна сила та її зв'язок з тургорним тиском.
3. Регуляція поглинання води рослинною клітиною.
4. Поясніть, чому у рослини, корені якої занурені в чисту воду, в разі додавання до неї солей можливе тимчасове в'янення, однак через короткий проміжок часу її тургор відновлюється.
5. Які шляхи ближнього та дальнього транспортування води і рослині?
6. Які особливості має коренева система рослини в зв'язку з її функцією поглинання води із ґрунтового розчину?
7. Що таке гутація і «плач» рослини?
8. Поясніть наступні терміни: польова вологоємність, мертвий запас води в ґрунті, вологість в'янення.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 13

Визначення інтенсивності транспірації зрізаних листів за допомогою торзійних терезів по Л. І. Іванову

Метод заснований на обліку змін маси зрізаного транспіруючого листа за короткі проміжки часу, що дає можливість спостерігати транспірацію при тій стані насичення листа водою, у якому він перебував на рослині. Для швидкого зважування використовують *торзійні ваги*

Мета роботи: визначити інтенсивність транспірації зрізаних листків ваговим методом.

Матеріали й устаткування. Десятиденні проростки вівса або пшениці. Торзійні ваги, фени, ножиці, підставки для підвішування листів.

Порядок виконання роботи.

Торзійні ваги встановлюють строго горизонтально за рівнем 1 за допомогою двох гвинтів 2 на підставці. Перевіряють нульову крапку: установлюють покажчик маси 6 важелем натягу 5 у положення «0», звільняють коромисло ваг пересуванням закріпного важеля 4 вправо, при цьому покажчик рівноваги 9 повинен сполучитися з рисою рівноваги 3. Закривають ваги пересуванням закріпного важеля 4 вліво.

Рис. Торзійні ваги:

1 — рівень; 2 — гвинти;

3 — риса рівноваги;

4 — закріпний важіль;

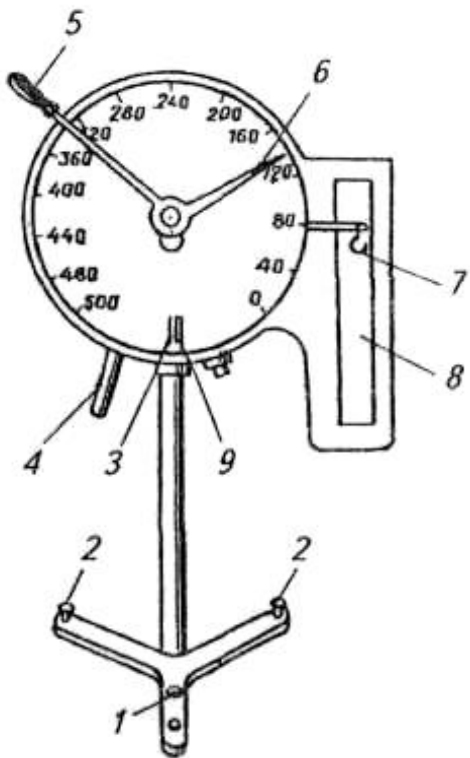
5 — важіль натягу;

6 — покажчик маси;

7 — гачок коромисла;

8 — закрита камера;

9 — покажчик рівноваги



Потім приступають до зважування. На гачок коромисла 7, що перебуває збоку ваг у закритій камері 8, підвішують інший гачок і визначають його масу. Для цього звільняють коромисло ваг пересуванням закріпного важеля 4 вправо. Повертають покажчик маси 6 важелем натягу 5 уліво до сполучення покажчика рівноваги 9 з рисою рівноваги 3. У такому положенні покажчик маси показує на шкалі масу наважки. Повертають закріпний важіль уліво (стрілка показує «закрите») і повертають покажчик маси до нульового поділу на шкалі.

Потім визначають інтенсивність транспірації. Для цього зрізають лист, надягають на гачок і підвішують на коромисло ваг. Лист швидко зважують і поміщають на наколку. У такий спосіб зважують листи того самого ярусу з десяти рослин. Через 5 хв після зважування першого листа повторно зважують всі листи у початковому порядку.

Масу листів визначають вирахуванням з показань шкали маси гачка. Зменшення у масі листів за час між першим і другим зважуваннями показує, скільки води випарувалося за цей період. Всі розрахунки виконують по сумарній масі десяти листів кожного варіанта.

Розраховують кількість води, що випарувалася з 1 мг сирих листів за 1 год. Визначають інтенсивність транспірації в кімнатних умовах (контроль) і при сухому теплому вітрі (з використанням фену). Результати досліду записують у таблицю за наведеною формою.

Таблиця - Визначення інтенсивності транспірації зрізаних листів

Варіант досвіду	Маса листів, мг	Повторність					Сумарна маса 10 листів, мг	Втрата води 10 листами, мг	Інтенсивність транспірації, г/(м ² ч)
		1	2	3	4	5			

Завдання. Розрахувати інтенсивність транспірації за кількістю транспірованої листями води при різній температурі повітря.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 14

Вивчення стану продихів методом відбитків по Полаччі.

Метод заснований на одержанні тонкої прозорої плівки з відбитками (репліками) продихів. Розглядаючи їх під мікроскопом, можна визначити число продихів на одиниці поверхні листа та їх розмір. Для виготовлення реплік застосовують речовини, що утворюють плівку при випарі розчинника або в результаті полімеризації. Дія самих органічних розчинників і охолодження листа в результаті їх випару можуть впливати на апертуру продихів. Використання полімерів знижує артефакти.

Мета роботи. Виявити стан продихів листя соняшника в різні часи доби та розрахувати площу продихів до загальної площі листя.

Матеріали й устаткування. П'ятнадцятиденні рослини соняшника, розчин коллодію або кремнійорганічний каучук і каталізатор, який використовують стоматологи, безбарвний лак для нігтів для виготовлення плівки. Мікроскопи,

окуляр-мікрометр, об'єкт-мікрометр, предметні й покривні стекла, пінцети, пензлики.

Порядок виконання роботи.

На нижню поверхню листа скляною паличкою наносять тонкий шар розчину силіконового каучуку, змішаного з каталізатором, і залишають на 2-3 хв. для полімеризації. «Негатив» знімають із листа пінцетом, покриваючи безбарвним лаком і дають висохнути. Таким способом на лаковій плівці, що легко знімається зі зліпка, одержують позитивне зображення листа. Плівку поміщають у краплю води на предметне скло, накривають покривним і розглядають під мікроскопом об'єктивом $\times 40$. Визначають середнє число продихів у полі зору мікроскопа, дослідивши кілька полів зору в різних ділянках препарату.

Потім за допомогою окуляра-мікрометра знаходять середню площу продихової щілини та площу поля зору мікроскопа. Для цього вимірюють ширину й довжину продихової щілини не менш чим в 20 продихів і встановлюють середню величину. Площу продихової щілини обчислюють по формулі: $S = \pi ab$

, де a й b — мала й більша півосі еліпсу, тобто половина ширини й довжин продихової щілини.

За числом продихів і середньої площі продихової щілини розраховують загальну площу продихових отворів у полі зору мікроскопа. Вимірюють діаметр поля зору, обчислюють радіус і визначають площу поля по формулі $S = \pi r^2$. Розраховують площу, що займають всі продихові отвори, у відсотках від загальної поверхні листа.

Методом відбитків досліджують листи різних ярусів тієї самої рослини. Результати досліду записують у таблицю.

Таблиця – Визначення стану продихів у соняшника

Ярус листя	Кількість продихів у полі зору мікроскопу	Ціна поділу окуляру-мікрометру, мкм	Розміри продихових отворів					Заг. площу продихових отворів, мкм ²	площа поля зору, мкм ²	Площа продихових отворів, % до загальної площі поверхні листа
			у поділах окуляру-мікрометру		у мікрометрах					
			ширина	довжина	ширина	довжина	площа			

Завдання. Розрахувати середню площу продихової щілини, загальну площу продихових отворів, площу, що займають всі продихові отвори, у відсотках від загальної поверхні листа. Зробити висновок про вплив ярусності на розміри поверхні листа, що випаровує.

Контрольні питання до лабораторних робіт № 13, 14.

1. Простежте шлях молекули води від краплини дощу, яка потрапила в ґрунт, до водяної пари, що надійшла в повітря крізь продихи листка. Опишіть відповідні процеси та назвіть фізичні сили, як керують ними на кожному етапі.
2. Які особливості водного режиму у рослин різних екологічних груп?
3. Як регулюється процес надходження та процес випаровування води рослинами?
4. Охарактеризуйте явище транспірації. В чому різниця між продиховою та кутикулярною транспірацією?
5. Будова продихів та механізм їх рухів.
6. Поняття про антитранспіранти.
7. Кількісні показники транспірації Коли виникає водний дефіцит у рослин і до яких початкових і наступних наслідків він приводить?
8. Вплив на рослини надлишку та нестачі вологи.
9. Які фізіологічні показники використовують задля діагностики в зрошенні?
10. Як розраховують норму поливу в зрошувальному землеробстві?

ТЕМА: МІНЕРАЛЬНЕ ЖИВЛЕННЯ

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 15

Вивчення впливу елементів живлення на ріст рослин

Виключення кожного з макроелементів приводить до порушення структур і обміну речовин рослин, гальмуванню їхнього росту й надалі - до загибелі. Однак видимі ушкодження проявляються не відразу й не одночасно. Найбільше швидко позначається виключення азоту й кальцію: першого - через високу потребу в ньому зростаючих рослин, другого - через нездатність до повторного використання, або реутилізації. До нереутилізуємих або важко реутилізуємих мінеральних елементів ставляться також мікроелементи, крім бора, хлору, йоду. Високим ступенем реутилізації відрізняються азот, фосфор, сірка, калій, у меншому ступені - магній. Тому недолік перерахованих елементів проявляється в тривалих дослідах (більше 2 тиж).

Мета роботи: ознайомитися з ознаками голодування рослин за окремими елементами мінерального живлення. Навчитися готувати поживні суміші.

Матеріали й устаткування. Проростки рослин, концентровані розчини KNO_3 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, KCl , NaCl , KH_2PO_4 , Na_2PO_4 , $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, приготовлені з таким розрахунком, щоб 5-10 мл цього розчину відповідали концентрації солі в нормальній суміші Хогланда—Снайдерса; наважка з $\text{CaSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 0,5%-ний розчин цитрату або тартрата заліза; розчини борної кислоти й сульфату марганцю. Літрові скляні банки, паперові чохли для банок, шпагат, дерев'яні пробки, бюретки на 50 мл.

Порядок виконання роботи.

Готування поживних сумішей. Готують повну поживну суміш по Хогланду-Снайдерсу й поживні суміші з виключенням азоту, фосфору й калію. При виключенні з поживної суміші будь-якого елемента, пов'язані з ним елементи вносять в еквівалентних кількостях у вигляді солей, що не містять елемент, що виключає.

Для готування концентрованих маточних розчинів солей, що входять у суміш Хогланда-Снайдерса, становлять робочі таблиці, у яких указують необхідну кількість солей на обраний об'єм розчину (див. таблицю). Маточну поживну суміш готують із того розрахунку, що 10 мл розчину солей макроелементів відповідає їхній кількості в 1 л суміші Хогланда-Снайдерса (на 1 л або 1 кг субстрату). Мікроелементи вносять по 2 мл на 1 л поживної суміші. (Необхідність внесення мікроелементів і їхній вибір визначає викладач.)

Суміш без азоту. До складу суміші азот входить у вигляді солей $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ і KNO_3 . Для того щоб після виключення його з поживного розчину концентрації калію й кальцію зберігалися на колишньому рівні, KNO_3 , заміняють на KCl , а $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ — на $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Робоча таблиця для приготування поживної суміші по Хогланду-Снайдерсу

Сіль	Маса солі для приготування 1 л маточного розчину, мл	Для готування 1л суміші Хогланда-Снайдерса додають маточного розчину, мл		
		1 норма	0,5 норми	0,2 норми
<i>Макроелементи (на 10 л)</i>				
KNO_3	510	10,0	5,0	2,0
$Ca(NO_3)_2$	10%-ний р-н d_4^{18} 1,0771	8,2	4,1	1,6
KH_2PO_4	136	10,0	5,0	2,0
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	490	10,0	5,0	2,0
<i>Мікроелементи (на 2 л)</i>				
$MnCl_2 \cdot 4H_2O$	0,35	Готувлять в окремих склянках		
H_3BO_3	0,55			
$ZnSO_4$	0,05			
$CuSO_4$	0,05			
MoO_2	0,024			
$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	4,0			

Примітка. Посуд для готування розчинів макро- і мікроелементів повинний бути з кольорового скла, щоб уникнути розмноження мікроскопічних водоростей.

Розрахунок виконують, користуючись даними таблиці.

Замість 0,51 г KNO_3 , виключеного по азоті з поживної суміші, у розчин вносять еквівалентне по змісту калію кількість KCl , рівне 0,38 г.

Замість 0,82 г $Ca(NO_3)_2$ вносять 0,86 г $CaSO_4 \cdot 2H_2O$.

Суміш без фосфору. Сіль KH_2PO_4 заміщають сіллю KCl .

Замість 0,136 г KH_2PO_4 беруть 0,08 г KCl .

Суміш без калію. Сіль KH_2PO_4 заміняють $Na_2PO_4 \cdot H_2O$, а сіль KNO_3 — $NaNO_3$.

На 1 л суміші беруть 0,138 г солі Na_2PO_4 і 0,425 г $NaNO_3$

Подібним же чином можна проводити розрахунки при виключенні інших катіонів і аніонів суміші.

Закладка досліду й облік результатів.

У літрову банку наливають 700 мл водопровідної води, по черзі вводять туди у вигляді розчинів всієї солі поживної суміші ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$ вносять у порошок). Після додавання чергового розчину вміст посудини помішують скляною паличкою. Після внесення всіх солей доливають водою до об'єму 850 або 900 мл. Закривають банку дерев'яною пробкою, що служить опорою для рослини. Висаджують в отвори пробки однакове число вирівняних проростків і закріплюють їх негігроскопічною ватою.

Корінь занурюють у розчин, рівень якого повинен бути нижче пробки залежно від довжини корінь на 1-5 см. Закривають корінь від світла й оберігають

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 16

Виявлення нітратів в рослинах

Інтенсифікація землеробства в ХХ в. породила нітратну проблему. Азотні добрива, що вносяться без дотримання дози і правил, привели до збільшення змісту нітратів в рослинних продуктах до розмірів, загрозливих здоров'ю людини.

Попадання великої дози нітратів в організм загрожує гострим отруєнням. Нерідкі отруєння динями, кавунами й іншими продуктами з підвищеним вмістом нітратів; можливо отруєння питною водою за рахунок попадання підвищеної кількості добрив у водні джерела.

За даними *Міністерства охорони здоров'я України*, гранично допустима доза нітратів для дорослої людини в добу складає 500 міліграм, токсична - 600 міліграм, для немовляти доза в 10 міліграм може бути смертельною. Відомості про вміст нітратів в овочах, їх розподілі по органах і тканинах дані в пропонуваніх таблицях.

Таблиця - Мінімальні і максимальні кількості нітратів в овочах, мг/кг

Культура	Мінімум	Максимум	Культура	Мінімум	Максимум
кавуни	44	572	Петрушка (зелень)	1760	1892
Баклажани	88	264	Ревень	1760	2420
Брюква	398	528	Редька черний	1540	1760
Горошок зелений	22	88	Редис	440	2640
Горчиця салатна	1320	1760	Репа	660	880
Дині	44	484	Салат	396	2860
Капуста біла	66	2860	Буряк столовий	44	2640
Кабачки	196	704	Крес-салат	320	4840
Перець солодкий	44	352	Картопля	44	968
Лук зелений	44	1320	Гарбуз	308	1320
Лук ріпчатий	66	880	Укроп	396	2200
Морква	176	2200	Квасоля	22	880
Огірки	88	528	Часник	44	308
Патисони	176	880	Шпинат	660	3960
Острогін	1320	2200	Щавель	264	396

Таблиця - Вміст нітратів в різних органах зелених овочів, мг/кг

Орган	Культура		
	Шпинат	Коріандр	Укроп
Корень	74	90	384
Стебло	833	163	487
Черешок листа	814	165	441
Пластинка листа	213	14	95

Солі азотної і азотистої кислот, що поглинаються корінням з ґрунту, відновлюються в рослині до аміаку, який використовується для синтезу амінокислот і інших з'єднань. Для відновлення нітратів потрібен АТФ, що утворюється в процесі окислювального або фотосинтетичного фосфорілювання.

При достатньому вмісті розчинних вуглеводів і високої активності відповідних ферментів перераховані біохімічні процеси відбуваються в клітках кореня. Проте за несприятливих умов частина нітратів може пройти через паренхіму кори кореня в незміненому вигляді. В цьому випадку нітрати потрапляють в судини ксилеми і піднімаються з висхідним током до листа, де і відбувається їх відновлення.

Визначення змісту нітратів в соку, віджатому із стебел, черешків і пластинок листа, дозволяє судити про відновлення нітратів в корінні: чим менше в них виявляється іонів нітрату, тим активніше відбувається цей процес в клітках кореня. Зіставлення змісту нітратів в різних органах рослини, наприклад в черешках, пластинках листа, корінні, дає уявлення про нітратредуктазної активність цих органів.

Таблиця - Шкала для визначення нітратів в зрізах і соку рослин (по Церлінг)

Бал	Забарвлення зрізу або соку	Необхідність в азотних добривах	
		на початку вегетації	в фазу цвітіння
0	Немає забарвлення	Дуже сильна (60 кг/га)	Середня (30 кг/га)
1	Блідо-блакитна, швидко зникає	Сильна (60 кг/га)	Слабка (30 кг/га)
2	Блакитна провідних судин	Середня (30 кг/га)	Не має потреби
3	Блакитна, зникає через 2—3 хв	Слабка (30 кг/га)	»
4	Синя,	»	»
5	Темно-синя, зберігається деякий час	Не має потреби	»
6	Темно-синя, стійка	надлишок нітратів	

Для виявлення нітратів можна використовувати реактив з дифеніламіном, який у присутності іона NO_3^- дає синє забарвлення. По інтенсивності того, що синить можна судити про кількість нітратів в досліджуваному об'єкті.

Дані наведеної таблиці дозволяють за допомогою цього реактиву оцінити кількість нітратів в рослині на різних стадіях розвитку і зробити висновок про необхідність азотної підгодівлі. Мала кількість нітратів на початку вегетації рослин означає нестачу азотного харчування. Така ж мала кількість їх у фазі цвітіння є нормою і не вимагає підгодівлю рослин.

Мета роботи: познайомитися з простим і доступним способом визначення нітратів в рослинній сировині і грамотно оцінити їх кількість. Це необхідно для визначення дози внесення азотних добрив в період вегетації рослин, а також для вивчення того, які локалізовані нітрати в різних частинах і органах рослини, і оцінки їх кількості в харчових продуктах.

Матеріали і устаткування: розчин KNO_3 або NaNO_3 у концентраціях, мг/л: 1000, 900, 800, 700, 600, 500, 400, 300, 200, 100, 50, 10 в невеликих склянках; 1 %-ний розчин дифеніламіну в концентрованій H_2SO_4 у крапельниці (зберігати в темноті на підставці), пінцет, скляні палички, плоскі білі фарфорові тарілки, шматок скла, фломастер, кольорові олівці, фільтрувальний папір, ножиці, ніж, скальпель, бритва. **Рослини:** будь-які дикорослі рослини, що виростають в різних екологічних умовах; культурні рослини, вирощені на різних живильних середовищах, будь-які овочі, фрукти, зелень.

Норми вмісту нітратів в продуктах

Встановлені наступні нормативи за змістом нітратів в сільськогосподарській продукції (у мг/кг за нітрат йоном). У чисельнику приводяться норми для ранніх і тепличних овочів, в знаменнику - для пізньої продукції відкритого ґрунту:

картопля - 250	томати - 300/150
огірки - 400/150	перець солодкий - 200
капуста - 900/500	лук ріпчастий - 80
кавуни – 60	кабачки - 400
морква - 400/250	лук-перо - 800/600
дині - 90	

Порядок виконання роботи

На білу фарфорову поверхню тарілки або скляної пластинки наносять краплі контрольних розчинів KNO_3 або NaNO_3 і додають одну краплю дифеніламіну. Заповнюють концентраційну шкалу забарвлення, відповідну певному змісту нітратів.

Таблиця - Концентраційна шкала забарвлення на нітрати

Концентрація NaNO_3 , мг/л	Зображення кольору	Опис кольору
10		
50		
100		
200		
300		

400		
500		
600		
700		
800		
900		
1000		

За допомогою цієї шкали кількісно оцінюють вміст нітратів в рослинному матеріалі, порівнюючи з нею за кольором досвідчену пробу.

Узяті для дослідження плоди, бульби, коренеплоди, цибулини і т.д. розкладають на столі, відокремлюють тканини і частини органів для аналізу. Сік віджимають на поверхню скла, під яким лежить лист білого паперу, або на поверхню тарілки за допомогою пінцета або скляної палички. Зразки підписують фломастером. Одночасно гострою бритвою роблять зрізи тканини, що вивчається, органу. На зріз і вичавлену порцію соку переносять краплю дифеніламіну. Оцінюють кількість нітратів згідно з даними концентраційної шкали забарвлення, заносять результати по їх змісту в робочу таблицю.

Таблиця - Вміст нітратів в рослинах

Вид рослин	Умови вирощування	Забарвлення		Кількість NO ₃ ⁻ , мг/кг		Дозволена кількість продукта, г за добу для людини	Необхідність внесення азотних добрив до цвітіння
		зрізу	соку	в зрізі	в соку		

Змиваючи після закінчення роботи тканини і сок, необхідно пам'ятати про властивості концентрованою сірчаної кислоти залишати опіки при попаданні на шкіру.

Завдання: у таблицю, оформлену по вищенаведеному зразку, записати результати аналізу тканин і органів досліджуваних рослин з урахуванням умов їх зростання. Зробити висновок про можливість вживання цих рослин в їжу і про необхідність внесення азотних добрив у фазі вегетації.

Контрольні питання до лабораторних робіт № 15, 16.

1. Які основні функції виконують поживні елементи? Яка їхня класифікація?
2. По яких тканинах переміщуються мінеральні поживні речовини. Що визначає швидкість і напрям їхнього пересування?
3. Пояски Каспарі в ендодермі можуть мати важливе значення в поглинанні солей ксилемою кореня, а також води в умовах позитивного кореневого тиску. Поясніть функцію поясків Каспарі у зазначених явищах.
4. Чому процес поглинання мінеральних елементів має вибіркового характеру?
5. У якій зоні кореня, що активно росте, найбільша швидкість поглинання йонів?

6. Розкажіть про транспортування йонів у клітину. Яке значення має мембранний потенціал для процесів поглинання йонів клітиною. Поясніть вибіркковість цього процесу, його залежність від метаболізму й енергетичного обміну.
7. Назвіть рушійні сили пасивного й активного транспортування йонів.
8. Поясніть залежність надходження солей крізь кореневу систему від присутності кисню, інтенсивності дихання, фотосинтезу тощо.
9. Що таке анопласт, місце його локалізації? Що таке симпласт? Які шляхи ближнього транспортування йонів від ґрунтового розчину до центрального циліндра кореня?
10. Розкажіть про механізм і шляхи висхідного пересування мінеральних солей по рослині.
11. Які з елементів мінерального живлення впливають на пересування органічних речовин по флоємі?
12. Назвіть основні етапи кругообігу азоту в природі. Чому аміак називають альфою та омегою азотного обміну в рослинах?
13. Назвіть основні джерела азотного живлення вищих рослин.
14. Перелічіть організми, що здатні засвоювати азот із повітря. Які існують симбіотичні азотфіксуючі організми?
15. Назвіть ферменти, які беруть участь у відновленні нітратів.
16. Розкажіть про механізм відновлення молекулярного азоту.
17. Яка функція бобових рослин у підвищенні врожайності наступних у сівозміні культур?
18. Схарактеризуйте нітрогеназний комплекс.
19. Яка функція мікроорганізмів в азотному живленні рослин?
20. Перелічіть шляхи асиміляції азоту в рослинах.
21. Схарактеризуйте структурну функцію металів у рослинному організмі.
22. Яке значення йонів заліза та міді у процесах фотосинтезу та дихання?
23. Як можна визначити потребу рослин в елементах мінерального живлення?
24. Розкажіть про фізіологічну функцію калію, кальцію та магнію в рослинному організмі.
25. Поясніть фізіологічне значення мікроелементів у рослині.
26. Які властивості ґрунту та рослин необхідно враховувати під час внесення добрив?

ТЕМА: РІСТ ТА РОЗВИТОК РОСЛИН

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 17 Визначення зон росту в органах рослин

Для вивчення ростових процесів широко застосовують метод нанесення міток на поверхню органа рослини через однакові відстані. По мірі росту органа відстані між мітками збільшуються й можуть бути використані для характеристики інтенсивності росту різних ділянок зростаючої зони органу. Мітки наносять тушшю (розтирають суху туш в 5%-ном розчині декстрину або альбуміну) або маркіровочною рідиною, отриманої із сажі або активованого вугілля й парафінового масла (сажу або активоване вугілля розтирають із парафіновим маслом до утворення густої рідини).

Для нанесення міток використовують щетинку, прив'язану до палички, тонко заточену дерев'яну паличку або нитку, змочену тушшю або маркіровочною рідиною. Якщо стебла досить прямі, для однорідного маркування зручно скористатися пластмасовим гребінцем. Кінчики зубців гребінця притискають до штемпельної подушки, а потім до стебла або кореня. Чорнильні плями прилипнуть до рослини, і якщо їм дати висохнути, вони збережуться навіть після обережного поливу рослини. Для нанесення більше рідких міток можна використати кухонну яєцеріжку, дротика якої варто змазати чорнилом.

Мета роботи: ознайомитися з методом визначення зони роста та швидкості роста кореня й стебла.

Матеріали й устаткування. Проростки гороху з коріннями довжиною 1,5-2 см, проростки соняшника висотою 2-3 см, вирощені в темряві, туш або маркіровочна рідина, деревні обпилювання. Препарувальні голки або тонко заточені дерев'яні палички, міліметровий папір, вологі камери.

Порядок виконання роботи.

Визначення зони росту кореня. Насіння гороху або квасолі, кінських бобів, кукурудзи пророщують у вологих обпилюваннях або перліті, де скляною паличкою роблять поглиблення для вільного строго вертикального росту кореня. Потім на невеликі (довжиною 1,5-2 см) зовсім прямі, попередньо обережно обсушені фільтрувальним папером, корінь (три-чотири кореня) наносять мітки, починаючи з кінчика. Відстані між мітками 1 мм. Мітки повинні бути тонкими й добре помітними. Далі проростки поміщають у сприятливі для росту умови: вологі камери, темні кімнати при температурі 20-25°C. Через 1 добу вимірюють відстані між мітками (при збільшенні ширини самих міток вимірюють від їхньої середини) і обчислюють середньодобовий приріст різних ділянок кореня.

Результати виражають графічно, відкладаючи по осі абсцис номера відрізків, а по осі ординат - прирости. Результати досліду записують у таблицю за наведеною формою.

Таблиця - Визначення зони приросту кореня

Номер проростка	Зона приросту, мм									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Визначення зони росту стебла. Метод заснований на обліку приростів різних ділянок стебла за 1 добу. На чотирьох проростках соняшника висотою 2—3 см тушшю наносять (починаючи від верхівки проростка) по десяти міток на відстані 2 мм друг від друга. Проростки поміщають у темне місце яри температурі 20—25°C. Через 1 добу вимірюють відстані між мітками й обчислюють приріст різних ділянок стебла.

Результати досліду записують у зошит і виражають графічно, відкладаючи по осі абсцис порядковий номер мітки, а по осі ординат - приріст. Результати досліду записують за формою, зазначеної для визначення зони росту кореня.

Завдання. Записати результати досліду та зробити висновки про характер росту кореня та стебла.

Контрольні питання.

1. Дайте визначення понять ріст і розвиток. Яке взаємовідношення цих двох процесів? Наведіть приклади.
2. Назвіть етапи життєвого циклу вищих рослин і особливості проходження їх рослинним організмом.
3. Поясніть, як відбувається проростання, первинний і вторинний ріст рослин. Які особливості первинного росту пагона і кореня.
4. Що таке адвентивний ріст? Які структури називають адвентивними?
5. Назвіть типи росту. Що зумовлює різноманітність типів росту?
6. Як змінюється швидкість росту з часом? Схарактеризуйте сигмоїдну криву росту.
7. Що таке корелятивний ріст?
8. Поясніть, що таке періодичність росту, циркадна ритміка, біологічний годинник.
9. У чому суть фізіологічної функції явища спокою? Назвіть типи спокою та чим вони зумовлені.
10. Дайте визначення регенерації рослин.
11. Поясніть явище полярності у рослин.
12. Що таке фотоперіодизм? Яке значення фотоперіоду в регуляції росту і розвитку рослин? У чому полягає функція фітохрому?
13. Наведіть приклади рослин довгого дня, короткого та нейтральні групи.
14. Чим зумовлене зниження вмісту фітохрому в темряві?
15. Назвіть імовірні механізми дії фітохрому.
16. Поясніть залежність переходу рослин до цвітіння від співвідношення довжини дня і ночі впродовж доби.
17. Що зумовлює перехід рослин до цвітіння?
18. Яке значення для життєдіяльності рослин мають рухи рослин?
19. Назвіть основні положення гормональної теорії тропізмів.
20. Що таке настичні рухи рослин? Поясніть ймовірні механізми настій.
21. Схарактеризуйте ендогенні рухи рослин.
22. Наведіть приклади вільного пересування рослин та його механізми.
23. Що таке таксиси?
24. Наведіть приклади внутрішньоклітинних рухів, поясніть їх механізми.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 18

Вплив гібереліну на ріст карликових сортів рослин.

Фітогормони — це речовини, які синтезуються в рослинах у дуже малих кількостях, але фізіологічна роль їх у регуляції росту велика. Розрізняють групи фітогормонів: ауксини, гібереліни, цитокиніни, абсцизова кислота й етилен. Функції фітогормонів різні, але всі вони володіють рядом загальних властивостей: активують або гальмують ріст, пересуваються по рослині й тому можуть проявляти свою дію на відстані від місця їхнього синтезу. Фітогормони виявляють стимулюючу дію на ріст тільки в дуже малих концентраціях. Підвищена їхня концентрація викликає гальмування росту. На цій властивості гормонів заснований метод їхнього визначення за допомогою біологічних об'єктів, або метод біотестів. У цей час використовують регулятори росту, які одержують синтетичним способом. Їхня дія на ріст залежить також від концентрації. Як правило, у практиці для обробки рослин регулятори росту застосовують у молярній (10^{-4} — 10^{-12} М) або відсотковій концентрації.

Одним з найбільш типових проявів дії гіберелінів є їхня здатність викликати подовження стебла. Особливо сильно ця здатність гібереліну проявляється при обробці гормоном карликових рослин, які служать біотестом при визначенні гіберелінів.

Мета роботи: вивчити стимулюючу дію гібереліна на ріст стебла рослин карликового гороху або квасолі.

Матеріали й устаткування: хімічні склянки на 100 мл, піпетки на 5 мл, фільтрувальний папір, леза, лінійки, пінцети, поліетиленова плівка, круглі гумки, термостат, розчин гібереліну $5 \cdot 10^{-4}$ мг/л. **Рослини:** насіння карликових сортів гороху або квасолі.

Порядок виконання роботи

Насіння карликового сорту гороху попередньо замочують протягом 15 -20 год і пророщують 48 ч у термостаті при температурі 26 °С. Через 2 дні відбирають однакові проростки з довжиною корінця 1,5 – 2 см і 2 - 3 год витримують у холодильнику при температурі 0-1 °С.

Готують розчини гібереліну в концентраціях 30 мг/л, 3,0 мг/л, 0,3 мг/л, 0,03 мг/л, 0,003 мг/л і розливають їх у хімічні склянки по 4 мл у кожену. В контрольні склянки наливають по 4 мл дистильованої води. Дослід проводять у двох-трьох повторностях, тобто для кожного варіанта готують 2 - 3 склянки. На дно склянок можна покласти шматочок фільтрувального паперу. Склянки накривають поліетиленовою плівкою щоб уникнути випару розчинів.

Відібрані проростки гороху розрізають навпіл так, щоб зріз проходив поперек сім'ядоль. Корінець підрізають, залишаючи ділянку в підстави кореня довжиною 5 мм. П'ять половинок сім'ядоль із залишком корінця й наклюнувшейся брунькою поміщають зрізом униз на дно склянки з випробуванним розчином. Кожну склянку закривають поліетиленовою плівкою, яку закріплюють кільцевою гумкою, і ставлять у термостат при температурі 26°С. На четверту добу для обліку ростової реакції епикотиль зрізують у основи

й вимірюють його довжину. Сім'ядолі й корінець відкидають. Результати заносять у таблицю.

Таблиця - Дія гібереліну на ріст карликового гороху

Варіант досліджу	Довжина епикотіля, мм	Середня довжина епикотіля, мм	Приріст, % до контролю
Контроль (вода)			
Гіберелін, мг/л: 30 3,0 0,3 0,03 0,003			

Завдання: побудувати криву залежності приросту карликового гороху від концентрації гібереліну. Зробити висновки про дію гібереліну на ріст рослин карликового сорту гороху.

Контрольні питання

1. Назвіть системи регуляції морфогенезу рослин на рівні клітини і цілого організму.
2. Схарактеризуйте метаболітичну, мембранну та генетичну систему регуляції.
3. Назвіть особливості трофічної регуляції.
4. Яке значення гормональної системи регуляції для багатоклітинних рослинних організмів?
5. Що таке фітогормони? Які є фітогормони? Чи є чітка межа між гормонами, які стимулюють чи гальмують ріст?
6. Який вклад у розвиток фітогормонології вніс М. Г. Холодний?
7. Поясніть хімічну природу фітогормонів. Які типи гормонів мають подібні етапи в процесі їхнього біосинтезу? Яке це має фізіологічне значення?
8. Назвіть основні прояви фізіологічної дії ауксинів, гіберелінів, цитокінінів, а також абсцизової кислоти та етилену.
9. Як відбувається пересування ауксинів?
10. Чому в процесі еволюції сформувалась закономірність, згідно з якою процеси морфогенезу регулюються не одним гормоном, а їх співвідношенням?
11. Як здійснюється інтеграція регуляторних механізмів на рівні цілісної рослини?

ТЕМА: СТІЙКІСТЬ РОСЛИН

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 19

Виявлення захисної дії цукрів на протоплазму

При впливі негативних температур на рослинні тканини в міжклітинниках утворюється лід, який відтягує воду із клітин та збезводнює протоплазму. При певному ступені зневоднювання, індивідуальної для кожного організму, протоплазма коагулює.

Кристали льоду, що утворюються безпосередньо в клітинах, механічно впливають, у результаті порушується внутрішня структура протоплазми, різко підвищується її проникність, а при тривалій експозиції на морозі настає відмирання. Швидкість відмирання протоплазми клітин залежить як від температури й часу експозиції, так і від водоутримуючої здатності самої клітини. Збільшення кількості розчинних цукрів у зимуючих органах рослин підвищує водоутримуючу здатність тканин. Сахара захищають білкові сполуки від коагуляції при проморожуванні.

Мета роботи: з'ясувати особливості впливу сахарози різних концентрацій на протоплазму при дії низьких температур.

Матеріали й устаткування. Коренеплоди буряка, 0,5 і 1 М розчини сахарози, поварена сіль, лід колотий або сніг. Термометр, ніж, пробочні свердла діаметром 6 мм, леза, пробірки, мікроскопи, предметні й покривні стекла, пензлики, олівці по склу, фільтрувальний папір, лопатка для охолоджувальної суміші, склянка.

Порядок виконання роботи.

З поперечного зрізу столового буряка товщиною 0,5 см за допомогою пробочного свердла діаметром 5-6 мм зробити висічки. Ретельно промити їх під водопровідною водою й помістити у три пробірки по три висічки в кожену. У першу пробірку налити 5 мл дистильованої води, у другу — 0,5мл 0,5 М розчину сахарози, у третю — 0,5мл 1 М розчину сахарози. Пробірки етикетувати і на 20 хв занурити в охолоджувальну суміш, що складається із трьох частин льоду або снігу й однієї частини повареної солі. Потім пробірки вийняти із охолоджувальної суміші й разморозити у склянці води кімнатної температури. Після відтавання пробірки струсити. Відзначити різницю в інтенсивності забарвлення рідини в пробірках і пояснити.

З аналізованих висічок приготувати тонкі зрізи й розглядати їх під мікроскопом при малому збільшенні в краплі розчину, у якому вони перебували. Підраховувати загальне число клітин у полі зору й число знебарвлених клітин, з яких вийшов антоціан.

Результати дослідів записати у таблицю за наведеною формою.

Таблиця - Визначення захисної дії цукрів на протоплазму

Умови, варіант	Число клітин у полі мікроскопу		Відношення числа забарвлених клітин до загального числа, %	Висновок
	усього	забарвлених		
Вода				
0,5 М р-н сахарози				
1 М р-н сахарози				

Завдання. Записати дослід, відзначити при якій з досліджуваних концентрацій сахароза захищає протоплазму клітин від дії низьких температур.

Контрольні питання

1. Види адаптації рослин (фізіологічна і генетична).
2. Поняття про стрес. Причини його виникнення та стадії розвитку.
3. Межі пристосування та стійкості рослин.
4. Зворотні та незворотні ушкодження рослин.
5. Реакція рослинних клітин, тканин при ушкодженні в процесі адаптації.
6. Фізіолого-біохімічні зміни у рослинах при дії низьких позитивних температур, пристосування до них.
7. Класифікація рослин за холодостійкістю.
8. Шляхи підвищення холодостійкості рослин.
9. Процеси, що відбуваються в рослинних клітинах при заморожуванні.
10. Підвищення морозостійкості рослин. Загартування, його фази.
11. Зимостійкість рослин (випрівання, вимокання, випирання, зимова посуха).
12. Методи визначення життєздатності сільськогосподарських культур у зимовий та ранньовесняний період.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 20

Визначення посухостійкості рослин пророщенням насіння на розчинах сахарози.

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 насін'я 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.

Матеріали й устаткування. Насіння пшениці, вівса, проса, гороху, вікі, кукурудзи, ячменя, 15, 20, 25%-ні розчини сахарози з осмотичним тиском відповідно 1000, 1400, 1800 кПа. Чашки Петрі, фільтрувальний папір, термостат, лінійки.

Порядок виконання роботи

У чашках Петрі на фільтрувальному папері проростити по 50 насін'я у трьох повторностях. Фільтрувальний папір змочити розчином сахарози з осмотичним тиском 1000, 1400 і 1800 кПа. Підрахунок пророслих насін'я просести на третій день. Чим стійкіше сортозразок, тим вище кількість пророслих насін'я на більших концентраціях сахарози, тим більше довжина корінців і проростків. Результати досліду записати у таблицю за наведеною формою.

Таблиця - Визначення посухостійкості рослин

Варіант досліду	Число насін'я, пророслих на 3-й день	Число насін'я, що проросли на 7-й день	Висновок

Завдання: записати дослід та зробити висновок про посухостійкість досліджуваного насіння.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 21 **Визначення посухостійкості рослин** **методом крохмальної проби**

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.

Матеріали й устаткування. Листи рослин, що розрізняються за посухостійкістю, спирт, розчин Люголя. Мікроскоп, чашки Петрі, ексикатори, термостат, ножиці, пінцет, хімічна склянка, секундомір.

Порядок виконання роботи

Визначення проводять на листах 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 ні, 2 - крохмаль є, 3 - крохмалю багато. Результати досліду записати у таблицю за наведеною формою.

Таблиця - Посухостійкість рослин залежно від кількості крохмалю в листах

Варіант досліду	Кількість крохмалю, бали	Висновок

Завдання. Записати дослід та зробити висновок про посухостійкість різних видів рослин.

Контрольні питання до лабораторних робіт № 20, 21.

1. Назвіть групи рослин за жаростійкістю.
2. Поясніть зміни обміну речовин за дії максимальних температур.
3. Засоби підвищення жаростійкості рослин.
4. Посухостійкість, види посухи.
5. Пристосування різних ксерофітних форм і мезофітних рослин до низького водного потенціалу.
6. Фізіологічні особливості посухостійкості сільськогосподарських рослин.
7. Назвіть методи діагностики жаро- та посухостійкості рослин.
8. Підвищення посухостійкості культурних рослин. Зрощення.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 22

Визначення солестійкості злаків по схожості їх насіння.

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 злаків.

Матеріали і устаткування: чашки Петрі, фільтрувальний папір, розчин формаліну (1 мл формаліну на 300 мл води), хімічні стакани, марлеві мішечки, етикетки, термостат, сушильна шафа, піпетки на 10 мл, розчин NaCl, дистильована вода. **Рослини:** насіння ячменю, кукурудза і ін.

Порядок виконання роботи

Відбирають здорове насіння рослин, поміщають їх в різні марлеві мішечки з етикеткою всередині і обробляють розчином формаліну протягом 3 - 5 мин. 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 днів в кожному варіанті підраховують число пророслого насіння. Визначають відсоток схожості. Результати записують в таблицю.

Таблиця - Схожість насіння злаків залежно від засолення ґрунту

Рослина	Варіант дослідів	Число пророслого насіння	Схожість, %
Ячмінь	H ₂ O		
	NaCl, %		
Кукурудза	H ₂ O		
	NaCl, %		

Завдання. зробити висновок про солестійкість рослин.

Контрольні питання.

1. Солестійкість рослин.
2. Класифікація рослин за концентрацією солевих розчинів.
3. Механізми солестійкості галофітів.
4. Специфічна реакція рослин на підвищену концентрацію фунтового розчину.
5. Діагностика солестійкості сільськогосподарських рослин.
6. Можливості та шляхи підвищення солестійкості сільськогосподарських рослин.

ЛІТЕРАТУРА

1. Лебедев С.И. Физиология растений. -М.: Колос, 1988. - 544 с.
2. Мусієнко М.М. Фізіологія рослин. - К.: Вища шк., 1995. - 385 с.
3. Петерсон Н.В., Черномирдіна Т.О., Куреляк Є.К. Практикум з фізіології рослин. - К.: Вид-во НАУ, 1995. - 189 с.
4. Плешков Б.П. Биохимия сельскохозяйственных растений. - М.: Агропромиздат, 1987. - 494 с.
5. Полевой В.В. Физиология растений. -М.: Высш. шк., 1989. - 464 с.
6. Практикум по физиологии растений / Под. ред. проф. Н.Н. Третьякова. -М.: Агропромиздат, 1990. - 270 с.
7. Рудишин С.Д. Основы біотехнології рослин. Підручник для вищих аграрних закладів. - Вінниця, 1998. - 234 с.
8. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений / Н.Н. Третьяков, Е.И. Кошкин, Н.М. Макрушин и др. - М.: Колос, 2000. - 640 с.
9. Фізіологія сільськогосподарських рослин з основами біохімії / М.М. Макрушин, Є.М. Макрушина, Н.В. Петерсон та ін. - К.: Урожай, 1995. -352 с.

ЗМІСТ

ВСТУП	
ТЕМА. ФІЗІОЛОГІЯ ТА БІОХІМІЯ РОСЛИННОЇ КЛІТИНИ	
Лабораторна робота №1. Порівняння проникності клітинних мембран для різних речовин. Стійкий і тимчасовий плазмоліз.	
Лабораторна робота № 2. Вплив іонів калію й кальцію на форму плазмолізу.	
Лабораторна робота № 3. Якісні реакції на білки.	
Лабораторна робота № 4. Якісне визначення вуглеводів в рослинних тканинах.	
Лабораторна робота №5 Визначення активності каталази.	
ТЕМА: ФОТОСИНТЕЗ	
Лабораторна робота № 6 Одержання спиртового розчину пігментів.	
Лабораторна робота № 7 Одержання відбитків на листах за допомогою крохмальної проби.	
ТЕМА: ДИХАННЯ	
Лабораторна робота №8 Визначення інтенсивності дихання насіння у закритій судині	
ТЕМА: ВОДНИЙ ОБМІН	
Лабораторна робота №9 Визначення вмісту води та сухої речовини у рослинному матеріалі.	
Лабораторна робота №10 Визначення осмотичного тиску клітинного соку методом плазмолізу.	
Лабораторна робота №11 Визначення водного потенціалу рослинних тканин методом Уршпрунга.	
Лабораторна робота № 12 Явище тургору.	
Лабораторна робота №13 Визначення інтенсивності транспірації зрізаних листів за допомогою торзійних терезів по Л. І. Іванову.	
лабораторна робота №14 Вивчення стану продихів методом відбитків по Полаччі	
ТЕМА: МІНЕРАЛЬНЕ ЖИВЛЕННЯ	
Лабораторна робота №15 Вивчення впливу елементів живлення на ріст рослин	
Лабораторна робота №16 Виявлення нітратів в рослинах	
ТЕМА: РІСТ ТА РОЗВИТОК РОСЛИН	
Лабораторна робота № 17 Визначення зон росту в органах рослин	
Лабораторна робота № 18 Вплив гібереліну на ріст карликових сортів рослин.	
ТЕМА: СТІЙКІСТЬ РОСЛИН	
Лабораторна робота № 19 Виявлення захисної дії цукрів на протоплазму	
Лабораторна робота №20 Визначення посухостійкості рослин пророщенням насіння на розчинах сахарози.	
Лабораторна робота №21 Визначення посухостійкості рослин методом крохмальної проби	
Лабораторна робота №22 Визначення солестійкості злаків по схожості їх насіння.	